

**IMPACTO ECONÓMICO EN LAS CANTIDADES DE CONCRETO Y ACERO
EN EDIFICACIONES DE UTILIZACIÓN RESIDENCIAL UBICADAS EN
ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA
NSR-98 Y NSR-10**

**CARLOS ANDRES ALFONSO NIÑO
OMAR MAURICIO PARADA LAVERDE**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

**IMPACTO ECONÓMICO EN LAS CANTIDADES DE CONCRETO Y ACERO
EN EDIFICACIONES DE UTILIZACIÓN RESIDENCIAL UBICADAS EN
ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA
NSR-98 Y NSR-10**

**CARLOS ANDRES ALFONSO NIÑO
OMAR MAURICIO PARADA LAVERDE**

**Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingenieros Civiles**

**Director:
CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS
M.I.C. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Agosto de 2012.

A DIOS por que con su inmenso amor ha llenado mi vida de bendiciones y siempre me ha guiado por el mejor camino.

A mis Abuelos por aunque ya no están fueron fundamentales en mi proceso de formación con su apoyo y amor incondicional.

A mi Mama Fuente de inspiración y parte esencial de mi vida.

A mi Papa por ser siempre mi guía, mi apoyo y ejemplo a seguir.

Carlos

A DIOS por darme la sabiduría, ser mi guía en este proceso tan importante en mi vida.

A mi Mama por estar siempre a mi lado, dándome su apoyo incondicional.

A mi Papa por enseñanzas, sus sabios y acertados consejos.

Mauricio

AGRADECIMIENTOS

A DIOS gracias por darnos la oportunidad de cumplir tan anhelado sueño.

A nuestros padres por que han creído en nosotros, nos han apoyado en todo momento, porque con su amor, su comprensión y su cariño han hecho que este proyecto sea toda una realidad.

A la Directora del Proyecto, MIC Claudia Patricia Retamoso por creer en nosotros, acompañarnos, guiarnos, y compartir su conocimiento para la realización de este proyecto.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana, por el aporte en nuestra formación, ayudándonos a convertir en unos excelentes profesionales de la ingeniería.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por brindarnos una formación integral, proyección social, investigación, por medio de los valores del humanismo cristiano.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
1. JUSTIFICACION.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. ALCANCE.....	6
4. METODOLOGÍA.....	8
4.1. SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PLANTAS ESTRUCTURALES.....	9
4.2. INVESTIGACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS INICIALES.....	9
4.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA.....	9
4.4. DETERMINACIÓN Y USO DEL MÉTODO DE DISEÑO.....	9
4.5. ANÁLISIS SÍSMICO DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES.....	9
4.6. FUERZAS INTERNAS PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	10
4.7. DISEÑO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ESTRUCTURALES VIGAS, COLUMNAS, MUROS Y CIMENTACION DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES, BAJO AMBAS REGLAMETACIONES NSR-98 Y NSR-10.....	10
4.8. ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS, DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO OBTENIDOS POR AMBAS REGLAMENTACIONES.....	10
5. MARCO TEORICO.....	11
5.1. ORIGEN DE LOS SISMOS.....	11
5.1.1. Movimientos Sísmicos.....	12
5.1.2. Medidas, Intensidad y Magnitud de Sismo.....	13
5.2. SISMICIDAD COLOMBIANA.....	16
5.2.1. Fallas geológicas activas en Colombia.....	16
5.2.2. Zonas de Amenaza Sísmica.....	17
5.2.3. Distribución de amenaza sísmica en Colombia.....	18
5.3. HISTORIA SÍSMICA DE COLOMBIA.....	18
5.4. DESARROLLO DE LAS NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS.....	30
5.4.1. Primera Norma Sismo Resistente.....	30
5.4.2. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.....	31
5.4.3. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.....	32
5.5. EFECTOS DE LOS SISMOS EN LOS EDIFICIOS.....	33
5.5.1. Características de la acción Sísmica.....	33
5.5.2. Respuesta de los Edificios a la acción sísmica.....	34
5.5.3. Criterios de Diseño Sísmico.....	35
5.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	35

5.7. METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.	37
6. INTRODUCCION DE DATOS.	39
6.1. SELECCIÓN Y DETERMINACION DE LAS PLANTAS ESTRUCTURALES. .	39
6.1.1. Plantas Iniciales.	39
6.1.1.1 Definición de parámetros iniciales planta 1.	39
6.1.1.2 Definición de parámetros iniciales planta 2.	40
6.1.1.3 Definición de parámetros iniciales planta 3.	40
6.1.1.4 Definición de parámetros iniciales planta 4.	41
6.1.2. Plantas Pre-dimensionadas.	42
6.1.2.1 Distribución de casetones y Viguetas Planta 1.	42
6.1.2.2 Distribución de casetones y Viguetas Planta 2.	43
6.1.2.3 Distribución de casetones y Viguetas Planta 3.	45
6.1.2.4 Distribución de casetones y Viguetas Planta 4.	46
6.2. INVESTIGACION Y DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS INICIALES.	47
6.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA.	48
6.3.1. Volumen de Concreto.	48
6.3.2. Cargas Aplicadas en la Estructura.	50
6.3.2.1 Cargas Muertas.	50
6.3.2.2 Cargas Vivas.	50
6.3.3. Cargas en las Viguetas y Reacciones.	51
6.3.3.1 Análisis de Cargas en Viguetas por la Norma NSR-98.	51
6.3.3.2 Análisis de Cargas en Viguetas por el Reglamento NSR-10.	55
6.4. DETERMINACION Y USO DEL METODO DE DISEÑO.	59
6.4.1. Peso total de la Estructura.	59
6.4.2. Centros de Masa y Rigidez.	60
6.4.3. Periodo Fundamental de La Estructura.	61
6.4.4. Espectro de Diseño.	62
6.4.5. Fuerzas Sísmicas de Diseño.	64
7. ANÁLISIS DE DERIVAS.	66
7.1. ANÁLISIS SÍSMICO DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES.	66
7.1.1. Pórticos Cargueros y No Cargueros Analizados Para Cargas Muertas.	66
7.1.1.1 Pórticos Cargueros Carga Muerta.	66
7.1.1.2 Pórticos No Cargueros Carga Muerta.	68
7.1.2. Pórticos Cargueros y No Cargueros Analizados Para Cargas Vivas.	69
7.1.2.1 Pórticos Cargueros Carga Viva NSR-98.	69
7.1.2.2 Pórticos No Cargueros Carga Viva NSR-98.	71
7.1.2.3 Pórticos Cargueros Carga Viva NSR-10.	72
7.1.2.4 Pórticos No Cargueros Carga Viva NSR-10.	74
7.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN EL SOFTWARE SAP2000 V11.	75
7.3. ANÁLISIS Y COMPROBACIÓN DE DERIVAS.	75
7.3.1. Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.	75
7.3.2. Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.	76
7.4. CREACIÓN DE MUROS Y CORRECCIÓN DE DERIVAS.	77
7.4.1. Dimensionamiento de Muros.	77
7.4.1.1 Muros Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.	77

7.4.1.2	Muros Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.	78
7.4.2.	Corrección de Derivas.....	78
7.4.2.1	Corrección de las Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.	78
7.4.2.2	Primera Iteración de las Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.	79
7.4.3.	Ubicación de Muros y Plantas Definitivas.	80
7.4.3.1	Ubicación de columnas.	80
7.4.3.2	Planta 1 definitiva para 5 pisos por la NSR-98.	81
7.4.3.3	Planta 1 definitiva para 5 pisos por la NSR-10.	82
8.	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	84
8.1.	FUERZAS INTERNAS PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	84
8.1.1.	Combinaciones de Diseño NSR-98.....	84
8.1.2.	Combinaciones de Diseño de Cimentación NSR-98.	85
8.1.3.	Combinaciones de Diseño NSR-10.....	85
8.1.4.	Combinaciones de Diseño de Cimentación NSR-10.	86
8.2.	DISEÑO DE VIGAS (FLEXIÓN Y CORTANTE).....	87
8.2.1.	Diseño a flexión.....	87
8.2.1.1	Datos Iniciales.	87
8.2.1.2	Refuerzo longitudinal en las vigas.	88
8.2.1.3	Extracción de datos de SAP para Vigas.	89
8.2.1.4	Método de Diseño.	91
8.2.1.5	Despiece de Vigas.	92
8.2.1.6	Despiece Viga NSR-10.	93
8.2.1.7	Despiece viga reglamento NSR-98.	94
8.2.2.	Refuerzo transversal en las vigas.	95
8.2.2.1	Despiece de vigas diseñadas por el Reglamento NSR-10.	96
8.3.	DISEÑO DE COLUMNAS	97
8.3.1.	Diseño Biaxial de la Columna. (Refuerzo Longitudinal).....	97
8.3.1.1	Datos Iniciales.....	97
8.3.1.2	Extracción de datos de SAP para Columnas.	97
8.3.1.3	Método de Diseño.	98
8.3.1.4	Determinación de la Cuantía (ρ) de Diseño.	105
8.3.1.5	Cálculo y Distribución de Aceros.....	107
8.3.2.	Diseño a Cortante.	108
8.3.2.1	Datos Iniciales.....	108
8.3.2.2	Cálculos Iniciales.....	108
8.3.2.3	Zona de Confinamiento.	109
8.3.2.4	Cálculo de la cantidad de Estribos.....	109
8.3.2.5	Zona No Confinada.	109
8.3.2.6	Despiece de flexión y cortante en la columna.....	110
8.4.	DISEÑO DE MUROS ESTRUCTURALES.....	110
8.4.1.	Dimensiones del Muro.....	110
8.4.2.	Cargas Utilizadas para el Diseño de Muros.....	111
8.4.3.	Cálculos generales para el Diseño de Muros.	113
8.4.3.1	Paso 1.....	113

8.4.3.2	Paso 2.....	113
8.4.3.3	Paso 3.....	114
8.4.3.4	Paso 4.....	114
8.4.3.5	Paso 5. Refuerzo horizontal y vertical del muro.....	114
8.4.3.6	Paso 6. Elementos de Borde	115
8.4.3.7	Comprobación de los Elementos de Borde.....	115
8.4.3.8	Refuerzo transversal de los Elementos de Borde.....	117
8.5.	Diseño de viguetas.....	123
8.5.1.	Diseño de refuerzos longitudinales en las viguetas NSR-10.....	124
8.5.1.1	Datos iniciales.....	124
8.5.1.2	Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo negativo:	124
8.5.1.3	Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo positivo:.....	125
8.5.2.	Diseño refuerzo transversal en las viguetas NSR-10	125
8.5.3.	Diseño de refuerzos longitudinales en las viguetas NSR-98.....	126
8.5.3.1	Datos iniciales.....	128
8.5.3.2	Calculo de longitud total requerida de varilla refuerzo negativo:	128
8.5.3.3	Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo positivo:.....	128
8.5.4.	Diseño refuerzo transversal en las viguetas NSR-98.....	129
8.5.4.1	Despiece vigueta NSR -10.....	129
8.5.4.2	Despiece vigueta NSR -98.....	130
8.6.	Diseño de cimentación.....	130
8.6.1.	Diseño zapatas.....	131
8.6.1.1	Análisis de las zapatas para el Reglamento NSR – 10.....	132
8.6.1.2	Análisis de las zapatas para la Norma NSR - 98.....	135
8.7.	Diseño de placas.....	139
8.7.1.	Datos iniciales:.....	141
8.7.1.1	Cálculo de área de acero superior de la placa.....	141
8.7.1.2	Cálculo de área de acero inferior de la placa.....	141
8.8.	Diseño riostra.....	142
8.8.1.	Datos iniciales:.....	142
8.9.	Diseño viga de borde.....	143
8.9.1.	Datos iniciales:.....	143
9.	RESULTADOS DE PRESUPUESTO.....	144
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	169
10.1.	Explicación de Resultados en el AnSísmico y el Diseño Estructural.....	169
10.2.	Análisis de las Cantidades de Obra.....	170
10.2.1.	Cantidades en acero de refuerzo.....	170
10.2.2.	Cantidades de concreto.....	172
10.3.	Análisis de Presupuesto de todas las edificaciones.....	174
11.	CONCLUSIONES.....	176
12.	RECOMENDACIONES.....	177
13.	BIBLIOGRAFIA.....	178
	ANEXO 1. INTRODUCCIÓN DE DATOS SAP2000.....	179

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Flujograma de Actividades de la Metodología.....	8
Figura 2.	Placas Tectónicas Terrestres.....	12
Figura 3.	Ubicación del Epicentro y el Foco.....	13
Figura 4.	Sismograma.....	14
Figura 5.	Principales sistemas de fallamiento en Colombia.....	17
Figura 6.	Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia.....	19
Figura 7.	Huila 9 de Febrero de 1967.....	20
Figura 8.	Santander 29 De Julio de 1967 - Daños en el palacio municipal.....	21
Figura 9.	Santander 29 De Julio de 1967 - Daños en Apartamentos y Edificaciones.....	21
Figura 10.	Quindío, Risaralda y Caldas 23 DE NOVIEMBRE DE 1979 - casa destruidas en el sector de Milán (Manizales).....	22
Figura 11.	Tumaco 12 de Diciembre de 1979.....	22
Figura 12.	Tumaco 12 de Diciembre de 1979 – Puerto en Nariñense.....	23
Figura 13.	Tumaco 12 de Diciembre de 1979 – Población el Charco.....	23
Figura 14.	Popayán 31 de Marzo 1983 – Principales Edificaciones.....	24
Figura 15.	Popayán 31 de Marzo 1983 – Falla incipiente de Talud de suelo.....	25
Figura 16.	Antioquia y Choco 18 DE Octubre de 1992 – Grietas de Murindó.....	25
Figura 17.	Antioquia y Choco 18 DE Octubre de 1992 – Camino a Belén de Bajira.....	26
Figura 18.	Huila y Cauca 6 de Junio de 1994 –Destrucción de Viviendas Páez.....	26
Figura 19.	Casanare 19 de Enero de 1995 – Vivienda con Daños graves.....	27
Figura 20.	Casanare 19 de Enero de 1995 – Desprendimiento de Rocas vía Monterrey y Cansaré.....	27
Figura 21.	Casanare 19 de Enero de 1995 – Colapso de Vivienda.....	28
Figura 22.	Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Vista Aérea del Barrio Brasilia en Armenia.....	28
Figura 23.	Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Vista Aérea de daños en la ciudad de Pereira.....	29
Figura 24.	Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Daños en la ciudad de Armenia.....	29
Figura 25.	Relación entre el periodo de la Estructura y el comportamiento ante un sismo.....	34
Figura 26.	Planta 1 – Dimensiones Preliminares.....	39
Figura 27.	Planta 2 – Dimensiones Preliminares.....	40
Figura 28.	Planta 3 – Dimensiones Preliminares.....	40
Figura 29.	Planta 4 – Dimensiones Preliminares.....	41
Figura 30.	Distribución de casetones y Viguetas Planta 1.....	43
Figura 31.	Distribución de casetones y Viguetas Planta 2.....	44
Figura 32.	Distribución de casetones y Viguetas Planta 3.....	45
Figura 33.	Distribución de casetones y Viguetas Planta 4.....	46
Figura 34.	Sección Transversal de la Placa 1 - Planta1.....	48
Figura 35.	Escalera Planta 1.....	48
Figura 36.	Planta 1 –Área en secciones de la Placa.....	49

Figura 37.	Vigueta Tipo 1 NSR-98.....	52
Figura 38.	Vigueta Tipo 2 NSR-98.....	53
Figura 39.	Vigueta Tipo 3 NSR-98.....	54
Figura 40.	Vigueta Tipo 4 NSR-98.....	55
Figura 41.	Vigueta Tipo 1 NSR-10.....	56
Figura 42.	Vigueta Tipo 2 NSR-10.....	57
Figura 43.	Vigueta Tipo 3 NSR-10.....	58
Figura 44.	Vigueta Tipo 4 NSR-10.....	59
Figura 45.	Planta Geométrica utilizada para el cálculo del centroide.....	60
Figura 46.	Espectro de Diseño NSR -98 y NSR-10.....	64
Figura 47.	Pórtico A-A Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	66
Figura 48.	Pórtico B-B Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	67
Figura 49.	Pórtico C-C Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	67
Figura 50.	Pórtico Carguero Escalera Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	68
Figura 51.	Pórtico No Carguero 1-1, 3-3,4-4 Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	68
Figura 52.	Pórtico No Carguero 2-2 Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.....	69
Figura 53.	Pórtico A-A Carguero Carga Viva NSR-98.....	69
Figura 54.	Pórtico B-B Carguero Carga Viva NSR-98.....	70
Figura 55.	Pórtico C-C Carguero Carga Viva NSR-98.....	70
Figura 56.	Pórtico Carguero Escalera Carga Viva NSR-98.....	71
Figura 57.	Pórtico No Carguero 1-1, 3-3, 4-4 Carga Viva NSR-98.....	71
Figura 58.	Pórtico No Carguero 2-2 Carga Viva NSR-98.....	72
Figura 59.	Pórtico Carguero A-A Carga Viva NSR-10.....	72
Figura 60.	Pórtico Carguero B-B Carga Viva NSR-10.....	73
Figura 61.	Pórtico Carguero C-C Carga Viva NSR-10.....	73
Figura 62.	Pórtico Carguero Escalera Carga Viva NSR-10.....	74
Figura 63.	Pórtico No Carguero 1-1, 3-3, 4-4 Carga Viva NSR-10.....	74
Figura 64.	Pórtico No Carguero 2-2 Carga Viva NSR-10.....	75
Figura 65.	Resultados de derivas iniciales por el COMBO1 y COMBO2 según la Norma NSR – 98.....	76
Figura 66.	Resultados de derivas iniciales por el COMBO1 y COMBO2 según la Norma NSR – 10.....	76
Figura 67.	Dimensiones Muro X NSR-98.....	77
Figura 68.	Dimensiones Muro Y NSR-98.....	77
Figura 69.	Dimensiones Muro X NSR-10.....	78
Figura 70.	Dimensiones Muro Y NSR-10.....	78
Figura 71.	Resultados de Corrección de derivas COMBO1 y COMBO2 NSR – 98.....	79
Figura 72.	Resultados de Corrección de derivas COMBO1 y COMBO2 NSR – 10.....	79
Figura 73.	Ubicación de Columnas en Planta 1.....	80
Figura 74.	Planta 1 Definitiva NSR-98.....	81
Figura 75.	Planta 1 Definitiva NSR-10.....	82
Figura 76.	Dimensiones Efectivas de una Viga.....	87
Figura 77.	Procedimiento del SAP 2000 v11 (a) Vigas.....	90

Figura 78.	Procedimiento del SAP 2000 v11 (b) Vigas.....	90
Figura 79.	Despiece longitudinal Viga NSR-10.....	96
Figura 80.	Despiece transversal Viga NSR-10.....	96
Figura 81.	Procedimiento del SAP 2000 v11 (a) Columnas.....	97
Figura 82.	Procedimiento del SAP 2000 v11 (b) Columnas.....	98
Figura 83.	Diagrama de Interacción de Columnas para la NSR-98.....	106
Figura 84.	Diagrama de Interacción de Columnas para la NSR-98.....	106
Figura 85.	Separación de Aceros Columna de 0.55 x 0.55.	107
Figura 86.	Dimensiones Efectivas de una Columna.	108
Figura 87.	Sección transversal de una Columna de 0.55 m x 0.55m	110
Figura 88.	Despiece Longitudinal de columnas	111
Figura 89.	Procedimiento SAP 2000 v11(a) Muros.....	112
Figura 90.	Procedimiento SAP 2000 v11(b) Muros.....	112
Figura 91.	Dimensiones efectivas de un elemento de borde de muro.....	116
Figura 92.	Sección Transversal De un Muro.....	117
Figura 93.	Muro en X 1x5 NSR-98.....	119
Figura 94.	Muro en Y 1x5 NSR-98.....	119
Figura 95.	Muro en X 1x5 NSR-10.....	120
Figura 96.	Muro en Y 1x5 NSR-10.....	120
Figura 97.	Despiece del Muro	121
Figura 98.	Despiece de los elementos de borde del muro.....	122
Figura 99.	Momento vigueta Tipo 1 planta 1 NSR 10.....	124
Figura 100.	Cortante Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 10.....	126
Figura 101.	Momento Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 98.....	127
Figura 102.	Grafica Cortante Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 98	129
Figura 103.	Despiece longitudinal vigueta NSR-10.....	130
Figura 104.	Despiece longitudinal vigueta NSR-98.....	130
Figura 105.	Selección de combinaciones de carga.....	131
Figura 106.	Exportar datos a Microsoft Office Excel de análisis de zapatas.....	132
Figura 107.	Despiece de la zapata por el reglamento NSR 10.....	138
Figura 108.	Despiece de la zapata por el reglamento NSR 98.....	138
Figura 109.	Planta 1 cimentación.....	139
Figura 110.	Corte transversal placa.....	140
Figura 111.	Despiece placa.....	142
Figura 112.	Corte transversal riostra.....	142
Figura 113.	Corte transversal viga borde.....	143
Figura 114.	Cantidades de Aceros de las Diferentes Edificaciones.....	172
Figura 115.	Cantidad de Concreto de Todas las Edificaciones.....	173
Figura 116.	Presupuesto total de todas las edificaciones.....	175
Figura 117.	Paso 1 SAP2000 v11	179
Figura 118.	Paso 2 SAP2000 v11 (a).....	180
Figura 119.	Paso 2 SAP2000 v11 (b).....	180
Figura 120.	Paso 3 SAP2000 v11 (a).....	181
Figura 121.	Paso 3 SAP2000 v11 (b).....	182
Figura 122.	Paso 4 SAP2000 v11 (a).....	183

Figura 123.	Paso 4 SAP2000 v11 (b).....	183
Figura 124.	Paso 5 SAP2000 v11 (a).....	184
Figura 125.	Paso 5 SAP2000 v11 (b).....	185
Figura 126.	Paso 6 SAP2000 v11 (a).....	186
Figura 127.	Paso 6 SAP2000 v11 (b).....	187
Figura 128.	Paso 6 SAP2000 v11 (c).....	188
Figura 129.	Paso 7 SAP2000 v11	189
Figura 130.	Paso 8 SAP2000 v11 (a).....	190
Figura 131.	Paso 8 SAP2000 v11 (b).....	190
Figura 132.	Paso 9 SAP2000 v11 (a).....	191
Figura 133.	Paso 9 SAP2000 v11 (b).....	192
Figura 134.	Paso 9 SAP2000 v11 (c).....	193
Figura 135.	Paso 9 SAP2000 v11 (d).....	194
Figura 136.	Paso 10 SAP2000 v11 (a).....	195
Figura 137.	Paso 10 SAP2000 v11 (b).....	196
Figura 138.	Paso 10 SAP2000 v11 (c).....	197
Figura 139.	Paso 10 SAP2000 v11 (d).....	198
Figura 140.	Paso 10 SAP2000 v11 (e).....	199
Figura 141.	Paso 10 SAP2000 v11 (f).....	200
Figura 142.	Paso 10 SAP2000 v11 (g).....	201
Figura 143.	Paso 11 SAP2000 v11 (a).....	202
Figura 144.	Paso 11 SAP2000 v11 (b).....	203
Figura 145.	Paso 12 SAP2000 v11	204
Figura 146.	Paso 13 SAP2000 v11 (a).....	205
Figura 147.	Paso 13 SAP2000 v11 (b).....	206
Figura 148.	Paso 13 SAP2000 v11 (c).....	207
Figura 149.	Paso 13 SAP2000 v11 (d).....	208
Figura 150.	Paso 14 SAP2000 v11 (a).....	209
Figura 151.	Paso 14 SAP2000 v11 (b).....	209
Figura 152.	Paso 15 SAP2000 v11 (a).....	210
Figura 153.	Paso 15 SAP2000 v11 (b).....	211
Figura 154.	Paso 15 SAP2000 v11 (c).....	212
Figura 155.	Paso 16 SAP2000 v11 (a).....	213
Figura 156.	Paso 16 SAP2000 v11 (b).....	215
Figura 157.	Paso 17 SAP2000 v11 (a).....	216
Figura 158.	Paso 17 SAP2000 v11 (b).....	217
Figura 159.	Paso 17 SAP2000 v11 (c).....	218
Figura 160.	Paso 17 SAP2000 v11 (d).....	218
Figura 161.	Paso 17 SAP2000 v11 (e).....	219
Figura 162.	Paso 17 SAP2000 v11 (f).....	220

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (resumida)	14
Tabla 2.	Escala de Magnitudes de Richter	15
Tabla 3.	Principales Terremotos ocurridos en Colombia.	20
Tabla 4.	Comparación de Procedimientos entre NSR-10 y NAR-98.	36
Tabla 5.	Calculo de espesores Mínimos.	41
Tabla 6.	Resultados del cálculo de los espesores mínimos.	42
Tabla 7.	Parámetros Iniciales de Diseño.....	47
Tabla 8.	Calculo de la Placa Aligerada.	49
Tabla 9.	Calculo del Área de la Estructura.....	49
Tabla 10.	Cargas Muertas Aplicadas en la Edificación.....	50
Tabla 11.	Cargas Vivas Aplicadas en la Edificación.	51
Tabla 12.	Distribución de Cargas.....	51
Tabla 13.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 1 NSR-98.	52
Tabla 14.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 1 NSR-98.	52
Tabla 15.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 2 NSR-98.	53
Tabla 16.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 2 NSR-98.	53
Tabla 17.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 3 NSR-98.	54
Tabla 18.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 3 NSR-98.	54
Tabla 19.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 4 NSR-98.	55
Tabla 20.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 4 NSR-98.	55
Tabla 21.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 1 NSR-10.	56
Tabla 22.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 1 NSR-10.	56
Tabla 23.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 2 NSR-10.	57
Tabla 24.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 2 NSR-10.	57
Tabla 25.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 3 NSR-10	58
Tabla 26.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 3 NSR-10	58
Tabla 27.	Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 4 NSR-98	59
Tabla 28.	Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 4 NSR-98	59
Tabla 29.	Peso Total de la Estructura	60
Tabla 30.	Calculo de Áreas y Centroides en X y Y	61
Tabla 31.	Centro de Rigidez.....	61
Tabla 32.	Parámetros requeridos para el cálculo de los Espectros de Aceleración.....	62
Tabla 33.	Espectro Aceleración NSR-98.	63
Tabla 34.	Espectro Aceleración NSR-10.	63
Tabla 35.	Fuerzas Horizontales NSR-98.....	65
Tabla 36.	Fuerzas Horizontales NSR-98.....	65
Tabla 37.	Cambio de Columnas por Muros	83
Tabla 38.	Combinaciones Básicas de Diseño NSR-98.....	84
Tabla 39.	Combinaciones de diseño de Cimentación NSR-98	85
Tabla 40.	Combinaciones Básicas de Diseño NSR-10	85
Tabla 41.	Combinaciones de diseño de Cimentación NSR-10	86
Tabla 42.	Empalmes de las Varillas Longitudinales.....	88

Tabla 43.	Ganchos de 90° Para barra longitudinal.	88
Tabla 44.	Cálculos Iniciales para Vigas	89
Tabla 45.	Diseño flexión viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5 Reglamento NSR-10.	91
Tabla 46.	Diseño flexión viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5 Norma NSR- 98.	91
Tabla 47.	Diseño cortante viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5 Reglamento NSR-10.	92
Tabla 48.	Diseño cortante viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5 Norma NSR- 98.	92
Tabla 49.	Cálculos Internos de Columnas.	99
Tabla 50.	Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-98.	99
Tabla 51.	Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-10.	102
Tabla 52.	Cálculos Internos para Determinar ρ	105
Tabla 53.	Resultados de Cuantías.	107
Tabla 54.	Acero Requerido para Columnas.	107
Tabla 55.	Cálculos Iniciales de Columnas	109
Tabla 56.	Datos Iniciales Para el Diseño de Muros	110
Tabla 57.	Cargas de Diseño de Los Muros.	113
Tabla 58.	Resultados de cálculos de muros NSR-98	118
Tabla 59.	Resultados De cálculos de muros NSR-10	118
Tabla 60.	Carga vivas y muertas NSR-10	123
Tabla 61.	Cortante y momento ultimo vigueta	123
Tabla 62.	Datos iniciales para el diseño de vigueta	124
Tabla 63.	Análisis vigueta.	125
Tabla 64.	Carga vivas y muertas NSR-98.	126
Tabla 65.	Cortante y momento ultimo vigueta	127
Tabla 66.	Datos iniciales para el diseño de vigueta	128
Tabla 67.	Análisis vigueta.	128
Tabla 68.	Datos iniciales reglamento NSR 10.	133
Tabla 69.	Análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11 por el Reglamento NSR - 10.	133
Tabla 70.	Dimensionamiento de la zapata por el reglamento NSR - 10.	134
Tabla 71.	Datos iniciales diseño zapata por el reglamento NSR – 10.	134
Tabla 73.	Calculo de aceros en la zapata por el reglamento NSR - 10.	135
Tabla 74.	Datos iniciales diseño de zapata NSR 98.	135
Tabla 75.	Análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11 en la norma NSR - 98.	136
Tabla 76.	Cálculo de dimensiones de la zapata para la norma NSR - 98.	137
Tabla 77.	Datos iniciales diseño de zapata NSR – 98.	137
Tabla 78.	Momentos obtenidos del para la norma NSR - 98.	137
Tabla 79.	Cálculo de aceros en la zapata en la norma NSR – 98.	137
Tabla 80.	Espesores mínimos requeridos por ambas reglamentaciones	140
Tabla 81.	Espesores calculados para cada planta.	140
Tabla 82.	Presupuesto edificación planta 1 por 5 pisos NSR-98.	144

Tabla 83.	Presupuesto edificación planta 1 por 5 pisos NSR-10.....	145
Tabla 84.	Presupuesto edificación planta 1 por 10 pisos NSR-98.....	146
Tabla 85.	Presupuesto edificación planta 1 por 10 pisos NSR-10.....	147
Tabla 86.	Presupuesto edificación planta 1 por 15 pisos NSR-98.....	148
Tabla 87.	Presupuestos edificación planta 1 por 15 pisos NSR-10.....	149
Tabla 88.	Presupuesto edificación planta 2 por 5 pisos NSR-98.....	150
Tabla 89.	Presupuesto edificación planta 2 por 5 pisos NSR-10.....	151
Tabla 90.	Presupuesto edificación planta 2 por 10 pisos NSR-98.....	152
Tabla 91.	Presupuesto edificación planta 2 por 10 pisos NSR-10.....	153
Tabla 92.	Presupuesto edificación planta 2 por 15 pisos NSR-98.....	154
Tabla 93.	Presupuesto edificación planta 2 por 15 pisos NSR-10.....	155
Tabla 94.	Presupuesto edificación planta 3 por 5 pisos NSR-98.....	156
Tabla 95.	Presupuesto edificación planta 3 por 5 pisos NSR-10.....	157
Tabla 96.	Presupuesto edificación planta 3 por 10 pisos NSR-98.....	158
Tabla 97.	Presupuesto edificación planta 3 por 10 pisos NSR-10.....	159
Tabla 98.	Presupuesto edificación planta 3 por 15 pisos NSR-98.....	160
Tabla 99.	Presupuesto edificación planta 3 por 15 pisos NSR-10.....	161
Tabla 100.	Presupuesto edificación planta 4 por 5 pisos NSR-98.....	162
Tabla 101.	Presupuesto edificación planta 4 por 5 pisos NSR-10.....	163
Tabla 102.	Presupuesto edificación planta 4 por 10 pisos NSR-98.....	164
Tabla 103.	Presupuesto edificación planta 4 por 10 pisos NSR-10.....	165
Tabla 104.	Presupuesto edificación planta 4 por 15 pisos NSR-98.....	166
Tabla 105.	Presupuesto edificación planta 4 por 15 pisos NSR-10.....	167
Tabla 106.	Resumen de Presupuestos Norma NSR – 98 y Reglamento NSR – 10.....	167
Tabla 107.	Cantidades de Acero Total (kg) de los edificios.....	171
Tabla 108.	Cantidades de Concreto Total (m ³) de las diferentes Edificaciones... ..	172
Tabla 109.	Presupuesto Total (\$Pesos) de todas las Edificaciones.....	174
Tabla 110.	Fuerzas Sísmicas y Momentos Acumulados SAP2000 v11 NSR-98.	213
Tabla 111.	Fuerzas Sísmicas y Momentos Acumulados SAP2000 v11 NSR-10.	214

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: IMPACTO ECONOMICO EN LAS CANTIDADES DE CONCRETO Y ACERO EN EDIFICACIONES DE UTILIZACION RESIDENCIAL UBICADAS EN ZONA DE AMENAZA SISMICA ALTA BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA NSR-98 Y NSR-10

AUTOR(ES): OMAR MAURICIO PARADA LAVERDE
CARLOS ANDRES ALFONSO NIÑO

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

El objetivo primordial de las Normas Sismo Resistentes, es garantizar la protección de la vida humana frente a eventuales catástrofes naturales, en las cuales sobresalen los sismos de bajo, medio y alto nivel; por este motivo la Reglamentación Sismo Resistente con los parámetros de diseño específicos, busca ofrecer Estructuras seguras a los ciudadanos de un país en particular. Actualmente la norma que rige los parámetros de diseño de construcción en Colombia es la NSR-10, dicha norma es la actualización de la NSR-98, debido a la variación y modificación de algunos de estos parámetros y coeficientes de diseño era de esperar que los costos en los materiales más exactamente el acero y concreto sufrieran incrementos, es por eso que se generó la necesidad de este trabajo de grado, estableciendo como base del proyecto cuatro plantas arquitectónicas regulares, a las cuales se les diseñaron todos los elementos estructurales utilizando el método de análisis sísmico de la Fuerza Horizontal Equivalente para estructuras regulares, bajo los lineamientos de ambas reglamentaciones, se definieron tres tipos de altura a cada una y se escogió como zona de amenaza sísmica alta para todas; una vez terminado el diseño se calcularon las cantidades de obra y se hizo un presupuesto para cada una de las edificaciones, con el objetivo de determinar el incremento porcentual y así establecer el impacto económico en las cantidades de concreto y acero.

PALABRAS CLAVES: Sismo Resistente, NSR-10, NSR-98, Elementos estructurales, Fuerza Horizontal Equivalente, Estructuras Regulares, Zona de amenaza sísmica alta, Cantidades de Obra.

GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK

TÍTULO: ECONOMIC IMPACT IN THE AMOUNT OF CONCRETE AND STEEL BUILDINGS FOR USE RESIDENTIAL AREA LOCATED IN HIGH THREAT UNDER SEISMIC GUIDELINES AND NSR-98 AND NSR-10

AUTHOR(S): OMAR MAURICIO PARADA LAVERDE
CARLOS ANDRES ALFONSO NIÑO

FACULTY: Civil Engineering Faculty

DIRECTOR: Claudia Patricia Retamoso Llamas

ABSTRACT

The main objective of the earthquake resistant rules is to guarantee the protection of human life on any eventual natural disaster, in which it can distinguish the low, medium and high earthquakes; for this reason the Earthquake Resistant Regulations with the parameters of specific designs, looks to offer secure structures to the citizens of a particular country. Actually the validity rule of construction design in Colombia is the NSR-10, which rule is the actualization of the NSR-98, due to the variation and modification of some parameters and coefficients of design it was expected that the costs of materials like steel and concrete will increase, that is why the need of this degree thesis was generated, establishing as bases of the thesis four (4) architectural regular plants, which complete design was made using the earthquake method Equivalent Horizontal Force, under the guidelines of both regulations, it was defined three types of height to each one and selected a high earthquake hazard to all of them; once the design was finished it was calculated the amounts of building lot and it was made a budget to each one of the edifications, with the objective of determine the percent increase and establish the economical impact in the amounts of concrete and steel.

KEY WORDS: Earthquake resistant, NSR-10, NSR-98, Regular Structures, Structural elements, Equivalent Horizontal Force, high earthquake hazard zone, amounts of building lot.

INTRODUCCIÓN.

El 7 de junio de 1984 se expidió por medio del Decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones sismo resistentes. Este documento fue una respuesta a la tragedia en víctimas y daños materiales que constituyó el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983. Dado que se trataba de un decreto de facultades extraordinarias autorizado por la Ley 11 de 1983, su actualización tecnológica no era posible sin una nueva ley que la autorizara, sin embargo años más tarde entraría en vigencia la Norma Colombiana De Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. En la actualidad y debido a los avances tecnológicos, la Norma Colombiana De Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 se reemplazó por su actualización, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, por lo que es posible que los parámetros de diseño hayan sido modificados o cambiados.

A partir del cambio en estos parámetros y la variación en los lineamientos de las reglamentaciones, es inevitable que no se alteren las cantidades de los materiales utilizados en la construcción, por lo se vio prudente hacer un estudio que identifique los ítems en los cuales se pueda presentar una variación considerable tanto en las cantidades, como en el presupuesto de obra.

En primer lugar, se supone una distribución de espacios de las cuatro plantas estructurales, de tal manera que se cumplió con los requisitos de regularidad establecidos en el Título A de ambas reglamentaciones, tanto en planta como en alzado, a partir de este análisis preliminar se propusieron en el trabajo cuatro (4) plantas estructurales regulares y la misma planta con tres diferentes alturas cinco (5), diez (10) y quince (15) pisos, en total se diseñaron doce (12) edificaciones bajo los lineamientos de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1.998 (NSR – 98) y doce (12) edificaciones bajo los lineamientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010 (NSR – 10).

En el proceso de análisis que se desarrolló se pasó por el análisis de cumplimiento de derivas en ambas reglamentaciones, utilizando el método sísmico de la Fuerza Horizontal Equivalente, permitido para este tipo de estructuras, en este análisis se pasó de un sistema estructural tipo pórtico a un sistema estructural combinado, ya que en algunas edificaciones, por la necesidad de cumplir con los requerimientos de ambas reglamentaciones se requirió de la asignación de muros estructurales.

Después de cumplir con los requisitos sísmicos de análisis de derivas, se procedió a realizar el diseño de los elementos estructurales como son vigas, columnas, muros y zapatas, para poder establecer la cantidad de concreto y acero que se asignó a cada uno de estos.

Con estas cantidades obtenidas después del diseño estructural definitivo, se procede a realizar un presupuesto para cada una de las veinticuatro (24) edificaciones analizadas por ambas reglamentaciones.

En conclusión, el trabajo de grado ofrece a la industria de la construcción un análisis económico detallado de los cambios presentados en los elementos estructurales más importante en las edificaciones, producidos por el cambio de la Norma NSR – 98 al Reglamento NSR – 10.

1. JUSTIFICACION.

Las Reglamentaciones Sismo Resistentes presentan requisitos mínimos con el fin de reducir daños en edificaciones y salvaguardar vidas humanas ante la ocurrencia de un movimiento sísmico.

En la actualidad la Reglamentación Sismo Resistente Nacional es presidida por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el cual corresponde a la actualización de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98, el presente estudio es una comparación de los diseños estructurales entre el actual reglamento y la norma anterior, el cual busca identificar los elementos estructurales en los cuales se presenta mayor incremento en las cantidades de obra y por lo tanto en el presupuesto, con base en varios diseños estructurales de edificaciones regulares bajo las especificaciones técnicas de la NSR-98 y la NSR-10.¹

Teniendo en cuenta las variaciones entre las normas con respecto a los diseños de los elementos estructurales (vigas, columnas, cimentación, etc.) y bajo ciertas condiciones de diseño, el propósito de este trabajo de grado es aportar información cuantitativa (cantidades y presupuesto) y datos precisos, dados por el análisis de los resultados obtenidos a partir de los cálculos que se realizaron sobre los diseños estructurales, con el fin de determinar las variaciones entre las cantidades de obra.

Se espera que la información suministrada en este trabajo de grado, sea de gran utilidad y beneficie a la comunidad de ingenieros civiles interesados en el cálculo de cantidades de obra a partir de diseños estructurales de edificaciones regulares bajo el método de la Fuerza Horizontal Equivalente, ubicados en zona de amenaza sísmica alta.

¹ Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE. Bogota D.C. pág. 414. (NSR-10)

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Determinar el impacto en el presupuesto y las cantidades de obra de edificios regulares generado por la actualización de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR - 98.

2.2. Objetivos Específicos.

Realizar el análisis sísmico de las diferentes edificaciones para cumplir los lineamientos en este aspecto establecidos por la NSR – 98 y la NSR – 10, en la Zona de Amenaza Sísmica Alta.

Diseñar los diferentes elementos estructurales (vigas, columnas, muros y zapatas), bajos los lineamientos de la NSR – 98 y el NSR – 10, teniendo en cuenta la ubicación de las estructuras en Zona de Amenaza Sísmica Alta (DES).

Realizar una comparación del presupuesto y las cantidades de obra de la estructura (Acero y Concreto).

Observar el impacto que genera en un presupuesto de construcción la actualización de la NSR – 98, para plantear posibles estrategias para los constructores.

3. ALCANCE.

En este trabajo de grado, se observarán los diseños estructurales, el análisis de las cantidades de obra y el presupuesto de doce (12) edificaciones que cumplen los requerimientos mínimos de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1.998 (NSR – 98) y las mismas doce (12) edificaciones cumpliendo los requerimientos mínimos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR – 10).

Las cuatro (4) plantas estructurales definidas, cumplen con las especificaciones de las dos reglamentaciones como regulares en planta y en alzado, como se puede observar en el numeral A.3.3. Configuración Estructural de la Edificación, tanto en la Norma NSR – 98 y el Reglamento NSR -10. Las plantas fueron definidas por los autores del estudio. Cada una de las cuatro (4) plantas se diseña para tres alturas cinco (5), diez (10) y quince (15) pisos.

El sistema estructural planteado en el proyecto para todas las edificaciones, empezó como un sistema tipo pórtico (constituido principalmente por vigas y columnas), según el numeral A.3.2.1.3. Sistema Tipo Pórtico de la Norma NSR–98 y el reglamento NSR-10, después de desarrollar los análisis propios de las estructuras, se observó que se debían agregar otros elementos estructurales (muros), para soportar las cargas sísmicas aplicadas, por esto, casi todas, las sistemas estructurales terminaron como un sistema combinado, definido en el numeral A.3.2.1.2. Sistema Combinado, cumpliendo el ítem b) de ese numeral.

Los tipos de carga que se tuvieron en cuenta para este estudio son: Carga Muerta (D), Carga Viva (L) y carga de sismo (Fs y E), fuerzas que son las más importantes a tener en cuenta por la ubicación de los proyectos en Zona de Amenaza Sísmica Alta, definida para ambas reglamentaciones de la misma manera. Se deja abierta la posibilidad de observar los cambios en el diseño al tener en cuenta otro tipo de cargas.

Los parámetros del subsuelo de las estructuras, se definió a partir de la Microzonificación Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga del año 2001, estando ubicadas en la Villa de San Francisco en el municipio de Floridablanca.

Definidos todos los parámetros de las estructuras, se procede a realizar los análisis de carga muerta (D), carga viva (L) y fuerza sísmica (Fs y E), con los parámetros definidos en ambas reglamentaciones (NSR – 98 y NSR – 10), de manera que se obtengan los datos iniciales para realizar el análisis en las diferentes etapas de la estructura.

En una primera instancia se constata que la edificación cumpla con los requisitos de deriva que en ambas reglamentaciones se limita al 1% de la altura de cada uno

de los entresijos. Si la estructura no cumple, se procede a la asignación de muros estructurales, para cumplir estos requerimientos.

Después de esta etapa se procede a realizar el diseño de los elementos estructurales que corresponden al alcance del estudio que son vigas, columnas, muros y zapatas, diseño que se realiza con las combinaciones de carga que se indican en el capítulo B de la Norma NSR – 98 y el Reglamento NSR – 10 y con los requerimientos de resistencia del material, que se encuentran incluidos en el Título C de ambas reglamentaciones, a flexión pura (vigas), flexo - compresión biaxial (columnas y muros) y cortante (vigas, columnas, muros y zapatas).

Cuando se realiza este diseño, se procede a realizar el despiece o la distribución de los aceros de refuerzo en los diferentes elementos estructurales, de tal manera que se cumplan con los requisitos de anclaje y empalmes por traslapo de cada uno de los elementos estructurales.

Ya realizado el despiece de los elementos estructurales, se procede a desarrollar el análisis de las cantidades de obra para el concreto y el acero, estas cantidades son exactas para cada edificación, por cuanto se tienen los diseños de todas las vigas, columnas, muros y zapatas de cada edificio estudiado.

Por último, se realiza un presupuesto de la parte estructural de las edificaciones, sin tener en cuenta desperdicios, administración, imprevistos y utilidades, únicamente se tiene en cuenta el valor neto de cantidades de concreto y acero en las edificaciones diseñadas bajo los lineamientos de la Norma NSR – 98 y el Reglamento NSR – 10, todo lo anterior se desarrolla para que los constructores observen cual es la magnitud en valores económicos de los precios de estructura, respecto a los materiales analizados y cuanto incremento deben tener en cuenta aproximadamente dependiendo de la altura y la distribución en planta de la edificación, en una zona de amenaza sísmica alta, como lo es Bucaramanga.

4. METODOLOGÍA.

Para desarrollar los objetivos propuestos en el trabajo de grado, se desarrolló la metodología mostrada en la Figura 1, en este mismo capítulo se muestra el resumen de cada uno de los ítems que conforman la metodología.

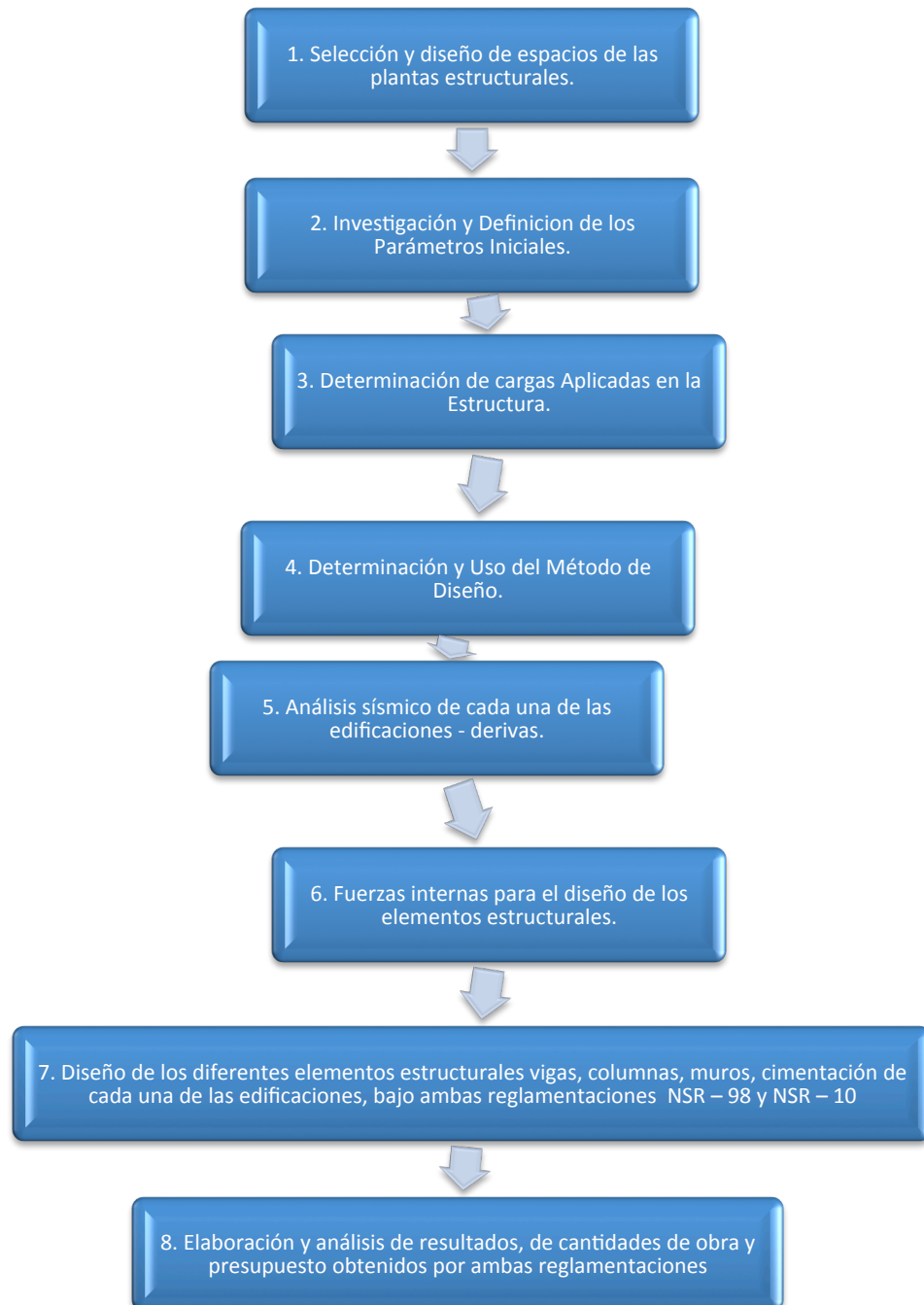


Figura 1. Flujograma de Actividades de la Metodología.

En el transcurso del documento, se mostrará el desarrollo de cada uno de los ítems de la metodología de tal manera que se especifica de manera detallada los resultados obtenidos en cada etapa.

A continuación se realiza una explicación resumida de la metodología llevada a cabo en el trabajo de grado.

4.1. SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PLANTAS ESTRUCTURALES.

Para la realización del trabajo de grado se tomaron cuatro plantas arquitectónicas tipo, las cuales se les efectuó la distribución de espacios requeridos, hasta definir los cuatro modelos de planta regular de las edificaciones, se cumplen los parámetros del título A de ambas reglamentaciones la Norma NSR – 98 y el Reglamento NSR - 10.

4.2. INVESTIGACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS INICIALES.

Se revisaron diferentes trabajos de grado con antecedentes similares sobre el tema a desarrollar. Utilizando La zonificación sismo geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga realizada en el 2001. Se Identificó el tipo de suelo apropiado para así determinar los parámetros y coeficientes sísmicos necesarios en el análisis de la estructura en ambas reglamentaciones.

4.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA.

Utilizando las especificaciones dadas por el título B de ambas reglamentaciones, se determinaron las cargas aplicadas en la estructura luego de realizar el análisis de los pesos de los elementos estructurales (carga muerta y carga viva).

4.4. DETERMINACIÓN Y USO DEL MÉTODO DE DISEÑO.

Examinando cada una de las condiciones de los diferentes métodos de diseño, se determinó que el método a utilizar es el método de la FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE, ya que el trabajo de grado a desarrollar presenta edificaciones regulares ubicadas en zona de amenaza sísmica alta y con una altura inferior a 20 niveles o 60 m de altura, la menor de las dos.

4.5. ANÁLISIS SÍSMICO DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES.

Después de calcular las viguetas y definir las secciones de los elementos estructurales y determinar las fuerzas sísmicas de diseño, se fijaron la cargas y la posición de cada uno de los pórticos cargueros y no cargueros de las edificaciones, finalmente se utilizó el software SAP 2000 V11 para el análisis, comprobación y cumplimiento de las derivas requeridas en ambas reglamentaciones.

4.6. FUERZAS INTERNAS PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En esta parte del proyecto, después de cumplir con las especificaciones sísmicas de las edificaciones, se procede a introducir las diferentes combinaciones de carga, requeridas para obtener las fuerzas internas axiales, cortantes, de flexión y reacciones definitivas para el diseño de los elementos estructurales. Es importante observar que en este paso, se utilizan las cargas muertas, vivas y sísmicas de diseño ($E = F_s/R$).

4.7. DISEÑO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ESTRUCTURALES VIGAS, COLUMNAS, MUROS Y CIMENTACION DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES, BAJO AMBAS REGLAMENTACIONES NSR-98 Y NSR-10

Cuando se obtienen las fuerzas internas definitivas en el software SAP2000 V11, del numeral anterior, se procede a realizar el cálculo y diseño específico de todos los elementos de la estructura teniendo en cuenta los requerimientos mínimos exigidos por cada reglamento, luego se realizaron cada uno de los planos estructurales y se ordenaron las memorias que sustentan cada uno de los diseños realizados.

4.8. ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS, DE CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO OBTENIDOS POR AMBAS REGLAMENTACIONES.

Con base en los resultados obtenidos se determinaron las cantidades de obra, luego se elaboró un presupuesto a cada una de las edificaciones en las diferentes alturas propuestas (5, 10 y 15 pisos) por cada reglamento, finalmente se analizaron las variaciones existentes y se cuantificaron porcentualmente.

5. MARCO TEORICO.

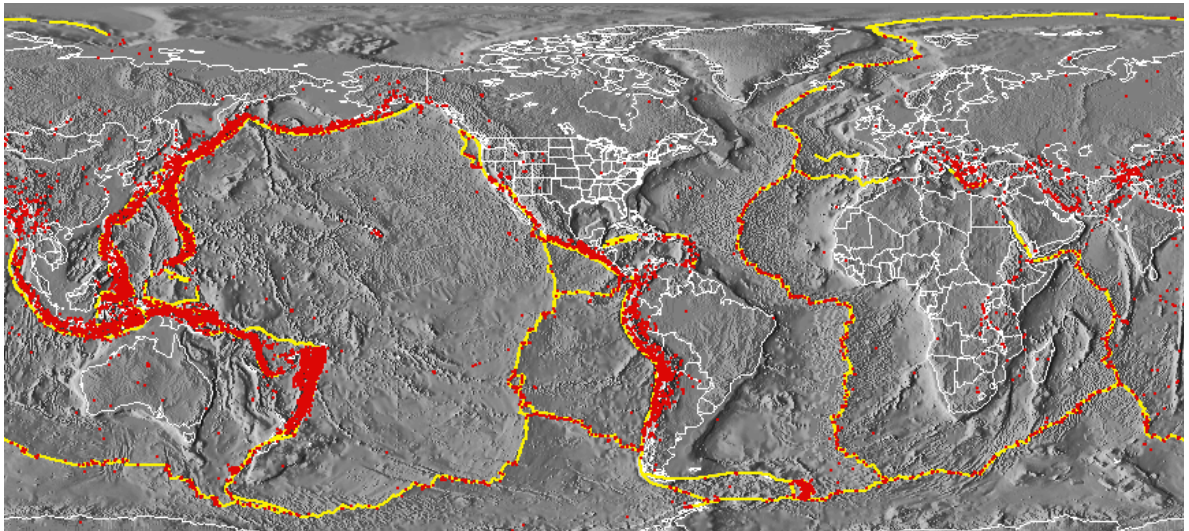
Los reglamentos de Diseño Sismo Resistente proporcionan los requisitos mínimos para el Diseño y Construcción de edificaciones, su objetivo principal es disminuir el riesgo de pérdidas de vidas humanas y daños en las estructuras, ya que una edificación debe tener la capacidad de resistir, además de las cargas propias de la estructura (cargas vivas, cargas muertas), posibles sismos ya sean de alta media o baja magnitud y no presentar daños considerables.

En este capítulo, se presentará una descripción general de lo que es un sismo y como se registra, además de las diferentes zonas en las que se presenta, asimismo una breve reseña histórica de los principales sismos ocurridos en Colombia y de como la legislación del país a través de los años a modificando sus normas sismo resistentes hasta llegar a la actual norma que rige el diseño Estructural que es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, igualmente los efectos que tienen los sismos sobre las estructuras, así como también la respuesta de la estructura ante un eventual sismo; para eso es importante e indispensable conocer como funciona el método de la FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE y algunos de los conceptos que se tienen en cuenta en el diseño de cada una de los edificios y que sirvieron como parámetro en el presente estudio.

5.1. ORIGEN DE LOS SISMOS.

El movimiento relativo entre placas tectónicas colindantes, independientemente de su dirección, acumula energía hasta un momento en el cual causa una fractura en la roca, liberando abruptamente esta energía acumulada, la cual se manifiesta con la generación de ondas sísmicas lo que da lugar a los terremotos. La gran mayoría de los sismos en el mundo ocurre en las fronteras entre placas.²

² Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 3-4). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

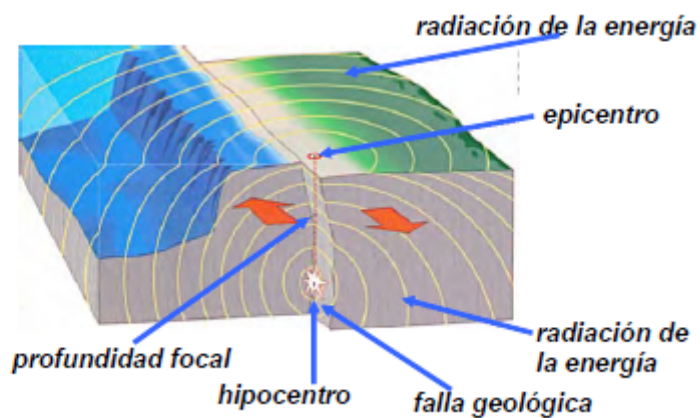


Fuente: Sismo resistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismo resistente, Manual Sobre Sismo Resistencia (págs. 3). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

Figura 2. Placas Tectónicas Terrestres.

5.1.1. Movimientos Sísmicos.

Cuando ocurren los movimientos relativos entre las placas tectónicas y se acumulan energías que al ser liberada por un desplazamiento que ocurre en fracturas de la corteza conocidas como fallas geológicas produce las ondas sísmicas esto hace que se llegue a sentir un temblor de tierra. Las fallas geológicas que son capaces de producir sismos se conocen con el nombre de fallas activas, este esquema se observa en la Figura 3.



Fuente: Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, Manual Sobre Sismo Resistencia (págs. 3). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

Figura 3. Ubicación del Epicentro y el Foco.

Al ocurrir un sismo, el punto donde se inicia la ruptura es el punto donde comienza la liberación de energía del sismo, y se conoce con el nombre de hipocentro o foco del sismo. En un sismo grande donde la ruptura puede involucrar cientos de kilómetros cuadrados de longitud de falla, el punto de inicio de la liberación de energía sigue siendo el hipocentro del temblor. El epicentro es la proyección sobre la superficie de la Tierra del hipocentro y la profundidad focal es la profundidad del hipocentro, que es la que se mide desde el epicentro. Se han llegado a definir unas medidas para llegar a clasificar los sismos estas medidas los dividen en: superficiales, cuando ocurren a profundidades menores de 70 km, de foco intermedio, entre 70 y 300 km, y profundos cuando su profundidad es mayor de 300 km. Se han tenido registros de sismos hasta profundidades de 700 km. Desde el punto de vista de los efectos del sismo, se concluye que, entre más superficial, mayor su predisposición de producir daños. En aquellas regiones de la Tierra donde existen cadenas montañosas importantes, suelen presentarse sismos dentro de toda la gama de profundidades, mientras en aquellas regiones donde la corteza terrestre es delgada, hay una mayor preponderancia de los sismos superficiales.³

5.1.2. Medidas, Intensidad y Magnitud de Sismo.

Existen varias escalas para medir qué tan fuerte es un sismo. Estas escalas se dividen en las que miden la intensidad del sismo con base en el daño que produce a las edificaciones y otros fenómenos observados, y las escalas que miden la magnitud del sismo con base en mediciones realizadas por instrumentos conocidos como sismógrafos.

La intensidad de un sismo es una medida totalmente subjetiva de los efectos que el sismo causa en un lugar determinado, la cual se realiza por medio de observadores, que se desplazan a las diferentes zonas afectadas por el sismo y allí asignan la intensidad para cada sitio, de acuerdo con los efectos observados. Por lo tanto, no es una medida única para un sismo, dado que el efecto producido en diferentes lugares por el mismo sismo es distinto y que en la medida que el lugar se encuentre más alejado de la zona epicentral menores serán los efectos. La escala más utilizada en el ámbito mundial para describirla es la escala de intensidades de Mercalli modificada (IMM). La intensidad es una medida subjetiva de los efectos que el sismo causa en un lugar determinado, la cual se asigna en una escala de I a XII. Un mismo sismo produce numerosos valores de intensidad, de acuerdo con los efectos que causa en diferentes sitios. A continuación se

³ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 7-8). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

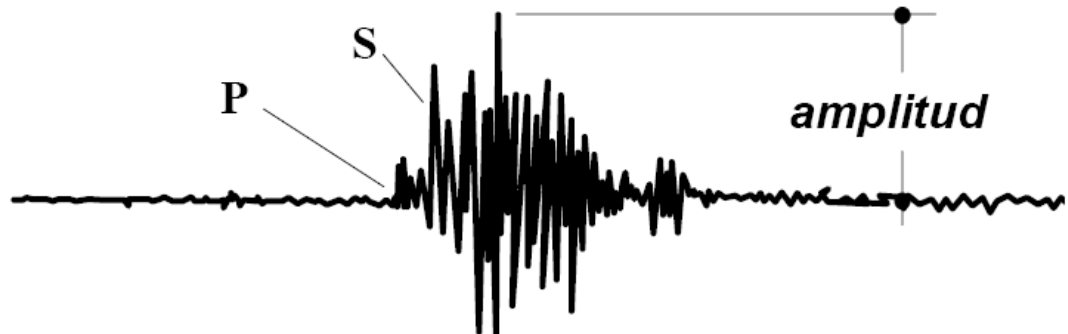
presenta un resumen de la escala de Mercalli Modificada, como se observa en la Tabla 1

Tabla 1. Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (resumida)

Intensidad	Efectos
I	No es sentido
II	Lo sienten personas quietas o en pisos altos
III	Objetos colgantes se balancean
IV	Se siente vibración similar a la del paso de un camión pesado
V	Las puertas se balancean, los relojes de péndulo se detienen
VI	Todos lo sienten. Dificultad para caminar. Tañen las campanas
VII	Dificultad para permanecer parado. Lo notan los conductores de vehículos. Daños en mampostería débil. Caída de pañetes
VIII	Caen ramas de los árboles. Grietas en terrenos húmedos
IX	Pánico general. Rotura de tubos enterrados. En zonas aluviales brota arena y barro
X	La mayoría de las casas de mampostería destruidas, daños y colapso en puentes. El agua se sale de ríos, canales y lagos. Los rieles de ferrocarril se doblan.
XI	Se doblan totalmente los rieles de ferrocarril.
XII	Destrucción total. Objetos lanzados al aire.

Fuente: Resistente, C. A. (2007). Manual sobre Sismo Resistencia. Bogotá-Colombia: Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica.

La magnitud se mide con un sismógrafo, el cual es adecuado para registrar sismos que ocurren a distancias apreciables, inclusive de miles de kilómetros. Los sismógrafos, en general, se salen de rango de medición cuando el sismo ocurre cerca a su localización. El registro obtenido por este instrumento se denomina sismograma, como se observa en la Figura 4.



Fuente: Resistente, C. A. (2007). Manual sobre Sismo Resistencia. Bogotá-Colombia: Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica.

Figura 4. Sismograma.

Allí puede identificarse la llegada en el tiempo de las ondas sísmicas (ondas P y ondas S). Dado que la velocidad de propagación de las dos ondas es diferente, siendo mayor la de la onda P; utilizando la diferencia en tiempo entre las llegadas de las dos ondas, es posible determinar la distancia a que ocurrió el sismo. Conociendo los sismogramas de varias estaciones es posible localizar el hipocentro del sismo con base en las distancias determinadas de los tiempos entre llegadas de las ondas.

La magnitud del sismo es una medida única de la energía liberada por él. Es una medición instrumental y se calcula a partir del sismograma. Fue definida por C. Richter en 1935 de ahí su nombre de magnitud de Richter. Su definición original era para sismos locales, o cercanos, como el logaritmo en base 10 de la amplitud de la máxima onda sísmica, expresada en milésimos de milímetro, registrada en un sismógrafo localizado a 100 km del epicentro. Existe un procedimiento para ajustar la medición cuando el registro se toma a distancias diferentes de 100 km. La definición original de la magnitud de Richter, también conocida como magnitud local (ML), no especificaba el tipo de ondas a utilizar en la determinación de la amplitud, pues simplemente indicaba que debía ser la mayor amplitud. La magnitud local es muy sensitiva al tipo de instrumento empleado y a la distancia a la cual se realizó el registro. No obstante estas limitaciones la magnitud local correlaciona de una manera bastante buena con el daño que produce el sismo a las edificaciones, por esta razón se sigue calculando su valor en muchos casos. Posteriormente se desarrollaron otras escalas de magnitud, dentro de las cuales se cuentan la magnitud de ondas de cuerpo (mb) (o magnitud de onda P), la magnitud de ondas de superficie (Ms) y la magnitud de momento sísmico (Mw). En la Tabla 2 se muestra los efectos de un sismo de acuerdo a la magnitud en escala Richter.⁴

Tabla 2. Escala de Magnitudes de Richter

Magnitud	Efectos
3.5 <	Generalmente no se siente pero es registrado
3.5 – 5.4	A menudo se siente pero solo causa daños menores
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas
7.0 – 7.9	Terremoto mayor, causa graves daños
> 8.0	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Fuente: Resistente, C. A. (2007). Manual sobre Sismo Resistencia. Bogotá-Colombia: Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica.

⁴Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 11-12). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Esta escala es "abierta", de modo que no hay un límite máximo teórico, salvo el dado por la energía total acumulada en cada placa, lo que sería una limitación de la Tierra y no de la Escala).

5.2. SISMICIDAD COLOMBIANA.

Colombia está localizada en una de las zonas sísmicamente más activas de la Tierra, la cual se conoce con el nombre de Anillo Sísmico Circumpacífico, el cual bordea todo el Océano Pacífico y donde ocurren la gran mayoría de los sismos que se registran en el mundo. Dentro del territorio colombiano se encuentran tres placas tectónicas importantes, la placa Suramericana, la Placa de Nazca y la Placa Caribe.⁵

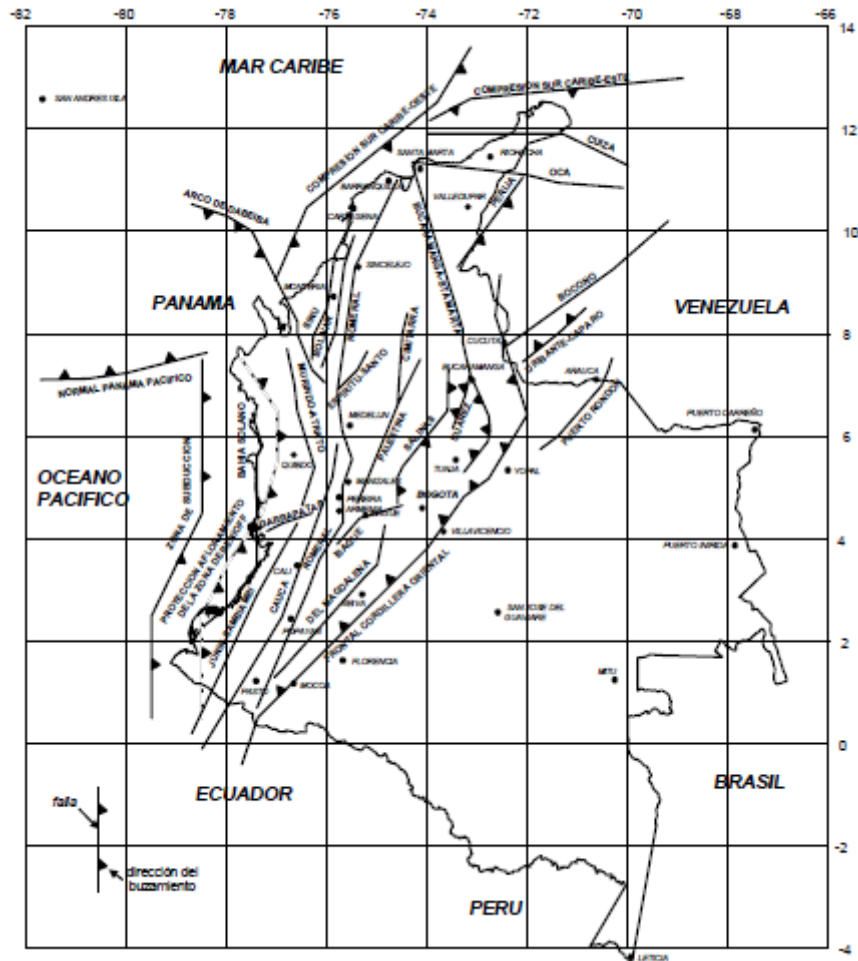
La geología estructural del país ha sido estudiada con diferentes grados de detalle. En general los sistemas principales de fallamiento han sido identificados gracias a estudios mineros y de exploración petrolera. Además se han realizado exploraciones geológicas detalladas para los grandes proyectos hidroeléctricos. También existen numerosos trabajos sobre tectónica colombiana realizados por Ingeominas.⁶

5.2.1. Fallas geológicas activas en Colombia.

El fallamiento predominante en el país tiene dirección norte sur, coincidiendo con la dirección de las tres cordilleras. El principal accidente sísmo tectónico es la zona de subducción en el Océano Pacífico. Es causada por el doblamiento de la placa de Nazca cuando subduce bajo la placa Suramericana. Hay evidencia de su existencia en la costa colombiana del Pacífico desde los 8° de latitud norte hasta un punto al sur de la línea ecuatorial. La zona de subducción tiene capacidad de producir sismos hasta profundidades de 120 a 130 km. Además de la zona de subducción existen en el territorio nacional un gran número de fallas geológicas sísmicamente activas. En la Figura 5 siguiente se muestran los principales sistemas de fallamiento en el país.

⁵ Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sísmo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sísmo Resistente* (pág. ii). Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

⁶ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sísmo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sísmo Resistencia* (págs. 8). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.



Fuente: Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construccion Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construccion Sismo Resistente*. Bogota: Proyectos y Ediciones Ltda.

Figura 5. Principales sistemas de fallamiento en Colombia

5.2.2. Zonas de Amenaza Sísmica.

La amenaza sísmica es el potencial de que ocurran sismos dañinos en un área geográfica. Dentro de ella se toman en cuenta los sismos dañinos que puedan ocurrir dentro de la misma zona geográfica o en zonas aledañas. La amenaza sísmica se mide de diferentes formas que van desde una simple evaluación de que la zona sea activa sísmicamente, hasta la forma como se presenta en las normas de diseño sismo resistente, en las cuales se define a través de la aceleración máxima que puede tener el terreno durante la ocurrencia de un sismo con un período de retorno prefijado.⁷

⁷ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 12). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

5.2.3. Distribución de amenaza sísmica en Colombia.

De acuerdo con los estudios realizados para la determinación del grado de amenaza sísmica de las diferentes regiones del país se encontró que alrededor de 12 millones de colombianos de 475 municipios se encuentran en zonas de amenaza sísmica alta, es decir el 35% de la población; aproximadamente 17 millones de habitantes de 435 municipios localizados en zonas de amenaza sísmica intermedia, equivalente al 51% de la población del país; y aproximadamente 5 millones de habitantes en 151 municipios localizados en zonas de amenaza sísmica baja, 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 riesgo sísmico apreciable, que no solamente depende del grado de amenaza sísmica sino también del grado de vulnerabilidad que en general tienen las edificaciones en cada sitio.⁸

En la Figura 6 se puede observar la distribución en las que se ha dividido las diferentes regiones y los tres tipos de zonas de amenaza: amenaza sísmica alta, amenaza sísmica intermedia y amenaza sísmica baja.⁹

5.3. HISTORIA SÍSMICA DE COLOMBIA.

El primer evento sísmico en el país, del cual se tiene registro escrito, ocurrió en 1566 causando daños graves en las recientemente fundadas ciudades de Popayán y Cali. Existen registros de numerosos sismos históricos desde la colonia y hasta 1922, en que se instaló el primer sismógrafo en el país. Dentro de los sismos históricos, pero registrados por instrumentos en el exterior es importante destacar el terremoto del 31 de enero de 1906 al frente de Tumaco que es considerado uno de los sismos más fuertes de la humanidad en tiempos modernos.¹⁰

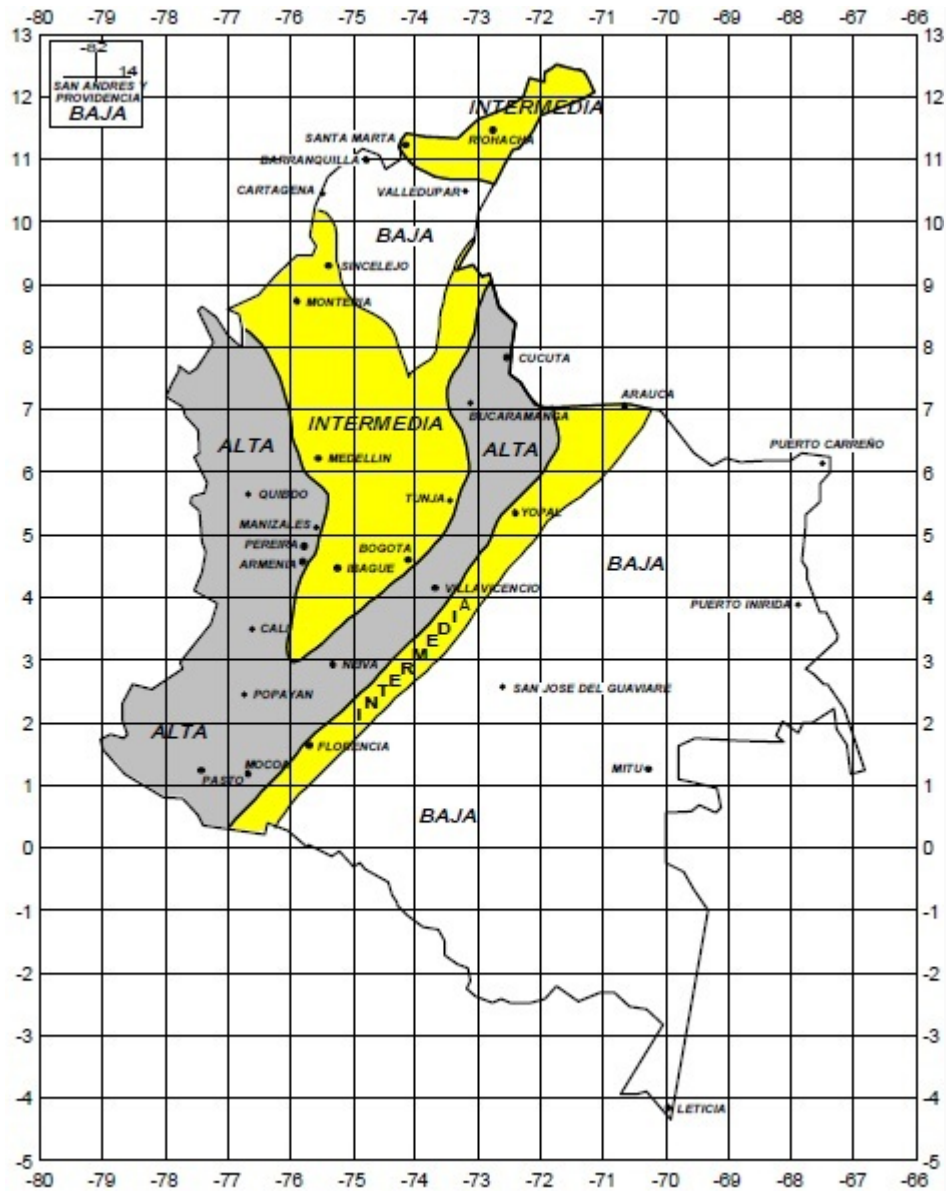
A partir de 1993 se puso en marcha, adicionalmente la red sismológica Nacional, operada por INGEOMINAS, inicialmente se tenían 20 estaciones sismológicas remotas y se espera llegar a 30 estaciones en un futuro cercano, también se cuenta con 150 acelerógrafos digitales de movimiento fuerte esto con el fin de

⁸ Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente* (pág. v). Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

⁹ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 13). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

¹⁰ Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente* (pág. iv). Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

llevar un registro exacto y detallado que permita estudiar el comportamiento sísmico en el país.¹¹



Fuente: Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

Figura 6. Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia.

¹¹ Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente* (pág. ii). Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

En la Tabla 3 se puede observar un cuadro estadístico de los sismos de mayor importancia ocurridos en Colombia durante los últimos años.

Tabla 3. Principales Terremotos ocurridos en Colombia.

Año	Día	Mes	Localización	Magnitud	Profundidad	Victimas
1906	31	Enero	Tumaco	8.9	-	400
1967	9	Febrero	Huila	6.3	60	98
1967	29	Julio	Santander	6	160	5
1979	23	Noviembre	Eje Cafetero	6.4	80	55
1979	12	Diciembre	Tumaco	7.8	40	500
1983	31	Marzo	Popayán	5.5	12	300
1992	18	Octubre	Antioquia-Choco	7.2	15	30
1994	6	Junio	Huila-Cauca	6.4	20	500-100
1995	19	Enero	Casanare	6.5	15	10
1999	25	Enero	Eje Cafetero	5.9	15	700

Fuente: Ramírez Jesús Emilio. Historia de los Terremotos en Colombia. ". Biblioteca de la Construcción. Editorial precia. 2001.

De la Figura 7 a la Figura 24 se muestran algunas imágenes que registran las condiciones en las que quedaron algunas poblaciones luego de cada terremoto.



Tomado del Archivo histórico de la Universidad Javeriana, Bogotá.

Figura 7. Huila 9 de Febrero de 1967.



Tomado de: EL Espectador, Bogotá. 1 de agosto, 1967. p 5ª

Figura 8. Santander 29 De Julio de 1967 - Daños en el palacio municipal.



Tomado de: El Colombiano, Medellín. 30 de julio, 1967. p 24.

Figura 9. Santander 29 De Julio de 1967 - Daños en Apartamentos y Edificaciones.



Tomada Ramírez, Jesús Emilio y José Gobernar, "Terremotos colombianos Noviembre 23 y Diciembre 12 de 1979". Bogotá. 1980.

Figura 10. Quindío, Risaralda y Caldas 23 DE NOVIEMBRE DE 1979 - casa destruidas en el sector de Milán (Manizales).



Tomada de: EL TIEMPO

Figura 11. Tumaco 12 de Diciembre de 1979.



Tomada de: Diario "El Tiempo", Bogotá, Diciembre 14 y 16 de 1979.

Figura 12. Tumaco 12 de Diciembre de 1979 – Puerto en Nariñense.



Tomada de: Diario "El Tiempo", Bogotá, Diciembre 14 y 16 de 1979.

Figura 13. Tumaco 12 de Diciembre de 1979 – Población el Charco.



Tomada de: Paredes Pardo, Jaime. Popayán, Litografía Arco. Bogotá, 1983.
Figura 14. Popayán 31 de Marzo 1983 – Principales Edificaciones.



Tomada de: D. Huaco, R. Saragoni, et. al., *El Terremoto de Popayán 31 de marzo de 1983*. CERESIS-UNESCO. Lima, 1984.

Figura 15. Popayán 31 de Marzo 1983 – Falla incipiente de Talud de suelo.



Tomado de "El Colombiano", Medellín. Octubre 18, Pág. 3C.

Figura 16. Antioquia y Choco 18 DE Octubre de 1992 – Grietas de Murindó.



Tomado de "El Colombiano", Medellín. Octubre 21, Pág. 1.

Figura 17. Antioquia y Choco 18 DE Octubre de 1992 – Camino a Belén de Bajira.



Tomada de: Diario "El País", Cali, junio de 1994.

Figura 18. Huila y Cauca 6 de Junio de 1994 –Destrucción de Viviendas Páez.



Tomada de: "Informe Tauramena", Ingeominas. Bogotá, Octubre de 1995.
Figura 19. Casanare 19 de Enero de 1995 – Vivienda con Daños graves.



Tomada de: "Informe Tauramena", Ingeominas. Bogotá, Octubre de 1995.
Figura 20. Casanare 19 de Enero de 1995 – Desprendimiento de Rocas vía Monterrey y Cansaré.



Tomada de: "Informe Tauramena", Ingeominas. Bogotá, Octubre de 1995.

Figura 21. Casanare 19 de Enero de 1995 – Colapso de Vivienda.



Tomada de: Informe Técnico Científico. Ingeominas, Bogotá, 1999.

Figura 22. Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Vista Aérea del Barrio Brasilia en Armenia.



Tomada de: Informe Técnico Científico. Ingeominas, Bogotá, 1999.

Figura 23. Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Vista Aérea de daños en la ciudad de Pereira.



Tomada de: Informe Técnico Científico. Ingeominas, Bogotá, 1999.

Figura 24. Eje Cafetero 25 de Enero de 1999 – Daños en la ciudad de Armenia.

Como consecuencia de las víctimas humanas que se presentan durante los sismos, éstas asociadas a problemas en la construcción de las Edificaciones con excepción de las víctimas producidas ya sea por avalanchas generadas por el evento sísmico entre otras, se evidencio la necesidad de disponer de normas de diseño sismo resistente.¹²

¹² Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 14). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

5.4. DESARROLLO DE LAS NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS.

Las normas sismo resistentes presentan requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de los normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida.¹³

5.4.1. Primera Norma Sismo Resistente.

A raíz de la ocurrencia del sismo de Popayán el Congreso de la República expidió la Ley 11 de 1983, por medio de la cual se determinaban las pautas bajo las cuales debía llevarse a cabo la reconstrucción de esta ciudad y las otras zonas afectadas por el sismo. Dentro de uno de los artículos de esta Ley se autorizaba al Gobierno Nacional para emitir una reglamentación de construcción anti sísmica y además lo facultaba para hacerla extensiva al resto del país. Con base en la discusión pública y en la aceptación dada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros del borrador elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, el Ministro de Obras Públicas y Transporte recomendó al Presidente de la República la expedición de un Decreto, autorizado por la facultades extraordinarias que le confería la Ley 11 de 1983, por medio del cual se adoptó para uso obligatorio en todo el territorio nacional la primera normativa sismo resistente nacional por medio del Decreto 1400 de Junio 7 de 1984, "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes".

Las deficiencias más notables se pueden resumir en:

- Daño grave y colapso concentrado especialmente en edificios de cinco pisos o menos. No sobra recordar que hasta finales de la década de 1970 existía la creencia errada generalizada dentro de los ingenieros nacionales que los edificios de baja altura no requerían diseño sismo resistente.
- Excesiva flexibilidad ante solicitaciones horizontales de las construcciones nacionales. El gran daño a los muros divisorios y fachadas que se presentó en los sismos mencionados se debió a que muchos de los edificios afectados no habían sido diseñados para fuerzas sísmicas, o cuando se había utilizado alguna norma sismo resistente extranjera, no se cumplieron los requisitos de deriva (deflexión horizontal relativa entre pisos consecutivos).

¹³ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 8). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

- Gran cantidad de fallas de columnas debidas a la falta de estribos de confinamiento y a que estos elementos no se habían diseñado para los esfuerzos cortantes que les impone el sismo. Nuevamente en este aspecto existía un prejuicio por parte de los ingenieros colombianos fundamentado en la creencia de que los estribos mínimos para columnas que requería el Código 318 del American Concrete Institute de ese entonces, sin su Capítulo 21, eran suficiente para proveer el confinamiento y la resistencia a esfuerzos cortantes.
- Daños graves y colapso de algunas edificaciones de mampostería reforzada. La ausencia de norma respecto al tratamiento de este sistema estructural y las deficientes prácticas constructivas representadas especialmente en hormigueros en las celdas de inyección y en la ausencia de refuerzo horizontal para resistencia a los esfuerzos cortantes.
- Gran cantidad de daño, especialmente en el sismo de Popayán, en edificaciones de mampostería no reforzada. Aunque este aspecto ha sido conocido a nivel mundial desde hace muchos años, hubo necesidad de una catástrofe como la de Popayán para recordar que no debe utilizarse mampostería no reforzada en zonas sísmicas. Desafortunadamente la práctica usual en los años 40 hasta los años 60 de colocar columnas de confinamiento en las estructuras de mampostería, fue abandonada a comienzos de la década de 1970.

Es importante anotar que edificaciones existentes hoy en día construidas antes de la primera normativa sismo resistente de 1984, pueden tener los mismos defectos anotados y de ahí la necesidad, en muchos casos, de rehabilitarlas sísmicamente.¹⁴

5.4.2. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

Las facultades extraordinarias que dio la Ley 11 de 1983 al Gobierno Nacional y que permitieron la expedición del Decreto-Ley 1400 de 1984, se extinguieron al año de ser concedidas por el Congreso de la República. Además la nueva constitución no contempla la figura de legislación a través de decretos de facultades extraordinarias. Estos dos hechos no permitían actualizar el Decreto 1400 de 1984 por medio de nuevos decretos, debiéndose ineludiblemente acudir al Congreso de la República para la aprobación de la nueva normativa.

Lo anterior dejaba dos alternativas: (a) aprobar por medio de una ley la nueva normativa, o (b) propugnar la expedición de una ley marco que permitiera actualizar la normativa por decreto en el futuro. Por razones de indiscutible

¹⁴ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 20-21). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

conveniencia se escogió la segunda alternativa, aunque ello implicó un trámite mucho más dispendioso, que tardó aproximadamente cuatro años. El resultado fue la expedición el 19 de Agosto de 1997 de la Ley 400 de 1997, y del nuevo Reglamento Sismo Resistente, por medio del Decreto 33 del 9 de Enero de 1998, dando así origen a la Norma NSR-98, la cual puede ser modificada por medio de nuevos decretos reglamentarios, expedidos cuando se considere oportuno.¹⁵

5.4.3. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Dado que la normativa sismo resistente corresponde a un documento tecnológico, ésta debe actualizarse con alguna periodicidad; para plasmar los avances en las técnicas de diseño y construcción, y las experiencias que se haya tenido con sismos recientes. Para dar una idea al respecto, el International Building Code el cual rige en muchos estados de los Estados Unidos, incluyendo el Estado de California, es actualizado cada tres años. A mediados de la década de 1990 el país se vio sometido a una serie de movimientos sísmicos que además de producir, lamentablemente, víctimas humanas y daños en edificaciones, revivió la necesidad de revisar toda la problemática de la construcción sismo resistente y de las obligaciones y responsabilidades que al respecto tienen el Estado, los profesionales de la ingeniería, la arquitectura y la construcción; sin dejar de lado a las instituciones financieras y a las compañías de seguros.¹⁶

El Decreto 926 del 19 de Marzo del 2010 corresponde a la actualización de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 dando así origen al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NSR-10, el cual contiene cambios de fondo con respecto a las normas anteriores. Entre las modificaciones y actualizaciones mas destacadas se encuentra:

La modificación de los efectos locales y se definen ahora por medio de coeficientes F_a y F_v que afectan la zona de períodos cortos (0,1 s) y períodos medios del espectro (1 s) respectivamente.

Se cambiaron los coeficientes de importancia “I” en cuanto a sus valores y su grupo de uso.

Se cambio la definición del espectro de diseño y se ajusto para considerar el parámetro A_v .

¹⁵ Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 20-21). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.

¹⁶ Sismica, A. C. (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (pág. 1-2). Bogota: Proyectos y Ediciones Ltda.

Ahora además del espectro de aceleraciones, se tienen espectros de velocidades y de desplazamientos, se actualizó y modernizó las familias de acelerogramas para que sea compatible con la definición de amenaza sísmica y se actualizaron y ajustaron los requisitos de Estudios de Microzonificación Sísmica.

También se actualizaron las tablas donde se regulan los sistemas estructurales permitidos, las alturas según las zonas de amenaza sísmica.

Se actualizaron los valores de las zonas de amenazas sísmicas de los municipios colombianos según los resultados de la nueva evaluación de amenaza sísmica del país.

5.5. EFECTOS DE LOS SISMOS EN LOS EDIFICIOS.

La acción de los sismos sobre las estructuras, edificaciones y obras en general es de gran importancia, por la magnitud de los daños y fallos que ocasionan, las grandes pérdidas económicas, y sobre todo, por el gran número de víctimas humanas, tanto en muertos como en lesionados. Las cargas que el sismo provoca sobre las estructuras dependen de muchos factores, entre otros: las características dinámicas del evento, la zona geográfica, las propiedades del suelo y la estructura, la interacción suelo-estructura, el propio movimiento sísmico, la capacidad de liberar energía de la estructura, etc.

La carga de sismo, en zonas de actividad sísmica, es una de las más importantes a tener en cuenta en el diseño. La acción de un sismo sobre una estructura tiene aspectos netamente distintos que los de la mayoría de las otras acciones. La diferencia no reside tanto en las características dinámicas de la acción, si no en la relación entre el movimiento sísmico, las propiedades del suelo subyacente y las estructuras. El diseño sismo resistente implica mucho más que la simple consideración, como se hace con otras cargas, de un conjunto de cargas estáticas que se aplican al modelo de la estructura; requiere, además y principalmente, la selección de un sistema estructural idóneo y eficiente para absorber los efectos sísmicos y de un cuidado especial en la observancia de requisitos de diseño de los elementos estructurales y no estructurales, para ello es indispensable entender el comportamiento que tiene una Edificación frente a la acción sísmica y la caracterización misma que tiene un eventual sismo.¹⁷

5.5.1. Características de la acción Sísmica.

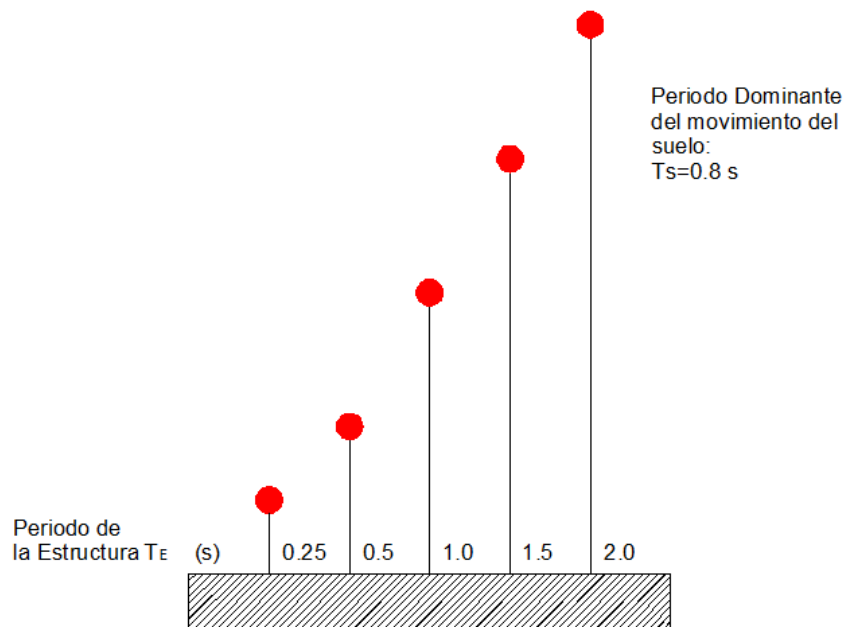
Cuando ocurre un sismo el movimiento generado por el suelo se transmite directamente a las edificaciones que se encuentran aledañas al epicentro, de inmediato y como consecuencia de la reacción al sismo la base del edificio tiende

¹⁷ LLamas, C. P. (2004). Diseño Sismo Resistente de Edificios. En C. P. LLamas, *Diseño Sismo Resistente de Edificios* (pág. 2). Bucaramanga: Sic Editorial.

a seguir el movimiento del suelo mientras que el resto de la edificación por inercia se opone a dicho desplazamiento, durante el movimiento del suelo se presentan vibraciones al mismo tiempo que la estructura genera vibraciones en forma distinta al suelo; las fuerzas que se inducen en la estructura no son solo función de la energía liberada por el sismo si no también son generadas por las propiedades de la estructura, los movimientos del suelo son amplificados por la vibración de la estructura por tanto la aceleración de la estructura es mayor a la del suelo.¹⁸

5.5.2. Respuesta de los Edificios a la acción sísmica.

De acuerdo al tipo de movimiento generado por un sismo y a la amplitud de la respuesta de la relación entre el periodo de la estructura y el periodo predominante del suelo dependerá también el comportamiento de la estructura; debido a que si el sismo genera un movimiento moderado la estructura se mantendrá normalmente en el comportamiento elástico lineal, caso contrario si se presenta un movimiento brusco y la magnitud del sismo aumenta esto producirá cambios en las propiedades dinámicas por lo que el comportamiento elástico de la estructura será no lineal. En la Figura 25 se observa la relación entre el periodo de la Estructura y el comportamiento ante un sismo.



Fuente: Retamoso, Claudia. Diseño Sismo Resistente de Edificaciones.

Figura 25. Relación entre el periodo de la Estructura y el comportamiento ante un sismo.

En la Figura 25 anterior se puede deducir:

¹⁸ LLamas, C. P. (2004). Diseño Sismo Resistente de Edificios. En C. P. LLamas, *Diseño Sismo Resistente de Edificios* (pág. 1). Bucaramanga: Sic Editorial.

A mayor altura mayor es la respuesta del edificio en cuanto a desplazamientos.¹⁹ Las estructuras pequeñas y rígidas sufren con movimientos bruscos cuando el periodo es corto.²⁰

Las estructuras altas y flexibles sufren con sismos de amplitud larga y movimiento lento.

5.5.3. Criterios de Diseño Sísmico.

El diseño sismo resistente de una estructura difiere del que se realiza para el efecto de otras acciones, esto como consecuencia de la complejidad de la respuesta de una edificación ante un sismo y lo poco predecible que es este fenómeno.

Además de resistir las cargas de diseño que se le imponen de acuerdo a su uso, las Normas sismo resistentes establecen requisitos mínimos que se deben cumplir, algunos de ellos son:

Estados Límite de Servicio se refiere básicamente a controlar las limitaciones de sus deformaciones verticales y horizontales con el fin de resistir temblores de poca intensidad.

Estado Límite de integridad estructural es la probabilidad de resistir temblores moderados sin daño estructural.

Estado Límite de Supervivencia hace referencia a temblores con daños estructurales pero sin colapso.

5.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y la Norma Colombiana de Diseño y construcción Sismo Resistente NSR-98, determinan en el capítulo A.3.1-1 y A.3.4 respectivamente un procedimiento de diseño, el cual establece una serie de pasos con el fin de diseñar edificaciones sismo resistentes. En la Tabla 4 se hace una breve descripción del procedimiento de Diseño para ambas reglamentaciones.

¹⁹ LLamas, C. P. (2004). Diseño Sismo Resistente de Edificios. En C. P. LLamas, *Diseño Sismo Resistente de Edificios* (pág. 3). Bucaramanga: Sic Editorial.

²⁰ LLamas, C. P. (2004). Diseño Sismo Resistente de Edificios. En C. P. LLamas, *Diseño Sismo Resistente de Edificios* (pág. 2). Bucaramanga: Sic Editorial.

Tabla 4. Comparación de Procedimientos entre NSR-10 y NAR-98.

NSR-10	NSR-98
<p>Paso 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del sistema Estructural. - Dimensiones tentativas para evaluar Cargas (Muerta, Vivas y Sísmicas). 	<p>Paso 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del sistema Estructural. - Dimensiones tentativas para evaluar Cargas (Muerta, Vivas y Sísmicas).
<p>Paso 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de las solicitantes contempladas en el Título B (Efecto gravitacional de la masa de los elementos). - Determinación del peso de la Edificación. 	<p>Paso 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de las solicitantes contempladas en el Título B (Efecto gravitacional de la masa de los elementos). - Determinación del peso de la Edificación.
<p>Paso 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Localización de la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica, dados en el capítulo A.2. - Obtención de coeficiente A_a y A_v a partir de la ubicación de la zona sísmica. 	<p>Paso 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Localización de la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica, dados en el capítulo A.2. - Obtención de coeficiente A_a a partir de la ubicación de la zona sísmica.
<p>Paso 4.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación del coeficiente de sitio (S), a través de los coeficientes F_a y F_v. - Determinación del coeficiente de importancia (I) de la edificación - Definición de los movimientos sísmicos a través de acelerogramas o estudios de microzonificación. 	<p>Paso 4.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación del coeficiente de sitio (S). - Determinación del coeficiente de importancia (I) de la edificación - Definición de los movimientos sísmicos a través de acelerogramas o estudios de microzonificación.
<p>Paso 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de las limitaciones y requisitos del sistema estructural de acuerdo a la zona de amenaza sísmica contemplado en el título A.3. - Identificación de la capacidad de disipación de energía. 	<p>Paso 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de las limitaciones y requisitos del sistema estructural de acuerdo a la zona de amenaza sísmica contemplado en el título A.3. - Identificación de la capacidad de disipación de energía.
<p>Paso 6.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del sistema de análisis. - Determinación del grado de irregularidad. 	<p>Paso 6.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del sistema de análisis. - Determinación del grado de irregularidad.
<p>Paso 7.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtención de las Fuerzas Sísmicas F_s. 	<p>Paso 7.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtención de las Fuerzas Sísmicas F_s.

Continuación de la Tabla 4 – Comparación de Procedimientos entre NSR-10 y NSR-98.

NSR-10	NSR-98
Paso 8. - Determinación de los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos.	Paso 8. - Determinación de los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos.
Paso 9. - Determinación de la Deriva utilizando los procedimientos dados en el capítulo A.6.	Paso 9. - Determinación de la Deriva utilizando los procedimientos dados en el capítulo A.6.
Paso 10 - Verificación y corrección de que las derivas no excedan los límites dados en el capítulo A.6.	Paso 10 - Verificación y corrección de que las derivas no excedan los límites dados en el capítulo A.6.
Paso 11. - Combinación de las diferentes solicitantes que intervienen en los elementos estructurales (Aplicación de las combinaciones de carga contempladas en el título B.2).	Paso 11. - Combinación de las diferentes solicitantes que intervienen en los elementos estructurales (Aplicación de las combinaciones de carga contempladas en el título B.2).
Paso 12. - Diseño de los Elementos Estructurales de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y el material utilizado.	Paso 12. - Diseño de los Elementos Estructurales de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y el material utilizado.
Paso 13. - Diseño de la Cimentación siguiendo los requisitos contemplados en el capítulo H.	Paso 13. - Diseño de la Cimentación siguiendo los requisitos contemplados en el capítulo H.

5.7. METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.

El método de la fuerza horizontal equivalente es un método de análisis reconocido por la NSR-10, que analiza las fuerzas sísmicas en cada nivel utilizando un modelo matemático lineal elástico de la estructura, para el uso de este método es indispensable tener el cálculo total de la masa de la estructural, así como también los centros de rigidez (X_{CR} , Y_{CR}) y el cortante sísmico en la base (V_s). Como resultado del análisis se obtienen los desplazamientos horizontales de la estructura, la distribución del cortante, las fuerzas internas que actúan en cada elemento y los efectos de la fuerza sísmica que actúa sobre la cimentación.²¹

²¹ Sismica, A. C. (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente* (pág. 65 66). Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

El método de la fuerza horizontal equivalente, se puede utilizar cuando:

- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, ubicadas en las zonas de amenaza sísmica baja.
- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, situadas en zona de amenaza sísmica intermedia del grupo I de importancia.
- Todas las edificaciones regulares cimentadas en cualquier zona de amenaza sísmica con la condición de menos de 20 niveles o 60 metros de altura, excepto edificaciones que tengan perfil de suelo S4.
- Todas las edificaciones irregulares ubicadas en cualquier zona de amenaza sísmica que no tengan mas de 6 niveles o 18 metros de altura.

6. INTRODUCCION DE DATOS.

Para el presente estudio se propusieron cuatro plantas Arquitectónicas regulares Tipo, cada una fue diseñada bajo los lineamientos de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 y el Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, cada planta fue diseñada a diferentes niveles (5,10 y 15 pisos) y con una altura entre piso de 3,06 metros, para un total de 24 edificaciones regulares, también se escogió un solo tipo de suelo y todos los parámetros de diseño iniciales son exactamente iguales en todas las plantas.

6.1. SELECCIÓN Y DETERMINACION DE LAS PLANTAS ESTRUCTURALES.

Inicialmente se propusieron cuatro plantas arquitectónicas Regulares tipo, las cuales fueron predimensionadas y modificadas a medida que los lineamientos de ambas normas lo exigían (NSR-98 y NSR10).

6.1.1. Plantas Iniciales.

A continuación se muestran las cuatro plantas iniciales.

6.1.1.1 Definición de parámetros iniciales planta 1.

La Figura 26 muestra las dimensiones preliminares de la planta 1.

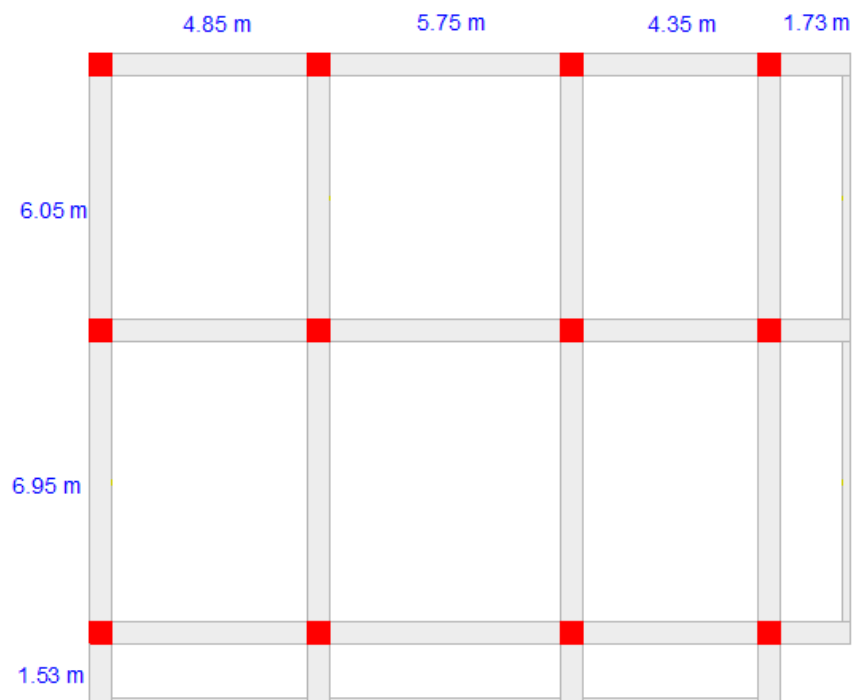


Figura 26. Planta 1 – Dimensiones Preliminares.

6.1.1.2 Definición de parámetros iniciales planta 2.

La Figura 27 muestra las dimensiones preliminares de la planta 2.

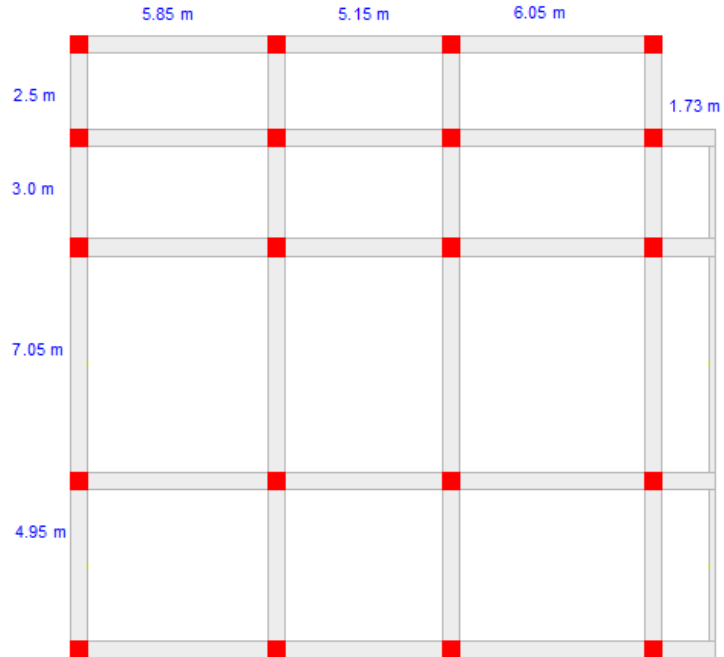


Figura 27. Planta 2 – Dimensiones Preliminares.

6.1.1.3 Definición de parámetros iniciales planta 3.

La Figura 28 muestra las dimensiones preliminares de la planta 3.

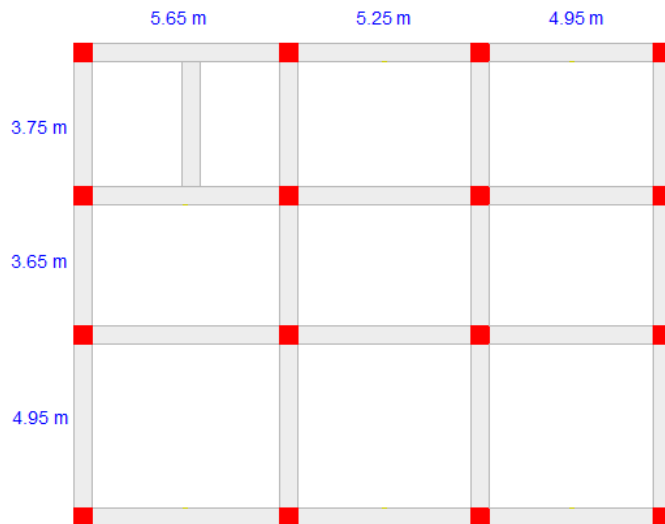


Figura 28. Planta 3 – Dimensiones Preliminares.

6.1.1.4 Definición de parámetros iniciales planta 4.

La Figura 29 muestra las dimensiones preliminares de la planta 4.

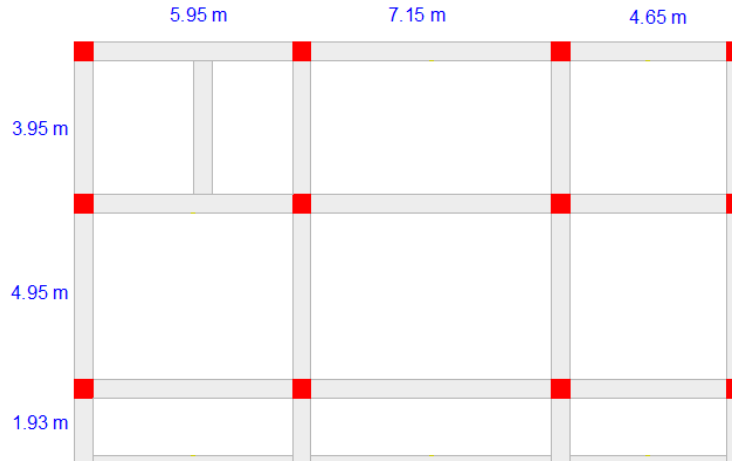


Figura 29. Planta 4 – Dimensiones Preliminares.

A partir de las dimensiones propuestas en las plantas iniciales, se calcularon los espesores mínimos, para losas no pre-esforzadas que trabajan en una sola dirección, esto con el fin de evitar el cálculo de las deflexiones de vigas y losas.

Es importante recordar que se toma siempre la máxima dimensión para un solo apoyo, entre apoyos y voladizos; la sección máxima permitida es 0.55 m por 0.55 m.

En la Tabla 5 se puede observar los parámetros utilizados para el cálculo de los espesores mínimos;

Tabla 5. Cálculo de espesores Mínimos.

ELEMENTO	Espesor mínimo, h		
	Un apoyo Continuo	Ambos apoyos Continuos	Voladizos
Vigas, o losas con nervios, armadas en una dirección.	L/12	L/14	L/5

Fuente: Tabla C.9-1(a) – Espesores mínimos NSR-98

Fuente: Tabla C.9.5(a) – Espesores mínimos NSR-10

A continuación se muestra en la Tabla 6, los resultados del cálculo de los espesores mínimos.

Tabla 6. Resultados del cálculo de los espesores mínimos.

PLANTAS	UN APOYO CONTINUO (m)	AMBOS APOYOS CONTINUOS (m)	VOLADIZOS (m)	NORMA
Planta 1	0.55	0.54	0.40	NSR-98
Planta 2	0.55	0.54	0.40	
Planta 3	0.55	0.41	0.00	
Planta 4	0.54	0.55	0.40	
Planta 1	0.55	0.54	0.40	NSR-10
Planta 2	0.55	0.54	0.40	
Planta 3	0.55	0.41	0.00	
Planta 4	0.54	0.55	0.40	

Como se puede ver en la tabla anterior el espesor mínimo de la placa y vigas es 0.55 m, para que el diseño de las columnas no difiera en las dimensiones de ancho de las vigas se debe considerar esta dimensión como el espesor mínimo también para columnas.

6.1.2. Plantas Pre-dimensionadas.

Una vez calculados los espesores mínimos se pre-dimensionaron las plantas con el fin de iniciar el diseño de cada edificación (para ambos reglamentos son iguales) y se calculó el espacio de los casetones y las viguetas, están tienen el mismo espesor para todas las plantas (0.1 m).

A continuación se muestran todas las plantas con su respectiva distribución de casetones y viguetas.

6.1.2.1 Distribución de casetones y Viguetas Planta 1.

En la Figura 30 se muestra la distribución de cada uno de los elementos y sus respectivas dimensiones.

Las dimensiones de la planta estructural 1 están en cm, y en la misma figura se observan las especificaciones de los colores utilizados en las diferentes partes de la definición de la planta estructural.

Después de revisar las especificaciones del título C, respecto a la distribución de casetones y dimensiones mínimas de las viguetas, se llegó a la conclusión que la sección mínima con la cual se empieza a realizar el diseño, según lo que se muestra en la Tabla 6, todos los espesores encontrados dan 0.55 m, por lo cual se decide en el trabajo de grado trabajar dimensiones mínimas de 0.55 m x 0.55 m para vigas y columnas, de tal manera que no existan descolgados en la planta estructural.

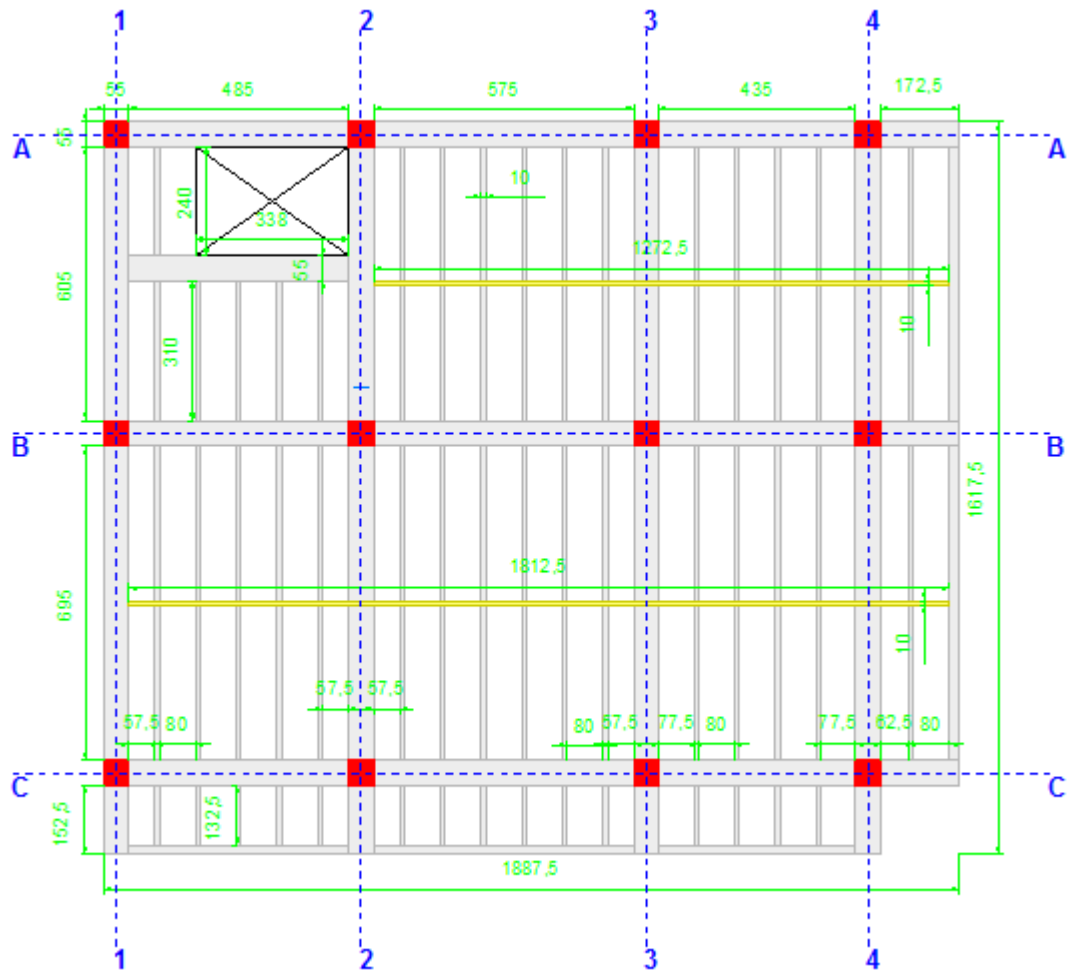


Figura 30. Distribución de casetones y Viguetas Planta 1.

- COLUMNA
- VIGAS / VIGUETAS
- RIOSTRA
- ESCALERA

6.1.2.2 Distribución de casetones y Viguetas Planta 2.

En la Figura 31 se muestra la distribución de cada uno de los elementos y sus respectivas dimensiones.

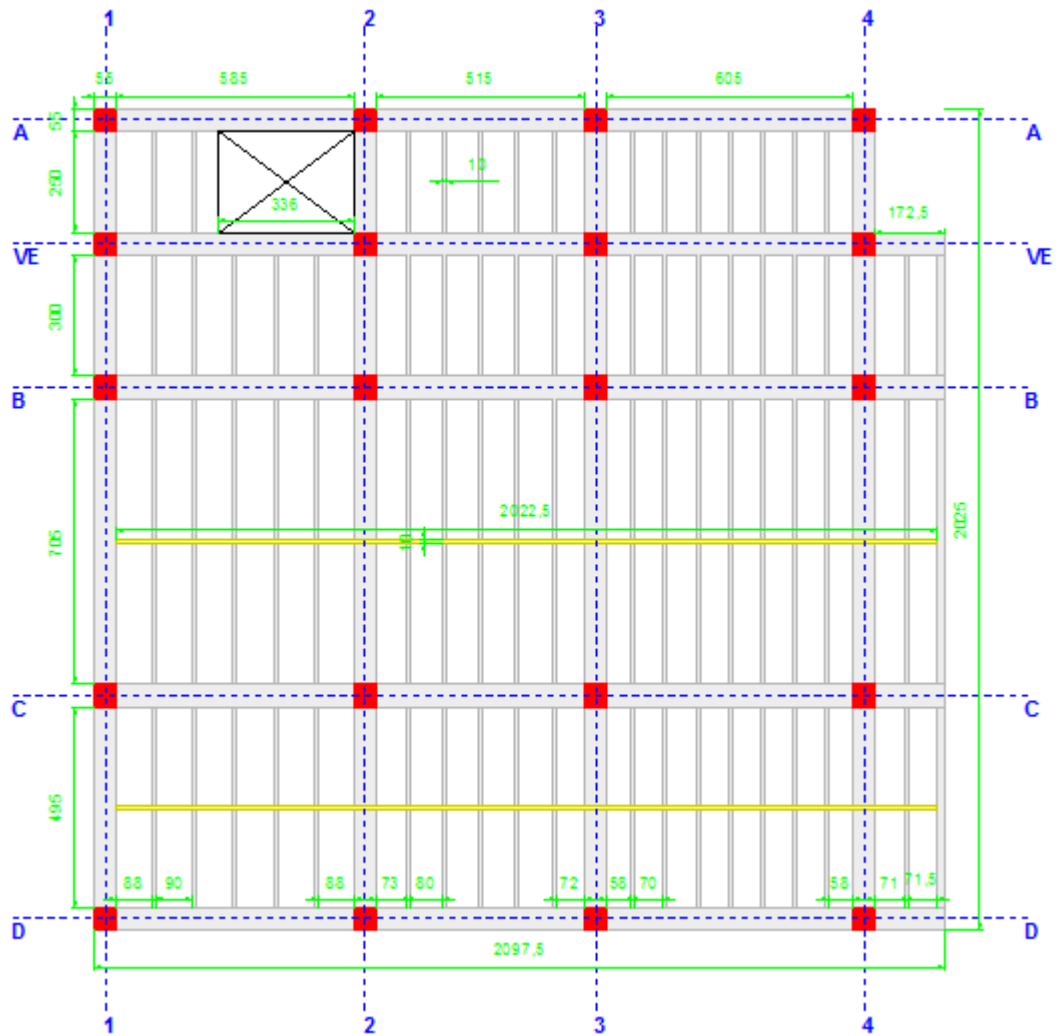


Figura 31. Distribución de casetones y Viguetas Planta 2.

- COLUMNA
- VIGAS / VIGUETAS
- RIOSTRA
- ESCALERA

Las dimensiones de los vanos, los espacios y los casetones están en centímetros (cm).

6.1.2.3 Distribución de casetones y Viguetas Planta 3.

En la Figura 32 se muestra la distribución de cada uno de los elementos y sus respectivas dimensiones.

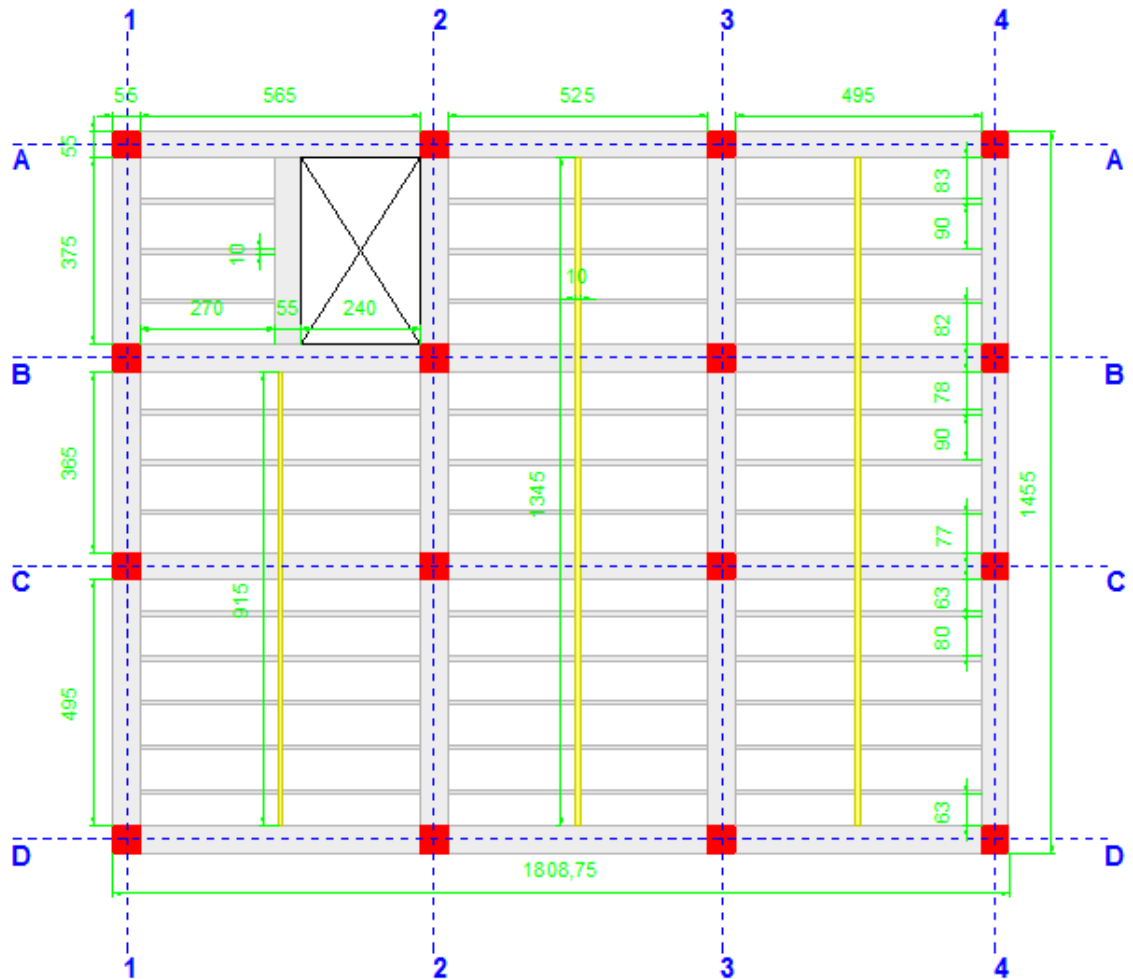


Figura 32. Distribución de casetones y Viguetas Planta 3.

- COLUMNA
- VIGAS / VIGUETAS
- RIOSTRA
- X

 - ESCALERA

Las dimensiones están en cm.

6.1.2.4 Distribución de casetones y Viguetas Planta 4.

En la Figura 33 se muestra la distribución de cada uno de los elementos y sus respectivas dimensiones.

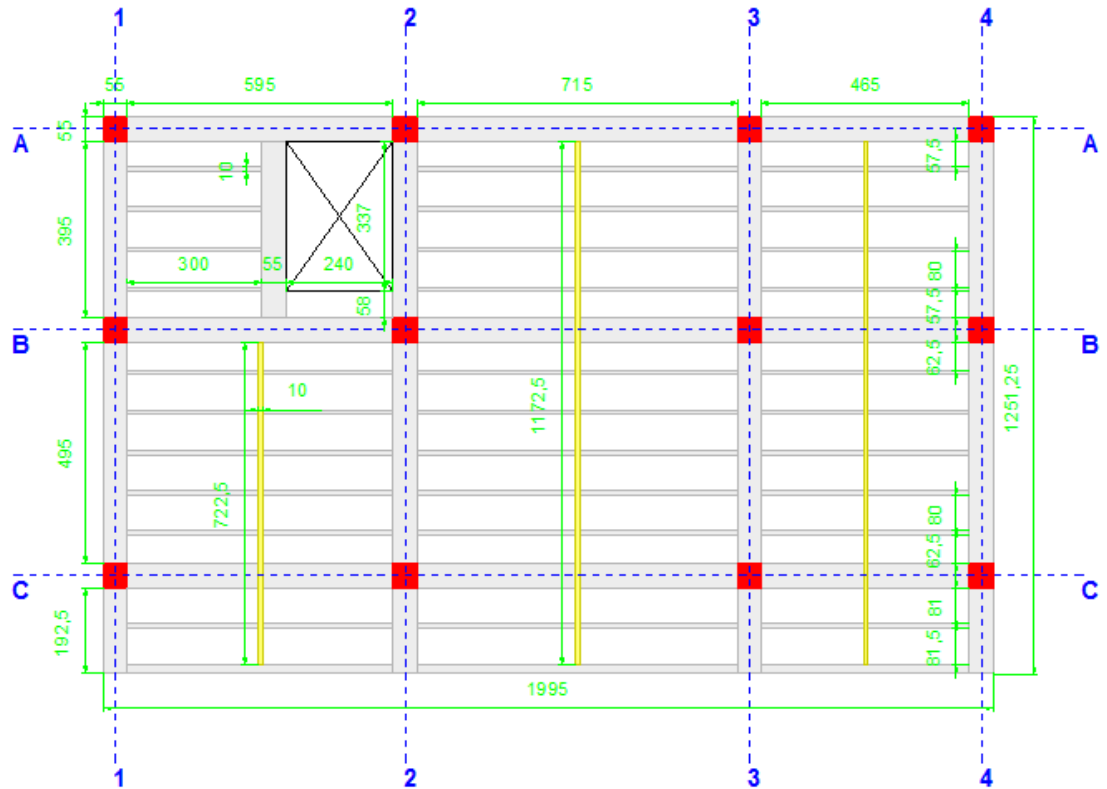


Figura 33. Distribución de casetones y Viguetas Planta 4.

Todas las Unidades están en cm.

Nomenclatura.

- COLUMNA
- VIGAS / VIGUETAS
- RIOSTRA
- ESCALERA

Las dimensiones están en cm.

6.2. INVESTIGACION Y DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS INICIALES.

Definidas las plantas tipo, se determinaron parámetros de diseño iguales para cada una de las plantas, con el fin de que la única variación de diseño entre estas fueran los coeficientes establecidos por cada reglamentación. Por tanto se determino que las edificaciones son viviendas de ocupación normal y se ubican en el departamento de Santander más exactamente en la villa de San francisco Floridablanca. De acuerdo a la ubicación establecida y apoyados en la Zonificación Sismo geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga realizada en el año 2001, se pudo determinar que con base en la NSR-98 se trata de un suelo de consistencia media y con roca a profundidades menores a 60 metros, mientras que la NSR-10 define el tipo de suelo como rígido compuesto por depósitos de arena y grava, finalmente se definió la velocidad de onda cortante.

A continuación se muestra en la Tabla 7 de manera general y detallada los coeficientes iniciales para cada Reglamento, utilizados para el diseño de las edificaciones.

Tabla 7. Parámetros Iniciales de Diseño.

PARÁMETROS INICIALES	NSR-98	NSR-10	
Zona de Amenaza Sísmica	Alta	Alta	
Perfil del Suelo	S2	D	
Coeficiente de Aceleración Pico efectiva (Aa)	0.25	0.25	
Coeficiente de Sitio (S)	1.2	Fa 1.3	Fv 1.9
Coeficiente de Importancia (I)	1.0	No Aplica	
Velocidad de Onda cortante (vs)	310 m/s	310 m/s	
Resistencia a la Compresión (f'c)	28 MPa	28 MPa	
Módulo de Elasticidad (E)	20636860 Kpa	24870062 Kpa	

El presente trabajo comprende el diseño de 24 edificaciones, sin embargo a partir del siguiente numeral de este capítulo solo se analiza y se muestra el procedimiento de dos edificaciones (Planta 1 por 5 pisos), una diseñada por la NSR-98 y la otra por NSR-10, el resto de edificaciones se puede observar en los anexos.

6.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA.

Establecidos los parámetros de diseño, se calcula el volumen de concreto y utilizando las especificaciones dadas por el título B de ambas reglamentaciones, se definen las cargas aplicadas en la estructura, luego se procede a realizar el cálculo de las cargas en las viguetas.

6.3.1. Volumen de Concreto.

Para determinar el volumen del concreto de la placa aligerada, se calcula primero la longitud de cada uno de sus elementos (Vigas, vigas de Borde, Riostras, Viguetas y Placa), luego se multiplica por el espesor correspondiente a su sección transversal y a esta sumatoria se le resta el volumen del hueco de la escalera, como las longitudes de la planta 1 son iguales para ambos reglamentos, el volumen es el mismo. En la Figura 34 se puede observar la sección transversal de la placa.

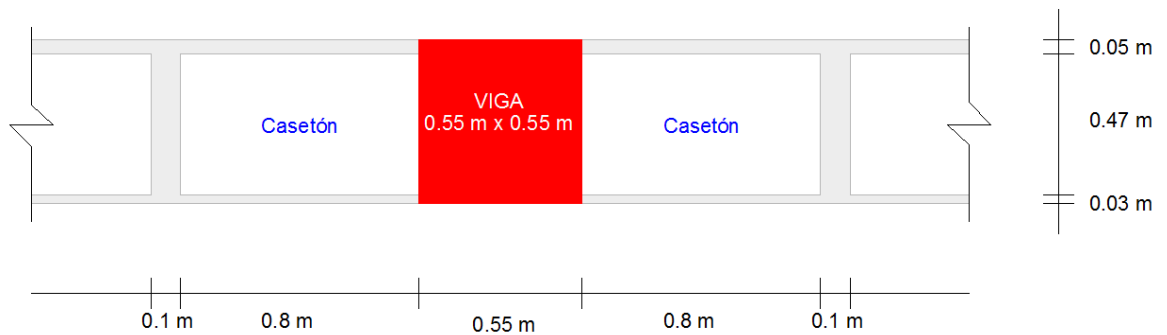


Figura 34. Sección Transversal de la Placa 1 - Planta 1

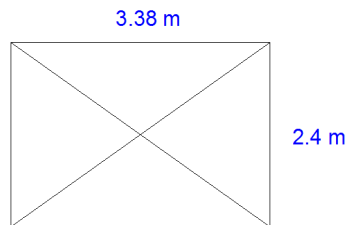


Figura 35. Escalera Planta 1.

En la Tabla 8 se puede observar el cálculo del Volumen de la Placa Aligerada.

Tabla 8. Cálculo de la Placa Aligerada.

Dimensión	Vigas X	Vigas Y	Vigas Borde	Riostras	Viguetas	Placas	Escaleras
Longitud (m)	54,875	64,7	27,95	28,1	224,675		
Base (m)	0,55	0,55	0,2	0,1	0,1	0,08	0,55
Volumen (m ³)	16,60	19,57	3,07	1,55	10,56	19,17	1,10
Volumen Total de La Placa Aligerada					69,42		m ³

Ahora se calcula el área de la placa, con el fin de facilitar el cálculo se divide la placa en varias áreas como lo muestra la Figura 36.

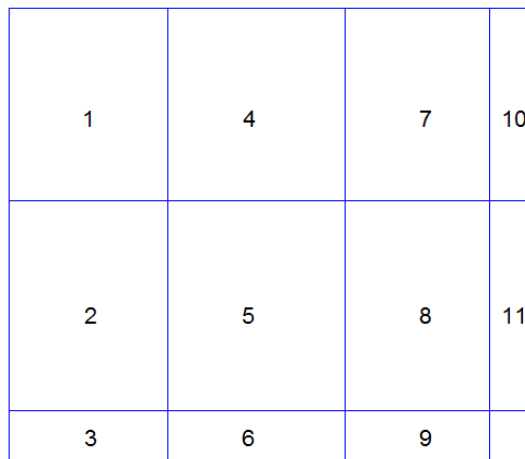


Figura 36. Planta 1 –Área en secciones de la Placa.

En la Tabla 9 se puede observar el Cálculo del área de la Estructura.

Tabla 9. Cálculo del Área de la Estructura.

Áreas	L1 (m)	L2 (m)	Área (m ²)	Área total(m ²)
1	4,85	6,05	29,3425	35,64
2	4,85	6,95	33,7075	40,5
3	4,85	1,525	7,39625	9,72
4	5,75	6,05	34,7875	41,58
5	5,75	6,95	39,9625	47,25
6	5,75	1,525	8,76875	11,34
7	4,35	6,05	26,3175	32,34
8	4,35	6,95	30,2325	36,75
9	4,35	1,525	6,63375	8,82
10	1,725	6,05	10,43625	13,2
11	1,725	6,95	11,98875	15
Área Total de la Placa			239,57375	292,14

6.3.2. Cargas Aplicadas en la Estructura.

Finalizado el cálculo del volumen total de la placa Aligerada se procede a determinar las cargas mínimas (carga viva y carga muerta) que debe soportar una estructura sismo resistente, dichas cargas están prescritas en el título B de ambas reglamentaciones. El peso del concreto se calcula mediante el uso de la siguiente ecuación.

$$W_{\text{Concreto}} = \frac{2.4 \frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{Vol}_{\text{Placa}}}{\text{Área}_{\text{Placas}}}$$

Numeral B.3.2 – Masa de los materiales NSR-98

Numeral B.3.2 – Masa de los materiales NSR-10

6.3.2.1 Cargas Muertas.

A continuación se observa en la Tabla 10, las cargas muertas prescritas por Cada Reglamento.

Tabla 10. Cargas Muertas Aplicadas en la Edificación.

Tipo de Carga	Carga	Unidades	Norma	
			NSR-98	NSR-10
<i>W concreto</i>	5,59	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>W piso</i>	1,00	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>W casetón</i>	0,15	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>W ventanas</i>	0,45	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>Mampostería</i>	3,00	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>W Total Muerta</i>	10,19	<i>kN/m²</i>	X	X
<i>W Total Escalera</i>	5,47	<i>kN/m²</i>	X	X

6.3.2.2 Cargas Vivas.

A continuación se observa en la Tabla 11, las cargas Vivas prescritas por Cada Reglamento.

Tabla 11. Cargas Vivas Aplicadas en la Edificación.

Tipo de Carga	Carga	Unidades	Norma	
			NSR-98	NSR-10
<i>W Vivienda</i>	1,80	<i>kN/m2</i>	X	X
<i>W Escalera</i>	3,00	<i>kN/m2</i>	X	X
<i>W Voladizo</i>	5,00	<i>kN/m2</i>	No aplica	X

6.3.3. Cargas en las Viguetas y Reacciones.

Se determina la longitud aferente como se muestre en la Figura 34 y se multiplica por las cargas vivas y muertas descritas anteriormente, de esta forma se obtienen las cargadas distribuidas sobre las viguetas, con los cuales se determinan las reacciones y los pesos sobre cada uno de los apoyos en los que descansa la vigueta. En la Tabla 12 se puede observar los coeficientes calculados.

Tabla 12. Distribución de Cargas.

Tipo de Carga	Carga	Unidades	Norma	
			NSR-98	NSR-10
<i>Longitud Aferente (Laf)</i>	0,90	<i>m</i>	X	X
<i>W muerta</i>	9,17	<i>kN/m2</i>	X	X
<i>W Viva</i>	1,62	<i>kN/m2</i>	X	X
<i>Wv voladizo</i>	4,50	<i>kN/m2</i>	No aplica	X
<i>Wm escalera</i>	9,25	<i>kN/m2</i>	X	X
<i>Wv escalera</i>	5,07	<i>kN/m2</i>	X	X

En la Figura 30 se puede observar que la planta 1 tiene cuatro tipos de viguetas, las cuales se analizan de manera independiente para cada reglamento debido a que *Wv voladizo* solo se aplica en los voladizos de la NSR-10.

6.3.3.1 Análisis de Cargas en Viguetas por la Norma NSR-98.

Vigueta Tipo 1.

La vigueta se apoya en cuatro vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 37.

Donde *W* puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

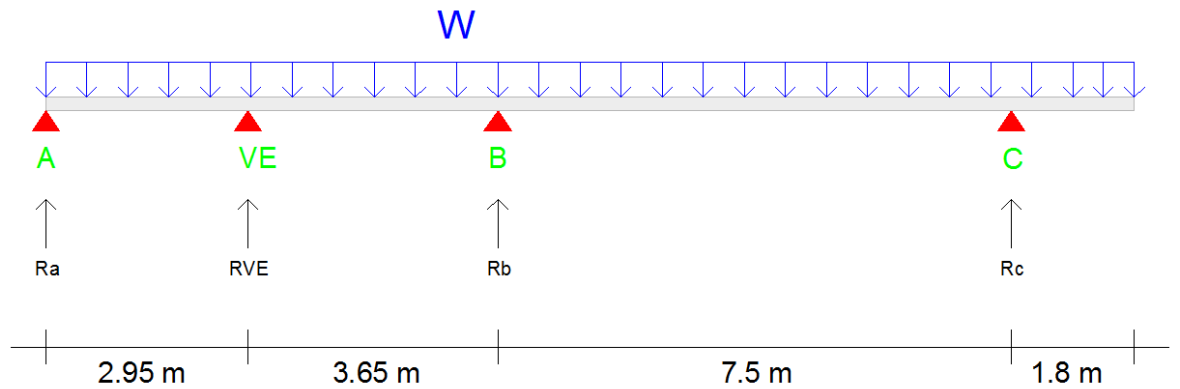


Figura 37. Vigueta Tipo 1 NSR-98.

En las Tabla 13 y Tabla 14 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 1.

Tabla 13. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 1 NSR-98.

RAm =	13,21	kN	Wam =	14,677	kN/m
RVEm =	19,02	kN	WVEm =	21,129	kN/m
RBm =	66,52	kN	WBm =	73,910	kN/m
RCm =	47,14	kN	WCm =	52,375	kN/m

Tabla 14. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 1 NSR-98.

RAv =	2,33	kN	WAv =	2,592	kN/m
RVEv =	3,36	kN	WVEv =	3,731	kN/m
RBv =	11,75	kN	WBv =	13,050	kN/m
RCv =	8,32	kN	WCv =	9,248	kN/m

Vigueta Tipo 2.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 38.

Donde W puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

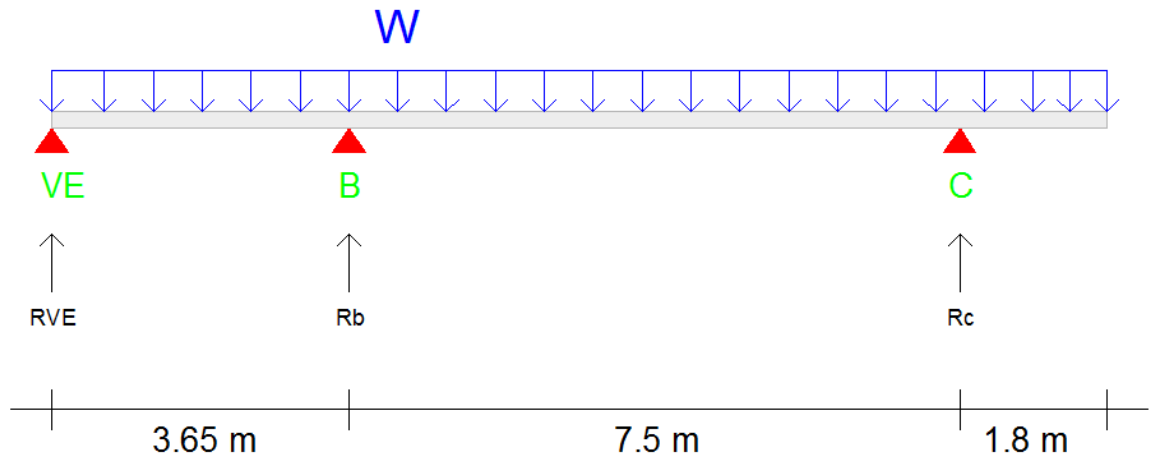


Figura 38. Vigueta Tipo 2 NSR-98.

En las Tabla 15 y Tabla 16 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 2.

Tabla 15. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 2 NSR-98.

RVE _m =	4,85	kN	WVE _m =	5,394	kN/m
RB _m =	66,84	kN	WB _m =	74,271	kN/m
RC _m =	47,12	kN	WC _m =	52,352	kN/m

Tabla 16. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 2 NSR-98.

RVE _v =	0,86	kN	WVE _v =	0,952	kN/m
RB _v =	11,80	kN	WB _v =	13,114	kN/m
RC _v =	8,32	kN	WC _v =	9,244	kN/m

Vigueta Tipo 3.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 39.

Donde W puede ser:

W_m – Carga muerta

W_v – Carga Viva

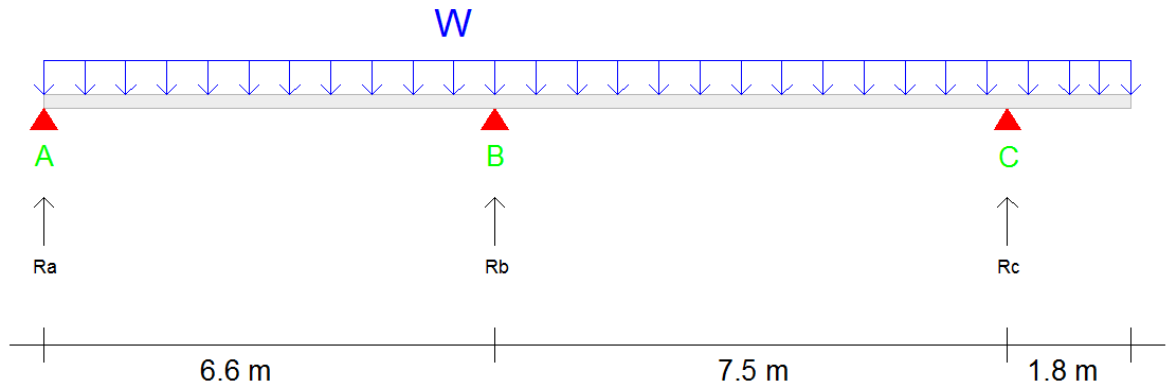


Figura 39. Vigueta Tipo 3 NSR-98.

En las Tabla 17 y Tabla 18 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 3.

Tabla 17. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 3 NSR-98.

RAm =	22,13	kN	WAm =	24,593	kN/m
RBm =	78,01	kN	WBm =	86,679	kN/m
RCm =	45,74	kN	WCm =	50,819	kN/m

Tabla 18. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 3 NSR-98.

RAv =	3,91	kN	WAv =	4,342	kN/m
RBv =	13,77	kN	WBv =	15,305	kN/m
RCv =	8,08	kN	WCv =	8,973	kN/m

Vigueta Tipo 4.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 40.

Donde W puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

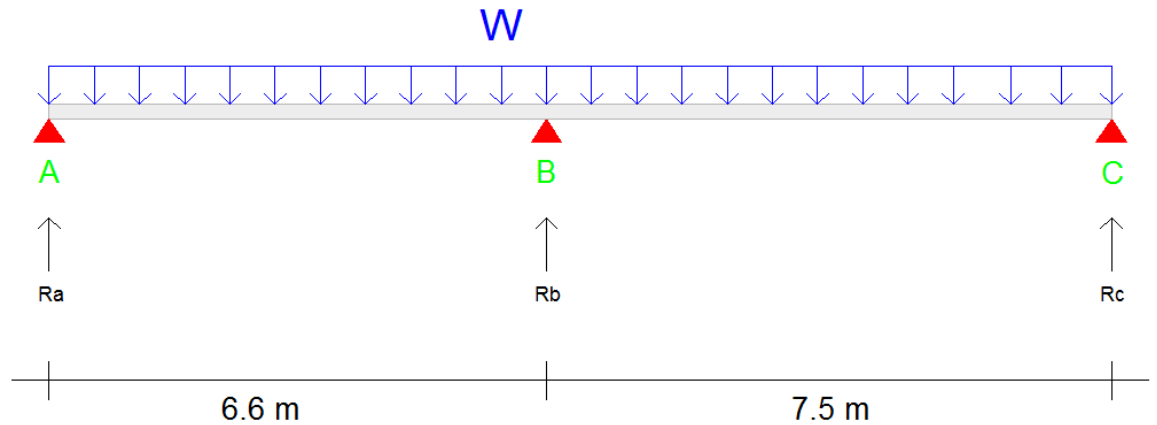


Figura 40. Vigueta Tipo 4 NSR-98.

En las Tabla 19 y Tabla 20 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 2.

Tabla 19. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 4 NSR-98.

RAm =	21,54	kN	WAm =	23,928	kN/m
RBm =	81,12	kN	WBm =	90,132	kN/m
RCm =	26,71	kN	WCm =	29,681	kN/m

Tabla 20. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 4 NSR-98.

RAv =	3,80	kN	WAv =	4,225	kN/m
RBv =	14,32	kN	WBv =	15,914	kN/m
RCv =	4,72	kN	WCv =	5,241	kN/m

6.3.3.2 Análisis de Cargas en Viguetas por el Reglamento NSR-10.

Vigueta Tipo 1.

La vigueta se apoya en cuatro vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 41.

Donde W puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

Wvol – Carga en el Voladizo

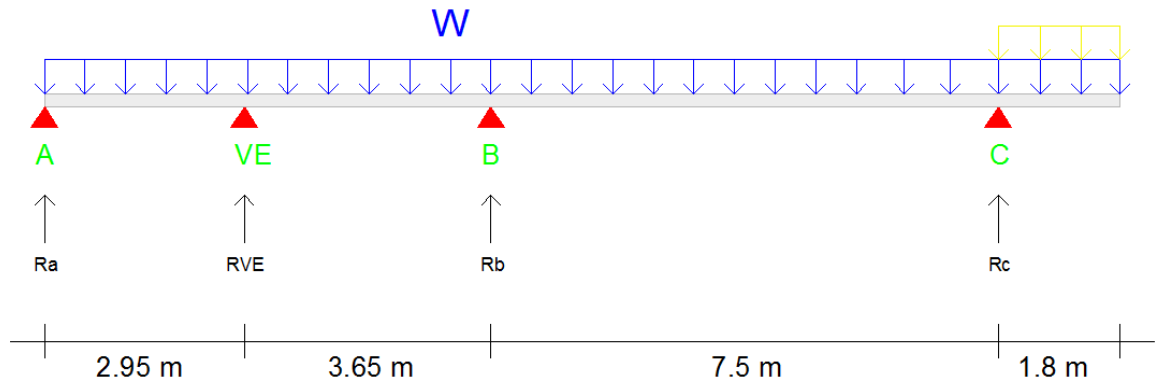


Figura 41. Vigueta Tipo 1 NSR-10.

En las Tabla 21 y Tabla 22 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 1.

Tabla 21. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 1 NSR-10.

RAm =	13,21	kN	WAm =	14,677	kN/m
RVEm =	19,02	kN	WVEm =	21,129	kN/m
RBm =	66,52	kN	WBm =	73,910	kN/m
RCm =	47,14	kN	WCm =	52,375	kN/m

Tabla 22. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 1 NSR-10.

RAv =	2,18	kN	WAv =	2,420	kN/m
RVEv =	4,09	kN	WVEv =	4,540	kN/m
RBv =	10,33	kN	WBv =	11,477	kN/m
RCv =	14,35	kN	WCv =	15,942	kN/m

Vigueta Tipo 2.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 42.

Donde W puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

Wvol – Carga en el Voladizo

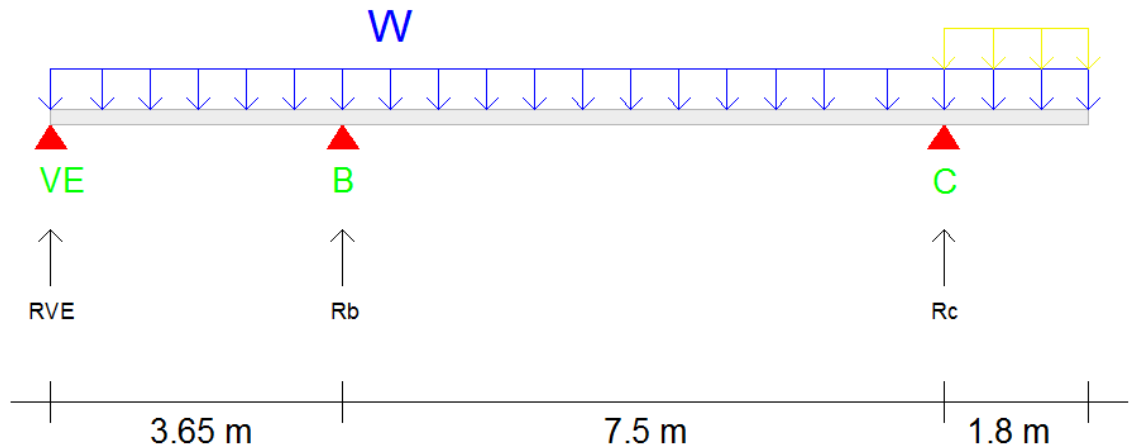


Figura 42. Vigueta Tipo 2 NSR-10.

En las Tabla 23 y Tabla 24 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 2.

Tabla 23. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 2 NSR-10.

RVE _m =	4,85	kN	WVE _m =	5,394	kN/m
RB _m =	66,84	kN	WB _m =	74,271	kN/m
RC _m =	47,12	kN	WC _m =	52,352	kN/m

Tabla 24. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 2 NSR-10.

RVE _v =	1,29	kN	WVE _v =	1,430	kN/m
RB _v =	10,54	kN	WB _v =	11,713	kN/m
RC _v =	14,33	kN	WC _v =	15,927	kN/m

Vigueta Tipo 3.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 43.

Donde W puede ser:

W_m – Carga muerta

W_v – Carga Viva

W_{vol} – Carga en el Voladizo

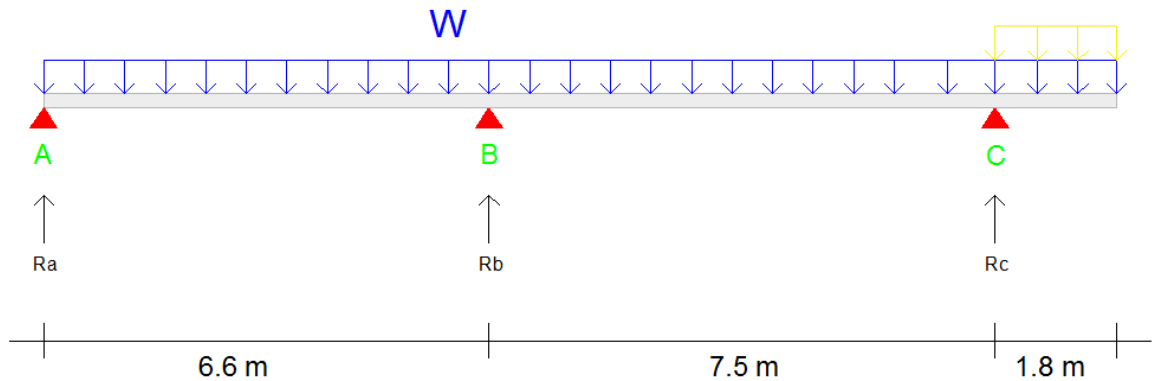


Figura 43. Vigueta Tipo 3 NSR-10.

En las Tabla 25 y Tabla 26 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigueta Tipo 3.

Tabla 25. Reacciones y Cargas Muertas - Viguetas Tipo 3 NSR-10

RAm =	22,13	kN	WAm =	24,593	kN/m
RBm =	78,01	kN	WBm =	86,679	kN/m
RCm =	45,74	kN	WCm =	50,819	kN/m

Tabla 26. Reacciones y Cargas Vivas - Viguetas Tipo 3 NSR-10

RAv =	4,10	kN	WAv =	4,551	kN/m
RBv =	12,80	kN	WBv =	14,221	kN/m
RCv =	14,05	kN	WCv =	15,608	kN/m

Vigueta Tipo 4.

La vigueta se apoya en tres vigas y tiene un voladizo como se muestra en la Figura 44.

Donde W puede ser:

Wm – Carga muerta

Wv – Carga Viva

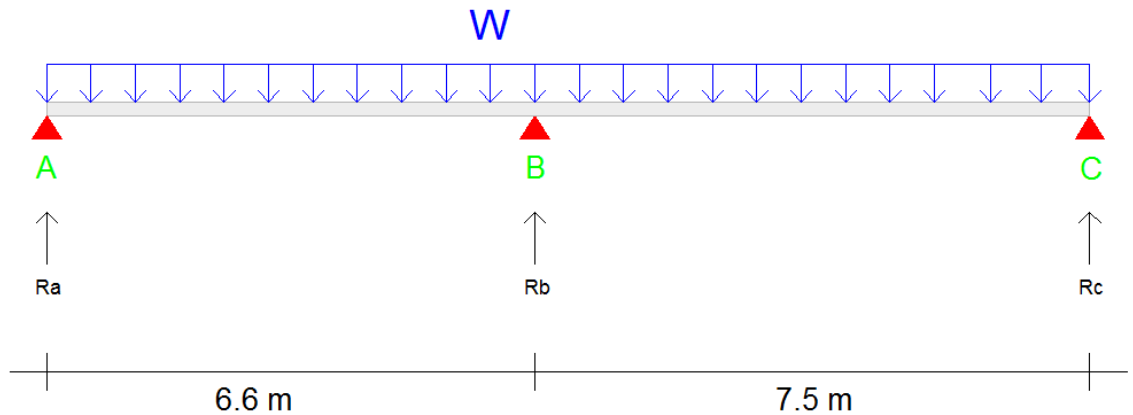


Figura 44. Vigüeta Tipo 4 NSR-10.

En las Tabla 27 y Tabla 28 se pueden observar los resultados de las reacciones y pesos de las cargas muertas, calculados a partir de los datos suministrados a la Vigüeta Tipo 2.

Tabla 27. Reacciones y Cargas Muertas - Vigüetas Tipo 4 NSR-98

RAm =	21,54	kN	WAm =	23,928	kN/m
RBm =	81,12	kN	WBm =	90,132	kN/m
RCm =	26,71	kN	WCm =	29,681	kN/m

Tabla 28. Reacciones y Cargas Vivas - Vigüetas Tipo 4 NSR-98

RAv =	3,80	kN	WAv =	4,225	kN/m
RBv =	14,32	kN	WBv =	15,914	kN/m
RCv =	4,72	kN	WCv =	5,241	kN/m

6.4. DETERMINACION Y USO DEL METODO DE DISEÑO.

Definido el método de La Fuerza Horizontal Equivalente, como el método de análisis se procede a calcular el peso total de la estructura, los centros de Masa y Rigidez, el periodo fundamental (T_a) y el espectro de diseño (S_a), valores que se necesitan para determinar las fuerzas sísmicas de diseño aplicadas en cada uno de los niveles de la estructura.

6.4.1. Peso total de la Estructura.

Para calcular la masa total de la estructura se multiplica el número total de niveles de la edificación por el peso total de las columnas y el peso total de la placa. En la Tabla 29 se pueden observar los cálculos realizados para la planta 1.

Tabla 29. Peso Total de la Estructura

Masa de la placa	$W_{\text{muerta}} =$	10,19	kN/m^2
	$\text{Área}_{\text{Placa}} =$	284,03	m^2
	$g =$	9,81	m/s^2
	$m_{\text{Placa}} =$	295,16	Mg
Masa de las Columnas	$N_{\text{o columnas}} =$	12	
	$g_{\text{Concreto}} =$	2,4	Mg/m^3
	$\text{Vol}_{\text{columnas}} =$	0,7593	m^3
	$m_{\text{columnas}} =$	21,87	Mg
Masa Total	$N_{\text{o Niveles}} =$	5	m
	MT =	1585,12	Mg

6.4.2. Centros de Masa y Rigidez.

Dado que el centro de masa es el punto donde se ubica la fuerza sísmica inducida por el sismo y las plantas analizadas tiene cargas uniformes por metro cuadrado, el cálculo del centro de masa se realizó dividiendo la planta en figuras geométricas, con el fin de determinar el centroide del área y su posición para de esta forma poder utilizar la siguientes ecuaciones.

$$X_{cm} = \frac{\sum x_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

A continuación se puede observar la Figura 45 utilizada para el cálculo del centroide.

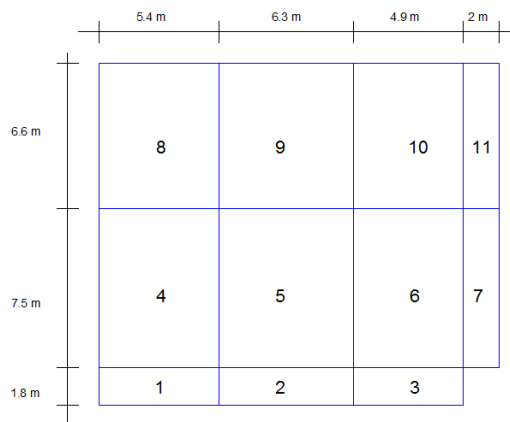


Figura 45. Planta Geométrica utilizada para el cálculo del centroide.

En la Tabla 30 se observan los pasos detallados para obtener el área y el centroide X y centroide Y para cada su área de tal manera que se calcula el centroide total.

Tabla 30. Cálculo de Áreas y Centroides en X y Y

A	A (m ²)	x trazo (m)	y trazo (m)	A x (m ³)	A y (m ³)
1	9,72	2,70	0,90	26,24	8,75
2	11,34	8,55	0,90	96,96	10,21
3	8,82	14,15	0,90	124,80	7,94
4	40,50	2,70	5,55	109,35	224,78
5	47,25	8,55	5,55	403,99	262,24
6	36,75	14,15	5,55	520,01	203,96
7	15,00	17,60	5,55	264,00	83,25
8	35,64	2,70	12,60	96,23	449,06
9	41,58	8,55	12,60	355,51	523,91
10	32,34	14,15	12,60	457,61	407,48
11	13,20	17,60	12,60	232,32	166,32
12	-8,11	3,435	14,43	-27,86	-117,02
	284,03			2659,16	2230,88

Centro de Masa calculado para ambas Reglamentaciones.

$$X_{CM} = 9,36 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = 7,85 \text{ m}$$

Después de calcular el centro de masa se calcula el centro de Rigidez como la suma entre del centro de masa y el 5% de la distancia vertical a él. A continuación se puede observar el Centro de Rigidez calculado para ambas Reglamentaciones en la Tabla 31.

Tabla 31. Centro de Rigidez.

X _{CR}	10,16	m
Y _{CR}	8,78	m

6.4.3. Periodo Fundamental de La Estructura.

El cálculo del periodo fundamental de la Estructura está determinado por la siguiente ecuación prescrita en cada una de las Reglamentaciones.

$$T_a = C_i \cdot h^{3/4} \quad \text{A.4.2.2 NSR-98}$$

$$T_a = C_t \cdot h^\alpha \quad \text{A.4.2.2 NSR-10}$$

Donde:

Ta – Periodo Fundamental.

h – es la altura total de la edificación.

C_t y α – coeficientes que dependen de lo establecido por cada reglamentación.

h = 3.06 m.

NSR-98 - C_t = 0, 08

NSR-10 - C_t = 0, 47

NSR-10 – α = 0.9

Por tanto:

Ta_{NSR-98} = 0,619 s

Ta_{NSR-10} = 0,547 s

6.4.4. Espectro de Diseño.

Para Calcular los espectros de aceleración se necesitan los siguientes coeficientes dados por cada una de las reglamentaciones, a continuación se pueden observar los parámetros requeridos en la Tabla 32 para la NSR-98 y la NSR-10.

Tabla 32. Parámetros requeridos para el cálculo de los Espectros de Aceleración.

Parámetros	NSR-98	NSR-10
S	1,2	No aplica
I	1	1
Aa	0,25	0,25
Av	No aplica	0,25
Fa	No aplica	1,3
Fv	No aplica	1,9
Tc	0,576	0,702
TL	2,88	4,56
T _{Estructural}	0,619	0,547
Sa	0,582	0,813
K	1,06	1,02

Las tablas **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** corresponden al cálculo interno de la grafica comparativa del espectro de diseño calculados para ambas reglamentaciones. (Ver Figura 46).

Tabla 33. Espectro Aceleración NSR-98.

<i>Espectro Aceleración NSR - 98</i>	
T (s)	Sa (g)
0,000	0,6250
0,058	0,6250
0,115	0,6250
0,173	0,6250
0,230	0,6250
0,288	0,6250
0,346	0,6250
0,403	0,6250
0,461	0,6250
0,518	0,6250
0,576	0,6250
0,806	0,4464
1,037	0,3472
1,267	0,2841
1,498	0,2404
1,728	0,2083
1,958	0,1838
2,189	0,1645
2,419	0,1488
2,650	0,1359
2,880	0,1250
3,456	0,1250
4,032	0,1250
4,608	0,1250
5,184	0,1250

Tabla 34. Espectro Aceleración NSR-10.

<i>Espectro Aceleración NSR - 10</i>	
T (s)	Sa (g)
0,000	0,8125
0,070	0,8125
0,140	0,8125
0,210	0,8125
0,281	0,8125
0,351	0,8125
0,421	0,8125
0,491	0,8125
0,561	0,8125
0,631	0,8125
0,702	0,8125
1,087	0,5242
1,473	0,3869
1,859	0,3066
2,245	0,2539
2,631	0,2167
3,017	0,1890
3,402	0,1675
3,788	0,1505
4,174	0,1366
4,560	0,1250
4,946	0,1063
5,332	0,0914
5,718	0,0795
6,103	0,0698

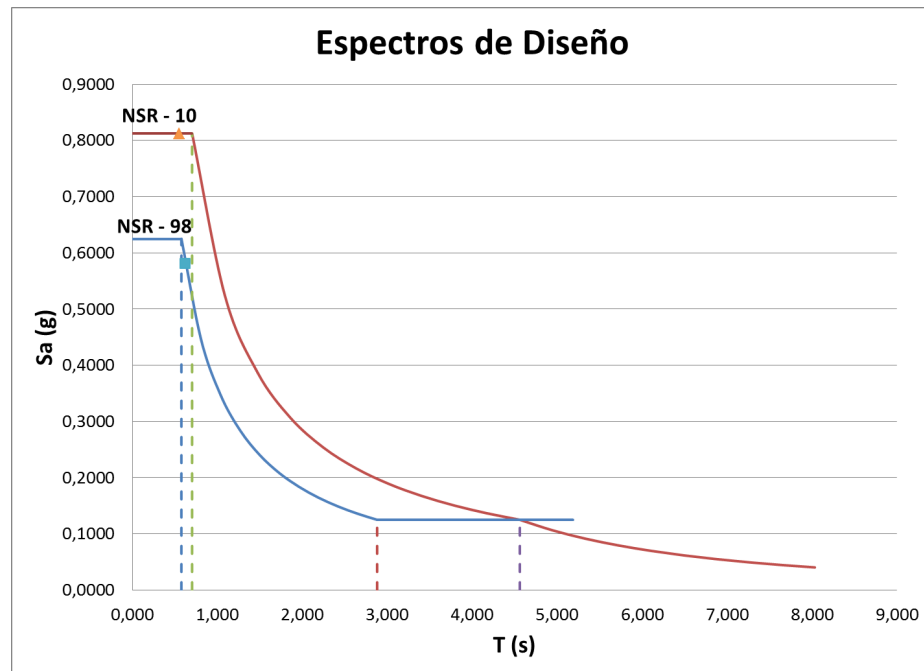


Figura 46. Espectro de Diseño NSR -98 y NSR-10.

De la Figura 46 se deduce que el periodo de vibración de la zona elástica de la NSR-98 es mas corto con relación al periodo de vibración de la NSR-10, así mismo los periodos de transición y e inicio de la zona de aceleración son mas cortos los de la NSR-98 con respecto a la NSR-10.

6.4.5. Fuerzas Sísmicas de Diseño.

Después de obtener cada uno de los valores requeridos en el cálculo de las fuerzas sísmicas de Diseño, se calcula el cortante en la base de la estructura para cada uno de los reglamentos, utilizando la siguiente ecuación.

$$V_s = S_a \cdot g \cdot MT$$

Donde:

V_s – Cortante en la base de la Estructura

S_a – Valor Calculado anteriormente (Ver Tabla 32)

g – gravedad (9.81 m/s^2)

MT – Peso de la Estructura (Ver Tabla 29)

Por tanto:

$$V_{s \text{ NSR-98}} = 9045,37 \text{ KN}$$

$$V_{s \text{ NSR-10}} = 12634,44 \text{ KN}$$

Luego de obtener el cortante en la base de la estructura se calcula la fuerza horizontal que actúa en cada piso, utilizando las siguientes ecuaciones.

$$F_s = C_{vx} \cdot V_s$$

$$C_{vx} = \frac{m_i h_i^k}{\sum m_i h_i^k}$$

Donde:

F_s – Fuerza horizontal aplicada en cada piso de la Estructura

C_{vx} – Coeficiente de absorción de la fuerza de Inercia.

m_i – Masa de cada entrepiso en evaluación

h_i – Altura desde el piso hasta el nivel de evaluación.

K – Coeficiente calculado anteriormente (Ver Tabla 32)

A continuación se puede observar las Tabla 35 y Tabla 36 las cuales muestran los resultados del cálculo de las fuerzas horizontales para la NSR-98 y NSR-10 respectivamente.

Tabla 35. Fuerzas Horizontales NSR-98

Nivel	m (Mg)	h (m)	mh ^k	Cvx	Fs (kN)	MzFx (kN.m)	MzFy (kN.m)	MzFx acumulado	MzFy acumulado
5	317,02	15,3	5704,33	0,34	3084,98	2869,04	-2452,56	2869,04	-2452,56
4	317,02	12,24	4503,33	0,27	2435,47	2264,99	-1936,20	5134,02	-4388,76
3	317,02	9,18	3320,24	0,20	1795,63	1669,94	-1427,53	6803,96	-5816,29
2	317,02	6,12	2160,78	0,13	1168,58	1086,78	-929,02	7890,74	-6745,31
1	317,02	3,06	1036,78	0,06	560,71	521,46	-445,76	8412,20	-7191,07
	1585,12		16725,46	1,00	9045,37				

Tabla 36. Fuerzas Horizontales NSR-98.

Nivel	m (Mg)	h (m)	mhk	Cvx	Fs (kN)	MzFx (kN.m)	MzFy (kN.m)	MzFx acumulado	MzFy acumulado
5	317,02	15,3	5174,56	0,34	4250,48	3952,95	-3379,13	3952,95	-3379,13
4	317,02	12,24	4117,81	0,27	3382,44	3145,67	-2689,04	7098,62	-6068,18
3	317,02	9,18	3067,36	0,20	2519,59	2343,22	-2003,07	9441,84	-8071,25
2	317,02	6,12	2025,34	0,13	1663,65	1547,20	-1322,61	10989,04	-9393,85
1	317,02	3,06	996,16	0,06	818,27	760,99	-650,52	11750,03	-10044,38
	1585,12		15381,23	1,00	12634,44				

7. ANÁLISIS DE DERIVAS.

El objetivo de este capítulo es realizar un el análisis y comprobación de las derivas, para iniciar este procedimiento en el capitulo anterior se calculo las viguetas, se definió las secciones de los elementos y se determino las fuerzas sísmicas; a continuación se especifican la posición de los pórticos y las cargas que actúan sobre ellas, luego se hace una breve introducción del uso del software SAP 2000 V11 con el fin de comprobar el cumplimiento de la deriva.

7.1. ANÁLISIS SÍSMICO DE CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES.

Definidas las cargas y Reacciones en las Viguetas, se realiza la configuración de los pórticos, utilizando las cargas calculadas a partir de las reacciones en las Viguetas, diferenciando entre los pórticos cargueros (Pórticos en dirección a la carga) y no cargueros (Pórticos paralelos a las viguetas), a continuación se muestran la distribución de los pórticos analizados por la NSR-98 y la NSR-10.

7.1.1. Pórticos Cargueros y No Cargueros Analizados Para Cargas Muertas.

Como se pudo observar en el capítulo anterior las cargas muertas son las mismas para ambas reglamentaciones, por tanto los pórticos que soporten estas cargas son iguales.

7.1.1.1 Pórticos Cargueros Carga Muerta.

Pórtico A-A - Sentido X-X

En la Figura 47 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico A-A

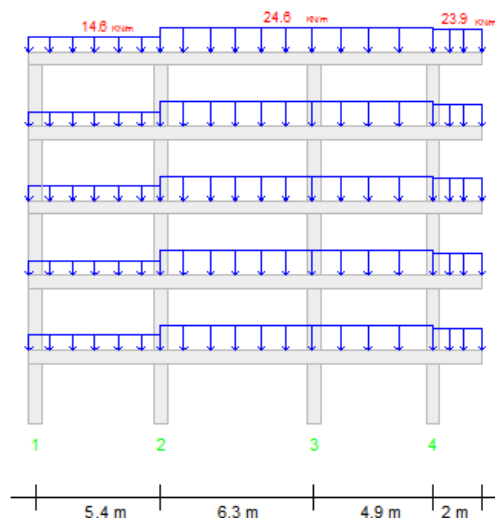


Figura 47. Pórtico A-A Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

Pórtico B-B - Sentido X-X

En la Figura 48 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico B-B.

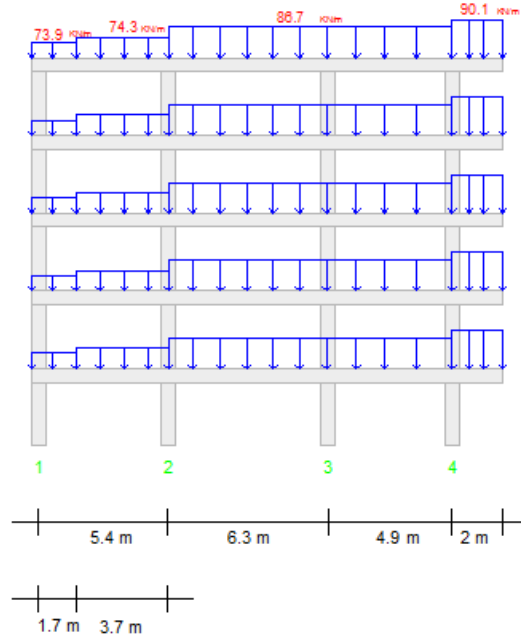


Figura 48. Pórtico B-B Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

Pórtico C-C - Sentido X-X

En la Figura 49 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico C-C.

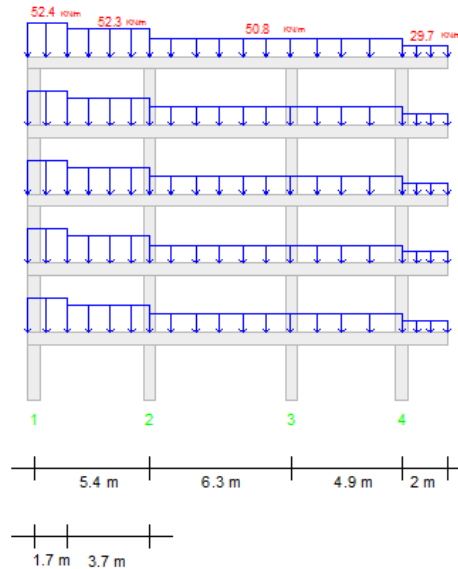


Figura 49. Pórtico C-C Carguero Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

Pórtico Escalera - Sentido X-X

En la Figura 50 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico de la Escalera.

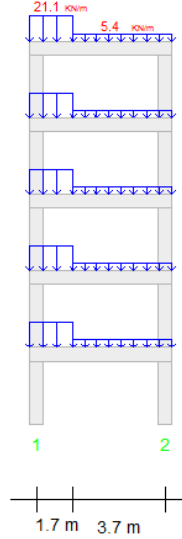


Figura 50. Pórtico Carguero Escalera Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

7.1.1.2 Pórticos No Cargueros Carga Muerta.

Pórtico 1-1 3-3 4-4 - Sentido Y-Y

En la Figura 51 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 1-1, 3-3 y 4-4.

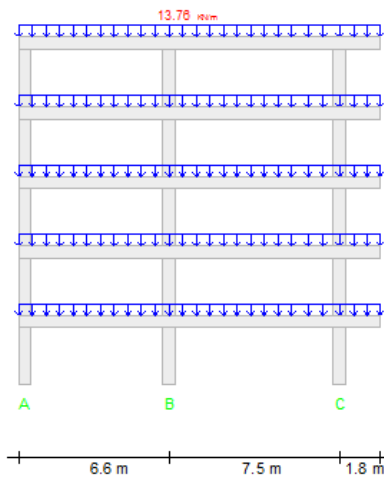


Figura 51. Pórtico No Carguero 1-1, 3-3,4-4 Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

Pórtico 2-2 - Sentido Y-Y

En la Figura 52 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 2-2.

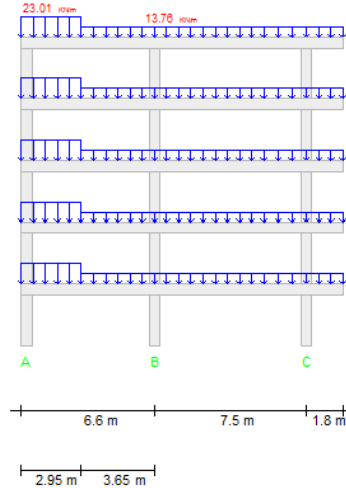


Figura 52. Pórtico No Carguero 2-2 Carga Muerta NSR-98 y NSR-10.

7.1.2. Pórticos Cargueros y No Cargueros Analizados Para Cargas Vivas.

Debido a la nueva carga contemplada por la NSR-10 para voladizos, los pórticos que soportan cargas vivas son diferentes a los pórticos diseñados bajo los lineamientos de la NSR-98.

7.1.2.1 Pórticos Cargueros Carga Viva NSR-98.

Pórtico A-A - Sentido X-X

En la Figura 53 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico A-A

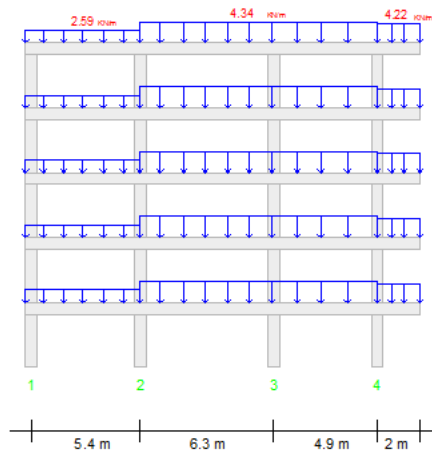


Figura 53. Pórtico A-A Carguero Carga Viva NSR-98.

Pórtico B-B - Sentido X-X

En la Figura 54 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico B-B

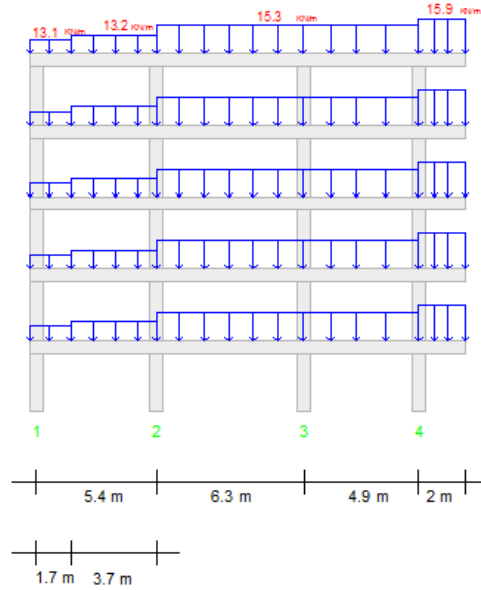


Figura 54. Pórtico B-B Carguero Carga Viva NSR-98.

Pórtico C-C - Sentido X-X

En la Figura 55 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico C-C.

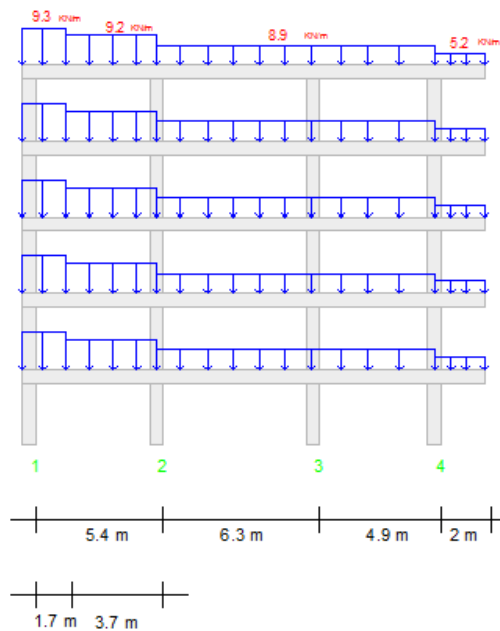


Figura 55. Pórtico C-C Carguero Carga Viva NSR-98.

Pórtico Escalera - Sentido X-X

En la Figura 56 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico de la Escalera.

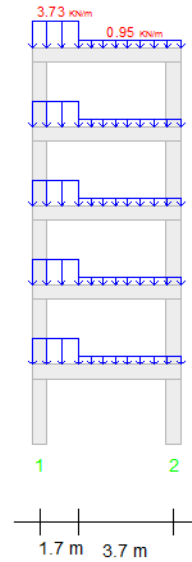


Figura 56. Pórtico Carguero Escalera Carga Viva NSR-98.

7.1.2.2 Pórticos No Cargueros Carga Viva NSR-98.

Pórtico 1-1 3-3 4-4 - Sentido Y-Y

En la Figura 57 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 1-1, 3-3 y 4-4.

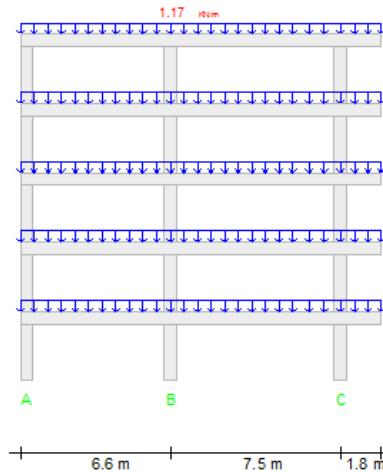


Figura 57. Pórtico No Carguero 1-1, 3-3, 4-4 Carga Viva NSR-98.

Pórtico 2-2 - Sentido Y-Y

En la Figura 58 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 2-2.

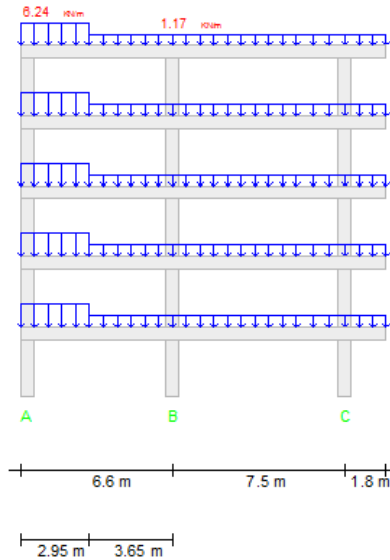


Figura 58. Pórtico No Carguero 2-2 Carga Viva NSR-98.

7.1.2.3 Pórticos Cargueros Carga Viva NSR-10.

Pórtico A-A - Sentido X-X

En la Figura 59 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico A-A.

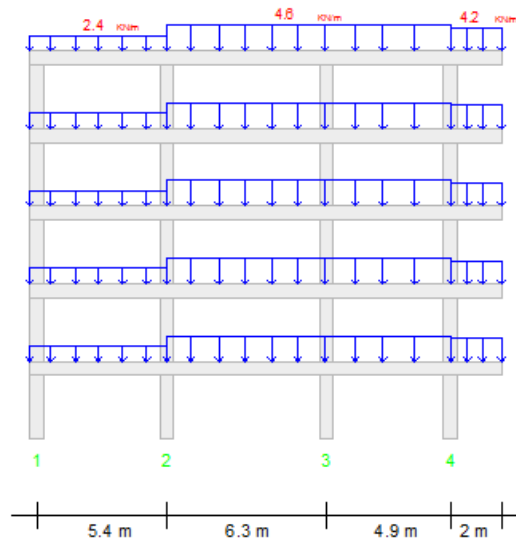


Figura 59. Pórtico Carguero A-A Carga Viva NSR-10.

Pórtico B-B - Sentido X-X

En la Figura 60 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico B-B.

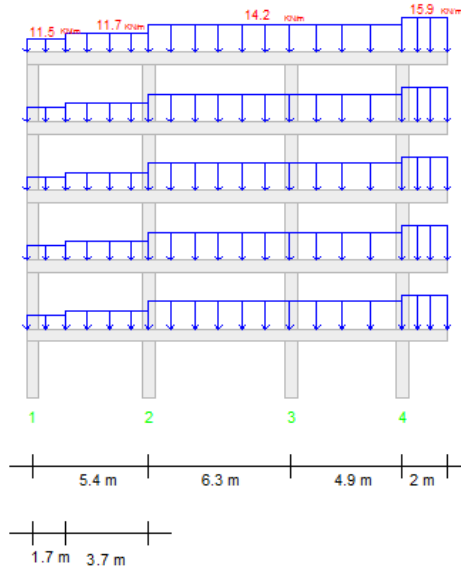


Figura 60. Pórtico Carguero B-B Carga Viva NSR-10.

Pórtico C-C - Sentido X-X

En la Figura 61 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico C-C.

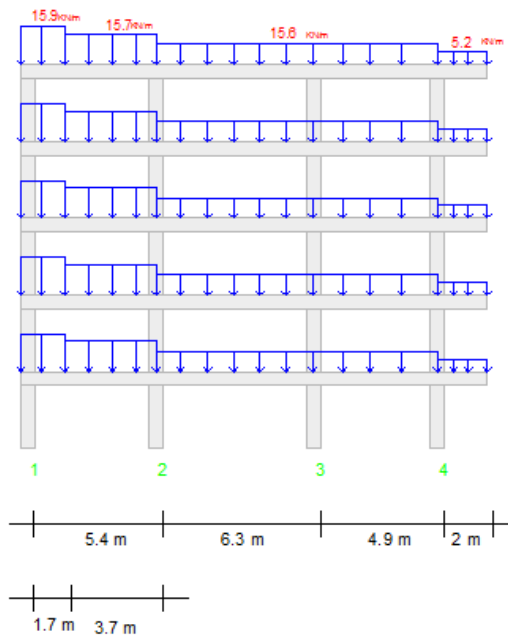


Figura 61. Pórtico Carguero C-C Carga Viva NSR-10.

Pórtico Escalera. - Sentido X-X.

En la Figura 62 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico de la Escalera.

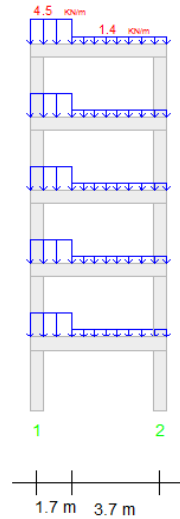


Figura 62. Pórtico Carguero Escalera Carga Viva NSR-10.

7.1.2.4 Pórticos No Cargueros Carga Viva NSR-10.

Pórtico 1-1 3-3 4-4 - Sentido Y-Y

En la Figura 63 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 1-1, 3-3 y 4-4.

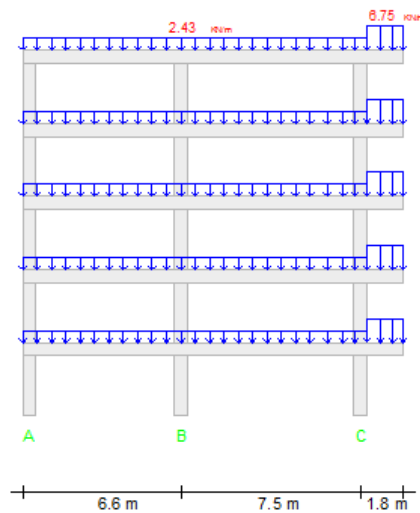


Figura 63. Pórtico No Carguero 1-1, 3-3, 4-4 Carga Viva NSR-10.

Pórtico 2-2 - Sentido Y-Y

En la Figura 64 se puede ver la distribución de cargas asignadas al pórtico 2-2.

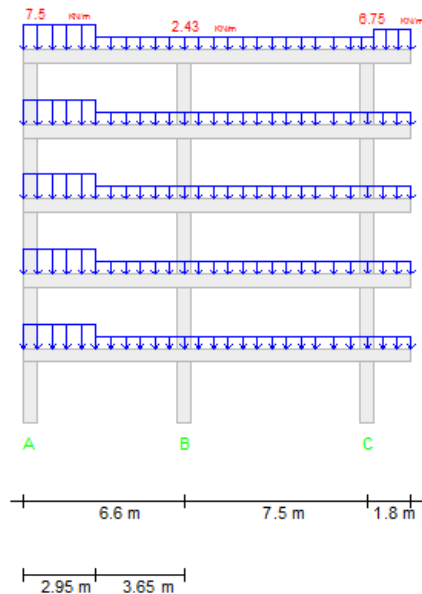


Figura 64. Pórtico No Carguero 2-2 Carga Viva NSR-10.

7.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN EL SOFTWARE SAP2000 V11.

Para realizar el análisis y comprobación de las derivas y calcular el dimensionamiento de los diferentes Elementos que componen la estructura, en este capítulo se muestra el manejo paso a paso del programa SAP 2000 V11 versión educacional.

Estos resultados se observan en el ANEXO 1.

7.3. ANÁLISIS Y COMPROBACIÓN DE DERIVAS

Modelada la planta 1 por 5 pisos tanto para la NSR-98 como para la NSR-10, luego de correr el programa se obtienen los resultados de los desplazamientos horizontales, con los cuales se calculan las derivas para su posterior análisis y comprobación, como se puede ver en las siguientes Tablas.

7.3.1. Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.

A continuación en la Figura 65 se observa la gráfica del cálculo de las derivas, para los combos 1 y 2 respectivamente para la NSR-98 y el límite de la normativa a este valor.

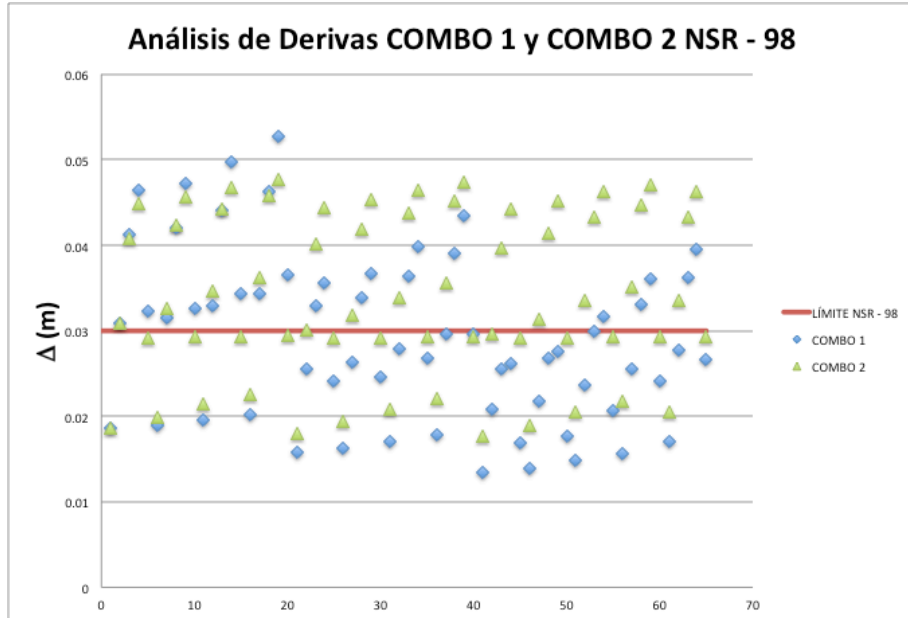


Figura 65. Resultados de derivas iniciales por el COMBO1 y COMBO2 según la Norma NSR – 98.

7.3.2. Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.

A continuación en la Figura 66, se observa la gráfica del cálculo de las derivas, para los combos 1 y 2 para el Reglamento NSR-10 y el límite del Reglamento a este valor.

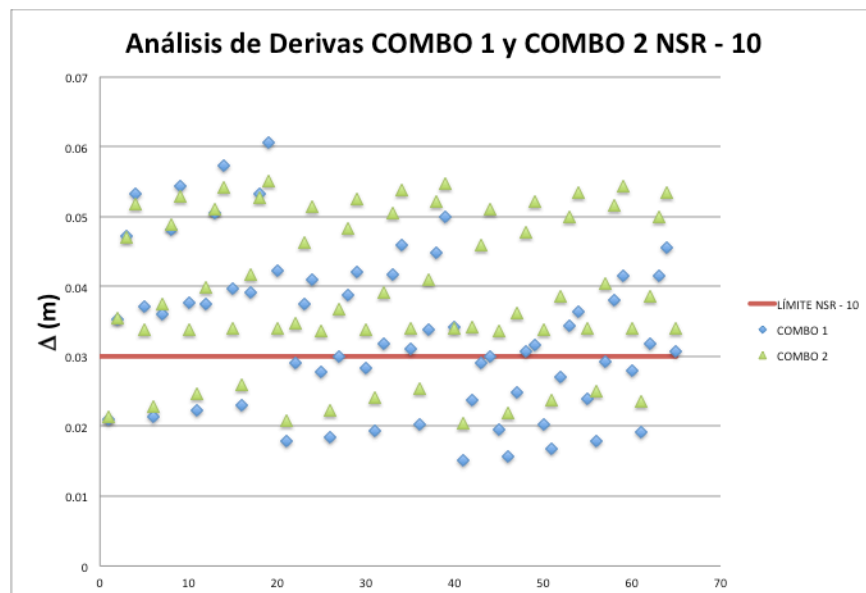


Figura 66. Resultados de derivas iniciales por el COMBO1 y COMBO2 según la Norma NSR – 10.

7.4. CREACIÓN DE MUROS Y CORRECIÓN DE DERIVAS

Como las derivas de las dos edificaciones (Planta 1x5 Pisos NSR-98 y Planta 1x5 Pisos NSR-10) cumplieron por debajo del 60%, deben ser corregidas, por tanto se diseñan Muros que remplacen algunas columnas con el fin de que las derivas cumplan y se trabaje la estructura como un sistema combinado. A continuación se muestran las secciones de los muros planteados así como también las tablas de corrección de Derivas y la ubicación de los muros en las plantas.

7.4.1. Dimensionamiento de Muros.

Debido a que las dos edificaciones tienen cargas (Vivas, Muertas) y coeficientes diferentes, se define un tipo de muro con sus dimensiones para cada una tanto en el eje X como en el eje Y.

7.4.1.1 Muros Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.

Muro en la dirección X.

A continuación la Figura 67 muestra las dimensiones del Muro X.

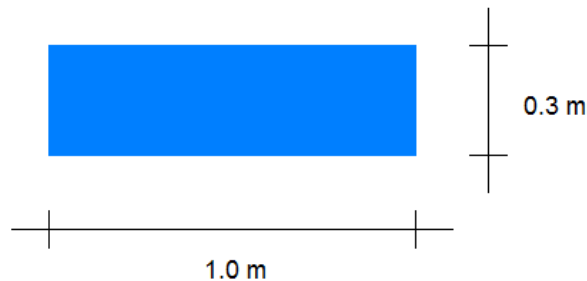


Figura 67. Dimensiones Muro X NSR-98

Muro en la dirección Y.

A continuación la Figura 68 muestra las dimensiones del Muro Y.

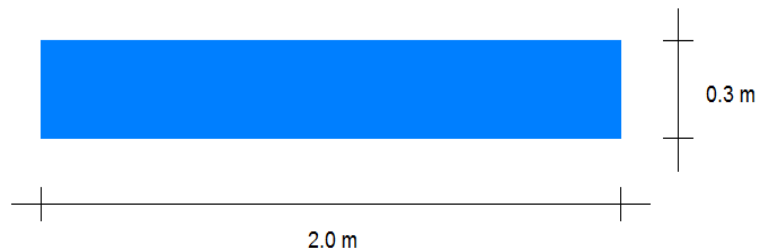


Figura 68. Dimensiones Muro Y NSR-98.

7.4.1.2 Muros Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.

Muro en la dirección X.

A continuación la Figura 69 muestra las dimensiones del Muro X.

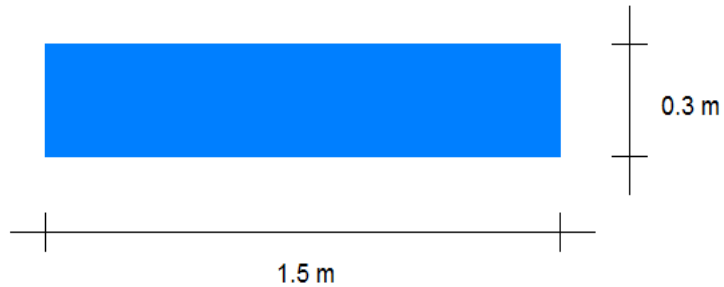


Figura 69. Dimensiones Muro X NSR-10

Muro en la dirección Y.

A continuación la Figura 70 muestra las dimensiones del Muro Y.

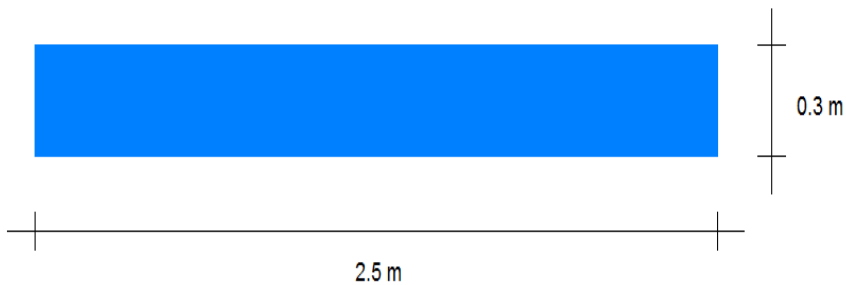


Figura 70. Dimensiones Muro Y NSR-10

7.4.2. Corrección de Derivas.

Determinadas las dimensiones de los muros se definen las secciones en el SAP 2000 y se le asignan a las columnas que se van a reemplazar, el proceso es similar al descrito en el Capítulo 7.2 pasos 9 y 10. Luego se corre el programa y se vuelve a Exportar las tablas con las Derivas corregidas para su comprobación. Como se puede observar en las siguientes tablas.

7.4.2.1 Corrección de las Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-98.

A continuación se muestra, en la Figura 71, el resultado de cálculo de las derivas corregidas para los combos 1 y 2 luego de ubicar los muros en la planta estructural.

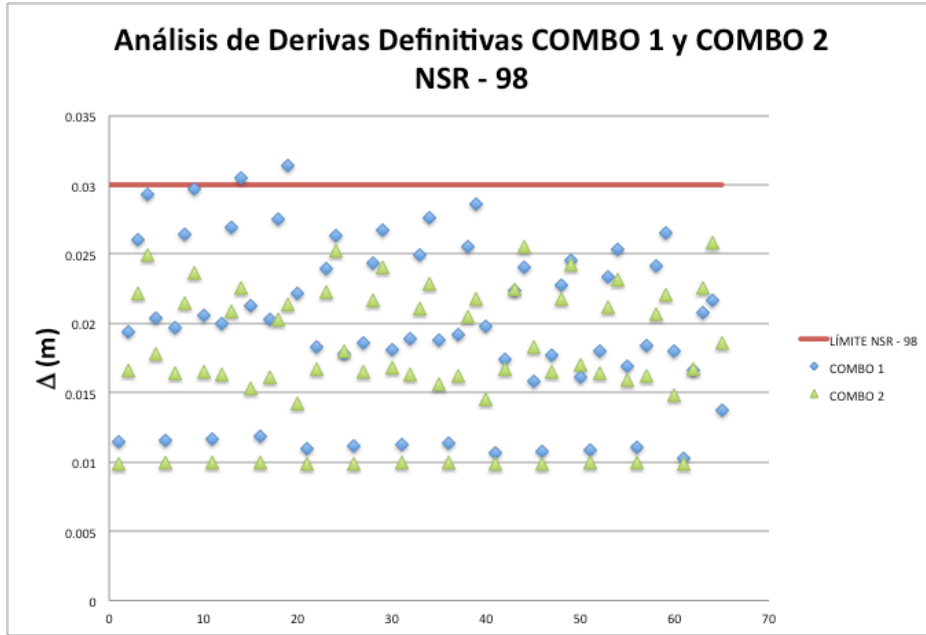


Figura 71. Resultados de Corrección de derivas COMBO1 y COMBO2 NSR – 98.

7.4.2.2 Primera Iteración de las Derivas Planta 1 por 5 Pisos NSR-10.

En la Figura 72, se observa el cálculo de las derivas corregidas para los combos 1 y 2 luego de ubicar los muros, para el cumplimiento de este parámetro.

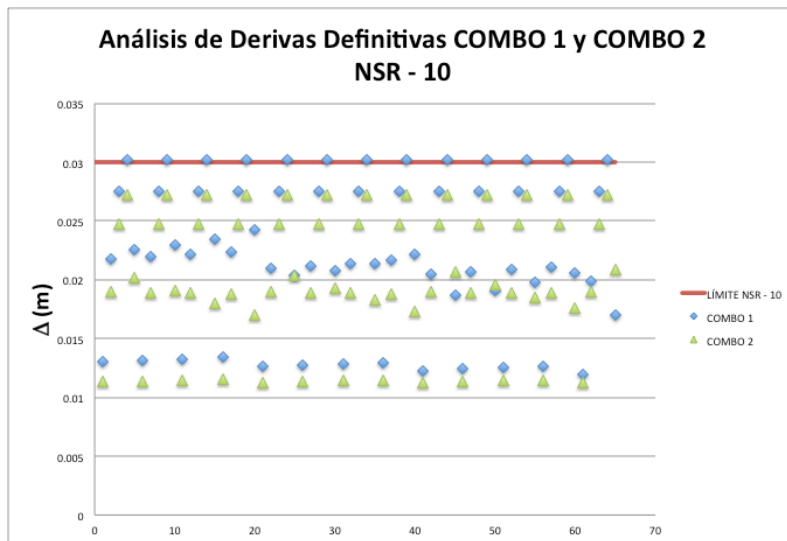


Figura 72. Resultados de Corrección de derivas COMBO1 y COMBO2 NSR – 10.

7.4.3. Ubicación de Muros y Plantas Definitivas.

Corregidas las derivas y determinadas las dimensiones de las secciones de los muros, a continuación se muestra la ubicación de las columnas de acuerdo a la numeración dada por el SAP 2000 V11, tanto para la edificación diseñada para la NSR-98 como para la NSR-10. Luego se muestran las plantas definitivas y la ubicación de cada uno de sus muros.

7.4.3.1 Ubicación de columnas.

A continuación se observa en la Figura 73 la ubicación de las columnas.

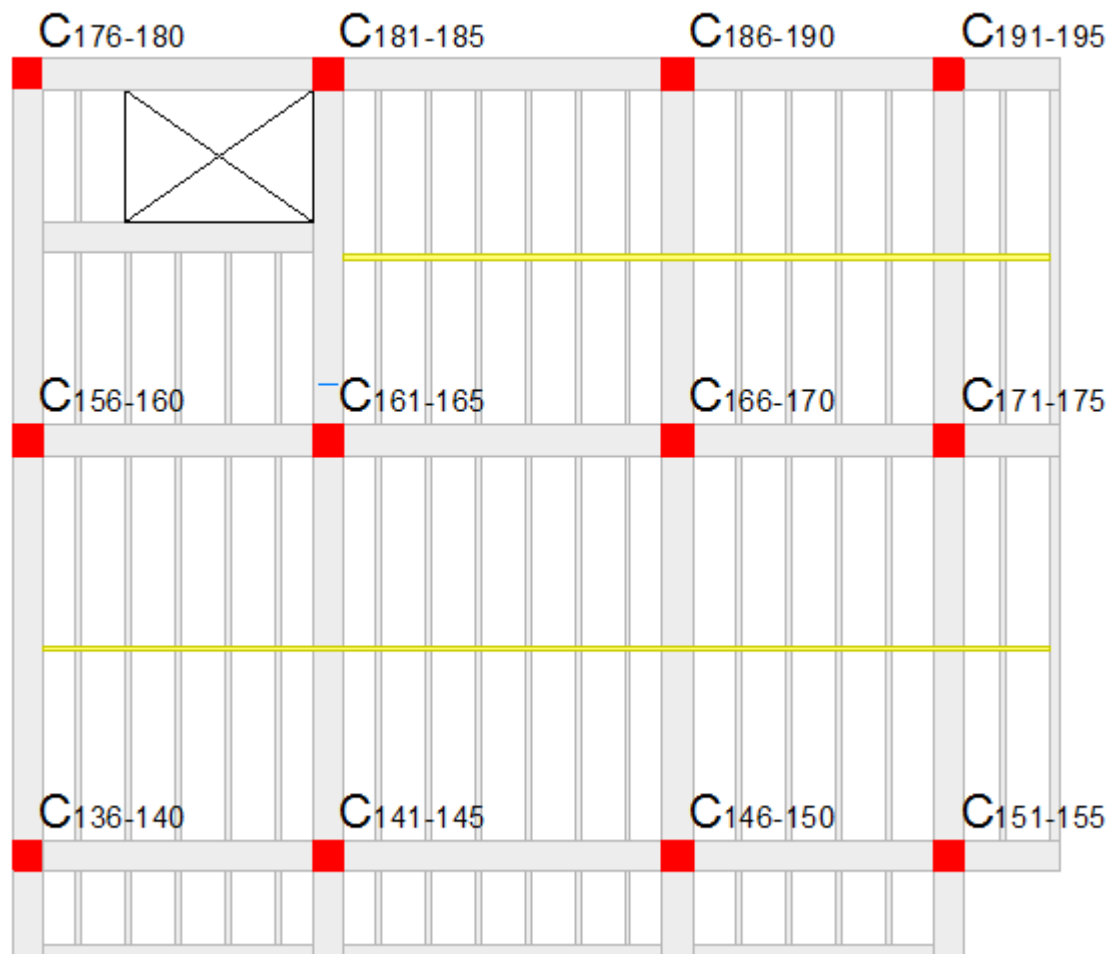


Figura 73. Ubicación de Columnas en Planta 1

Dado que:

C a-b

Dónde.

- a- Numeración inicial de la columna en el primer piso de la edificación.
- b- Numeración final de la columna en el último piso de la edificación.

7.4.3.2 Planta 1 definitiva para 5 pisos por la NSR-98.

En la Figura 74 se observa la Planta 1 con la ubicación de los muros y sus respectivas dimensiones.

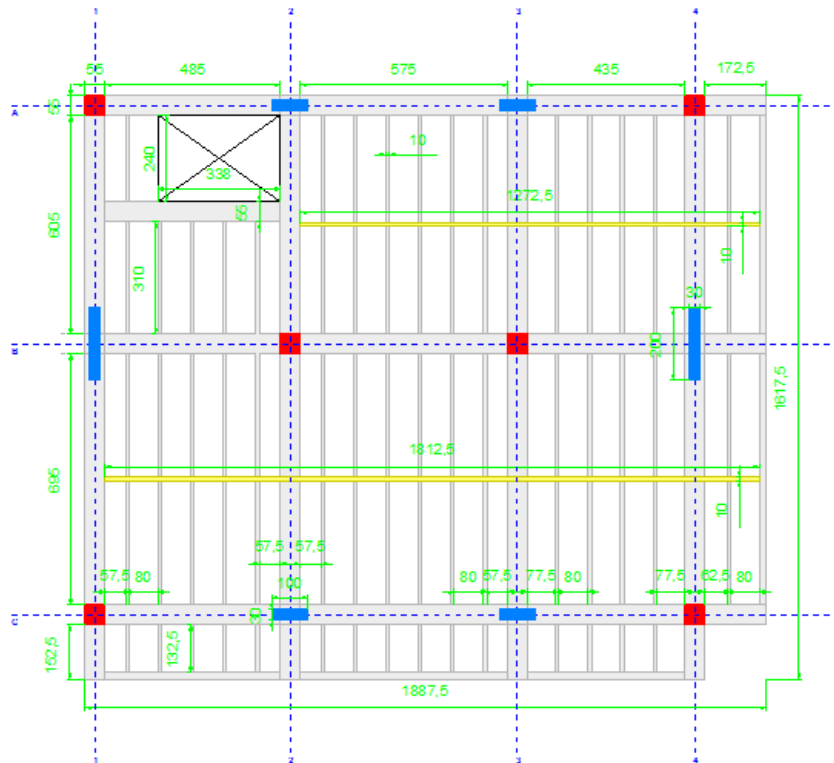


Figura 74. Planta 1 Definitiva NSR-98

-  - COLUMNA
-  - MUROS
-  - VIGAS / VIGUETAS
-  - RIOSTRA
-  - ESCALERA

Unidades en centímetros (cm).

7.4.3.3 Planta 1 definitiva para 5 pisos por la NSR-10.

En la Figura 75 se observa la Planta 1 con la ubicación de los muros y sus respectivas dimensiones.

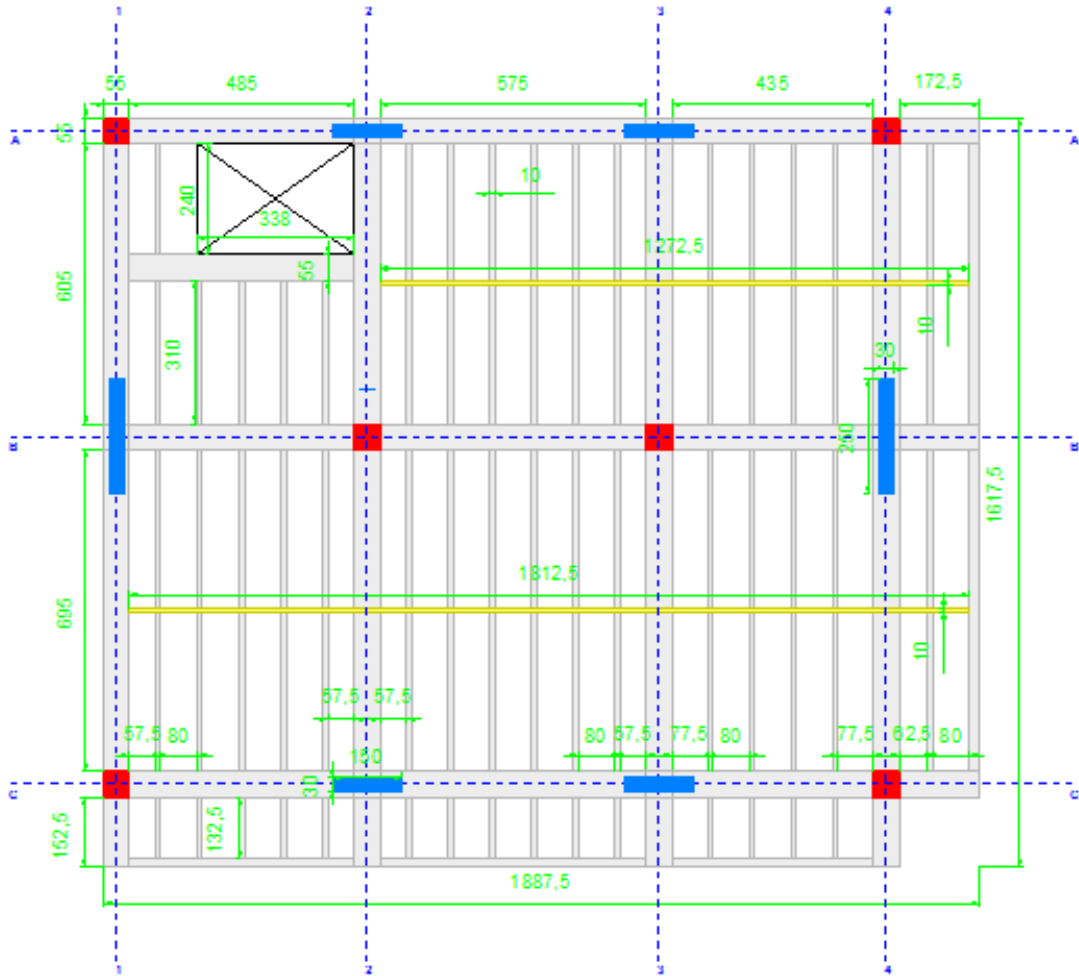


Figura 75. Planta 1 Definitiva NSR-10

- COLUMNA
- MUROS
- VIGAS / VIGUETAS
- RIOSTRA
- X - ESCALERA

Unidades en centímetros (cm).

Como se puede ver en la Figura 73, se observa las columnas que fueron cambiadas por muros de concreto estructural, en la Tabla 37 se muestra la relación de columnas remplazadas por muros. Como la las plantas para la NSR-98 y NSR-10 son iguales por tanto su ubicación de columnas y muros también, la Tabla 37 es aplicable para ambos reglamentos.

Tabla 37. Cambio de Columnas por Muros

Columna No.	Muro No	Posición
141-145	1	X
146-150	2	X
181-185	3	X
186-190	4	X
156-160	5	Y
171-175	6	Y

8. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Terminado el análisis sísmico de la estructura se procede a realizar el diseño de cada uno de los elementos estructurales, en este capítulo se analizara las diferentes combinaciones de carga que se deben utilizar según lo establecen las dos reglamentaciones, con el fin de determinar las cargas y momentos máximos que actúan sobre cada elemento. Finalmente se procede a diseñar cada elemento con sus respectivos cálculos.

8.1. FUERZAS INTERNAS PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las reglamentaciones NSR-98 y NSR-10 establecen en el capítulo B.2 las combinaciones de carga necesarias para el diseño de los elementos, el procedimiento para ingresar estas combinaciones es el mismo procedimiento que se uso para introducir los combos 1 y 2 descrito en el Capítulo 7.2 en el paso 15. Las siguientes tablas muestran las combinaciones de carga definidas por cada reglamento.

8.1.1. Combinaciones de Diseño NSR-98.

La Tabla 38 muestra las combinaciones básicas de diseño.

Tabla 38. Combinaciones Básicas de Diseño NSR-98

COMBO 3	$1,4D + 1,7L$
COMBO 4	$1,05D + 1,28L + (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 5	$1,05D + 1,28L + (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 6	$1,05D + 1,28L - (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 7	$1,05D + 1,28L - (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 8	$1,05D + 1,28L + (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7$
COMBO 9	$1,05D + 1,28L + (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7$
COMBO 10	$1,05D + 1,28L - (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7$
COMBO 11	$1,05D + 1,28L - (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7$
COMBO 12	$0,9D + (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 13	$0,9D + (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 14	$0,9D - (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 15	$0,9D - (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7$
COMBO 16	$0,9D + (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7$
COMBO 17	$0,9D + (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7$
COMBO 18	$0,9D - (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7$
COMBO 19	$0,9D - (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7$

8.1.2. Combinaciones de Diseño de Cimentación NSR-98.

La Tabla 39 muestra las combinaciones utilizadas en el diseño de la Cimentación.

Tabla 39. Combinaciones de diseño de Cimentación NSR-98

COMBO 20	D + L
COMBO 21	D + L + 0,1SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 22	D + L + 0,1SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 23	D + L - 0,1SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 24	D + L - 0,1SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 25	D + L + 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 26	D + L + 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 27	D + L - 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 28	D + L - 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 29	D + 0,1 SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 30	D + 0,1 SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 31	D - 0,1 SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 32	D - 0,1 SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 33	D + 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 34	D + 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 35	D - 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 36	D - 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y

8.1.3. Combinaciones de Diseño NSR-10.

La Tabla 40 muestra las combinaciones básicas de diseño.

Tabla 40. Combinaciones Básicas de Diseño NSR-10

COMBO 3	1,2D + 1,6L
COMBO 4	1,2D + (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7 + L
COMBO 5	1,2D + (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7 + L
COMBO 6	1,2D - (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7 + L
COMBO 7	1,2D - (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7 + L
COMBO 8	1,2D + (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7 + L
COMBO 9	1,2D + (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7 + L
COMBO 10	1,2D - (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7 + L
COMBO 11	1,2D - (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7 + L
COMBO 12	0,9D + (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7 + L
COMBO 13	0,9D + (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7 + L

Continuación Tabla 40. Combinaciones Básicas de Diseño NSR-10.

COMBO 14	$0,9D - (SISMO X)/7 + (0,3 SISMO Y)/7+ L$
COMBO 15	$0,9D - (SISMO X)/7 - (0,3 SISMO Y)/7+ L$
COMBO 16	$0,9D + (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7+ L$
COMBO 17	$0,9D + (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7+ L$
COMBO 18	$0,9D - (0,3 SISMO X)/7 + (SISMO Y)/7+ L$
COMBO 19	$0,9D - (0,3 SISMO X)/7 - (SISMO Y)/7+ L$

8.1.4. Combinaciones de Diseño de Cimentación NSR-10.

La Tabla 41 muestra las combinaciones utilizadas en el diseño de la Cimentación.

Tabla 41. Combinaciones de diseño de Cimentación NSR-10

COMBO 20	D + L
COMBO 21	D + L + 0,1SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 22	D + L + 0,1SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 23	D + L - 0,1SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 24	D + L - 0,1SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 25	D + L + 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 26	D + L + 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 27	D + L - 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 28	D + L - 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 29	D + 0,1 SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 30	D + 0,1 SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 31	D - 0,1 SISMO X + 0,03 SISMO Y
COMBO 32	D - 0,1 SISMO X - 0,03 SISMO Y
COMBO 33	D + 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 34	D + 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y
COMBO 35	D - 0,03 SISMO X + 0,1 SISMO Y
COMBO 36	D - 0,03 SISMO X - 0,1 SISMO Y

Introducidos los datos en el SAP 2000 V11 se generan las tablas de resultados con el fin de calcular y diseñar los elementos estructurales, a continuación se muestran los resultados de los cálculos, procedimientos y respectivos despieces de cada uno de los elementos tales como Vigas, Columnas, Muros, Riostras, Viguetas, Placas y Cimentación.

Los cálculos y diseños mostrados a continuación son solo para un elemento es decir para una sola viga, columna y otros; el resto de elementos al igual que el resto de edificaciones se muestran en los anexos.

8.2. DISEÑO DE VIGAS (FLEXIÓN Y CORTANTE).

Las vigas son elementos que están sometidos a flexión y cortante, los esfuerzos axiales a compresión los soporta el concreto y los esfuerzos cortantes los soporta el acero, los estribos soportan esfuerzos tangenciales, es por lo anterior que las vigas son elementos estructurales no homogéneos por que están compuestas de diferentes materiales. A continuación se presenta la metodología empleada para el diseño de vigas.

8.2.1. Diseño a flexión.

Para comenzar se debe nombrar el elemento (viga), de este modo se facilitara el diseño y despiece.

8.2.1.1 Datos Iniciales.

- h : Altura de la viga.
- h_c : Altura efectiva (distancia de la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a tracción).
- b : Ancho del elemento estructural.
- f'_c : resistencia nominal del concreto, para el diseño se utilizara un f'_c de 21 MPa.
- f_y : resistencia nominal a la fluencia del refuerzo no pre-esforzado.

A continuación se muestra en la Figura 76 las dimensiones de la Viga.

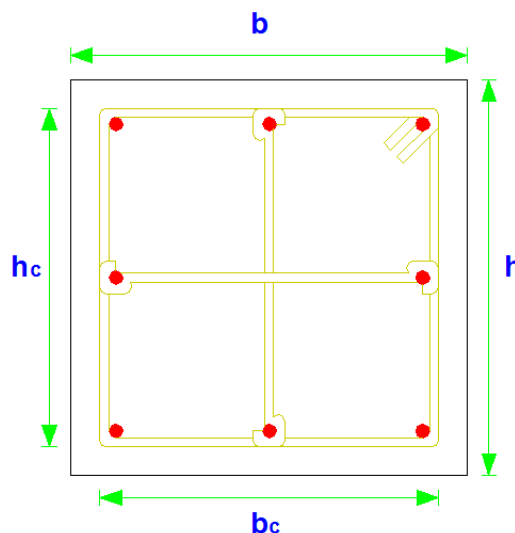


Figura 76. Dimensiones Efectivas de una Viga

De la anterior figura se puede ver que:

$d = h - \text{Recubrimiento del estribo} - \phi \text{ estribo} - (\phi \text{ refuerzo principal}/2)$.

Para la viga diseñada se utilizaron estribos No 3, que es el diámetro mínimo requerido en ambas reglamentación (NSR-98 NSR – 10).

8.2.1.2 Refuerzo longitudinal en las vigas.

Para el diseño longitudinal de las vigas, es necesario conocer las longitudes de empalmes y ganchos, tanto en momento positivo como en momento negativo en Tabla 42 se presentan las longitudes de empalmes en vigas para cada diámetro de varilla y en la Tabla 43 se presentan las longitudes de los ganchos para cada diámetro de varilla.

Tabla 42. Empalmes de las Varillas Longitudinales

<i>Empalmes de las Varillas Longitudinales</i>				
Varilla No				
<i>Varilla No</i>	<i>Empalme M(-) cm</i>	<i>Empalme M(+) cm</i>	<i>Empalme M(-) cm real</i>	<i>Empalme M(+) cm real</i>
5	117.09	90.07	120	95
6	140.51	108.08	145	110
7	202.50	155.77	205	160
8	231.43	178.02	235	180

Tabla 43. Ganchos de 90° Para barra longitudinal.

<i>Gancho de 90° para barra longitudinal</i>				$\theta =$	1.57079633	rad
<i>Varilla No</i>	<i>diámetro (cm)</i>	<i>Long arco (cm)</i>	<i>Long recta (cm)</i>	<i>Long gancho 90° (cm)</i>	<i>Long gancho 90° (cm) real</i>	
3	0.9525	2.244	11.43	13.674	15	
4	1.27	2.992	15.24	18.232	20	
5	1.5875	3.740	19.05	22.790	25	
6	1.905	4.489	22.86	27.349	30	
7	2.2225	5.237	26.67	31.907	35	
8	2.54	5.985	30.48	36.465	40	

Nota: el diámetro mínimo requerido por ambas reglamentaciones para el acero de refuerzo longitudinal es de No 5.

En el numeral C.10.5.1 se establece la cuantía mínima requerida mediante la siguiente ecuación.

$$\rho_{\min}: 1.4/ f_y: 1.4/ 420: 0.0033$$

$$\rho_{\max}: 0.025$$

Se decidió realizar el diseño de la viga del pórtico B – B Sentido X – X y del nivel cinco (5) de la planta 1 de cinco (5) niveles del proyecto, ya que era una de las que tenía mayor cantidad de refuerzo en la estructura.

En la viga diseñada se emplea una separación de estribos de $d/4$ para que no se presenten problemas con los empalmes. Para la realización del despiece se utilizan los siguientes datos:

Mu: momento ultimo de la envolvente del SAP2000 (KN.m).

b: base (m).

d: altura efectiva (m).

f_y : valor de esfuerzo a atracción máxima de fluencia soportado por el concreto. Para el diseño de la viga se utilizo un f_y : 420MPa.

f'_c : valor de esfuerzo de compresión máximo soportado por el concreto.

Se comenzará con el diseño de la viga por el reglamento NSR-98 y NSR 10 se aclara en donde haya cambios en las reglamentaciones, con dimensiones iniciales para la viga de 0.55m x 0.55m, A continuación en la Tabla 44 se observa los resultados del cálculo de los datos iniciales.

Tabla 44. Cálculos Iniciales para Vigas

b	550mm	f'_c	21MPa	d	452.23mm	ρ_{\min}	0.0033	β_1	0.85
h	550mm	f_y	420Mpa	$f_y/1,7 f'_c$	11.764	ρ_{\max}	0.025	ϕ_{inicial}	0.9

La forma de realizar el diseño se presenta a continuación:

8.2.1.3 Extracción de datos de SAP para Vigas.

Obtenido el diagrama de momento que arroja el SAP2000, se calcula el As de la viga y se realiza el despiece del refuerzo longitudinal y estribos de la viga. Para esto se procede a ingresar al SAP2000 V11, se corre el programa con la envolvente (Σ Combo 3 – Combo 19) como se muestra en la Figura 77 para NSR-98 y NSR-10 se usa la misma metodología.

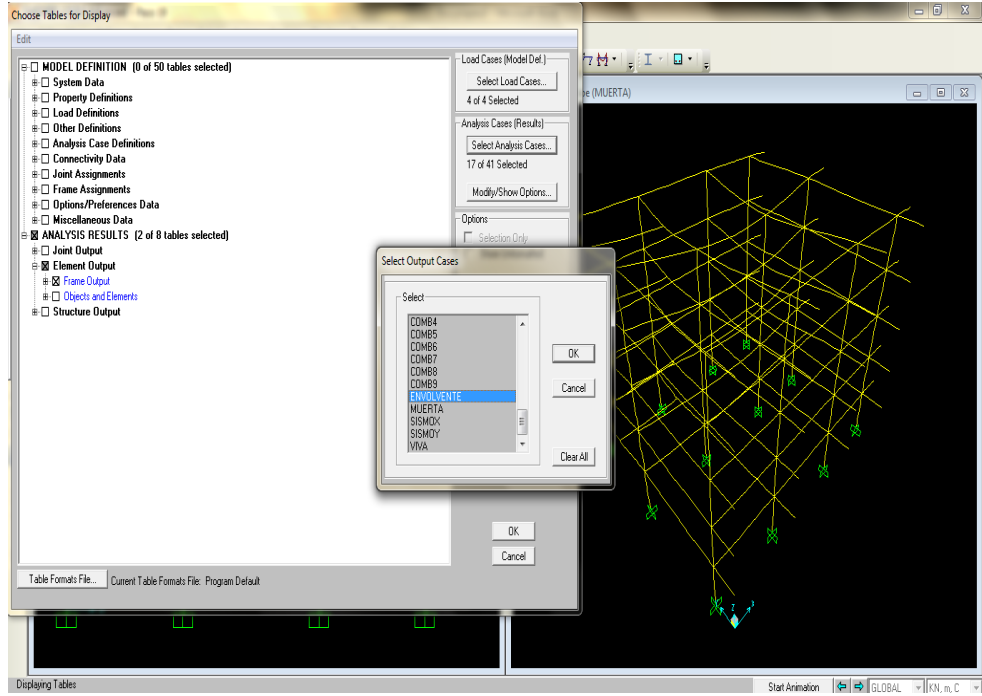


Figura 77. Procedimiento del SAP 2000 v11 (a) Vigas

Luego de correr el programa, se obtienen los datos de V2 y M3 como se muestran la Figura 78 y se exportan los datos a una hoja de cálculo en Excel, para el diseño a flexión y para el diseño a cortante.

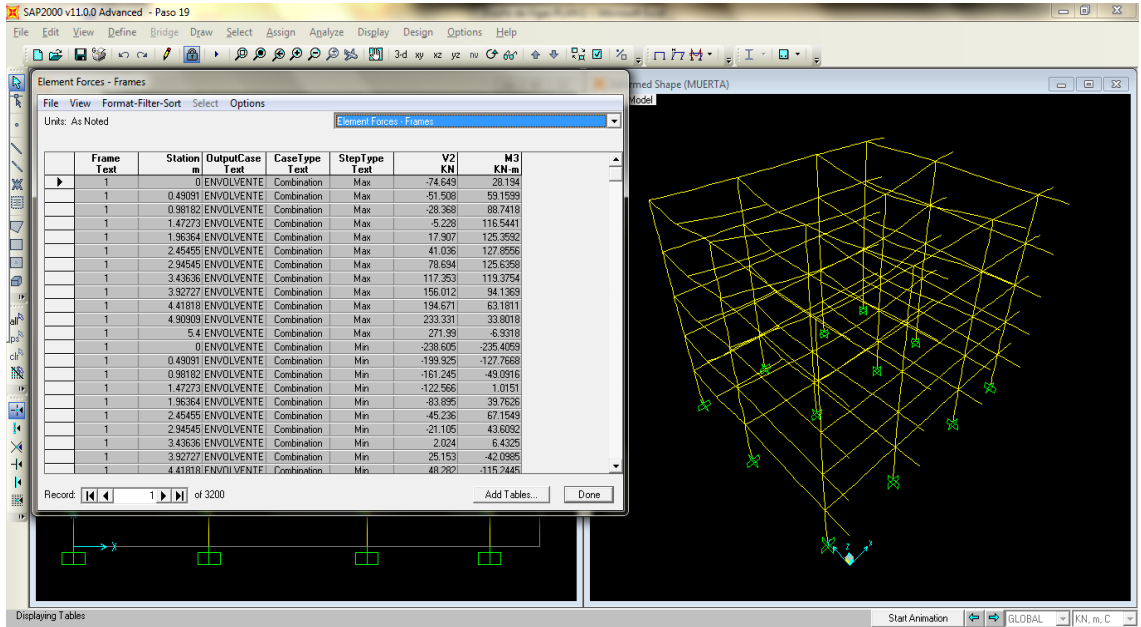


Figura 78. Procedimiento del SAP 2000 v11 (b) Vigas

8.2.1.4 Método de Diseño.

Para el diseño de Vigas se pueden emplear varios métodos de diseño, en este capítulo se describe el proceso realizado a partir de los resultados arrojados por el SAP 2000 v11, una vez generados los datos por el programa se realizan los respectivos cálculos internos como se pueden ver en la Tabla 45, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** los cuales tienen como objetivo determinar el número de varillas con sus respectivos diámetros y distancias en cada una de las secciones de la viga analizada.

**Tabla 45. Diseño flexión viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5
Reglamento NSR-10.**

M(-) kN.m	235.4059		344.3327	373.9053		408.9848	298.0301		238.7899	88.0056
M(+) kN.m		127.8556			144.7479			103.9421		
Mu (-) /fbd2fy	0.004667499		0.00682724	0.00741359		0.00810913	0.00590918		0.0047346	0.00174493
Mu (+) /fbd2fy		0.002535051			0.00286998			0.00206091		
r (-)	0.004956524		0.007486651	0.00820576		0.00907884	0.00638948		0.00503256	0.0017823
r (+)		0.002615533			0.00297404			0.00211346		
rreal	0.004956524	0.003333333	0.007486651	0.00820576	0.003333333	0.00907884	0.00638948	0.003333333	0.00503256	0.003333333
a (mm)	57.44174297	38.63039216	86.76368175	95.0975172	38.6303922	105.215691	74.0483941	38.6303922	58.3228772	38.6303922
c (mm)	67.57852114	45.44752018	102.0749197	111.879432	45.4475202	123.783166	87.1157578	45.4475202	68.6151496	45.4475202
es (mm/mm)	0.01886512	0.0295125	0.011475765	0.01020719	0.0295125	0.0089371	0.01396148	0.0295125	0.01853479	0.0295125
f real	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Mu /f bd ² fy	0.004667499	0.002535051	0.00682724	0.00741359	0.00286998	0.00810913	0.00590918	0.00206091	0.0047346	0.00174493
rdef	0.004667499	0.003333333	0.00682724	0.00741359	0.003333333	0.00810913	0.00590918	0.003333333	0.0047346	0.003333333
P real	0.004667499	0.003333333	0.00682724	0.00741359	0.003333333	0.00810913	0.00590918	0.003333333	0.0047346	0.003333333
As (cm2)	12.64405109	9.029854167	18.49469469	20.0830893	9.02985417	21.9672689	16.0077033	9.02985417	12.8258115	9.02985417
Varilla No	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
No varillas	4.436151817	3.168114689	6.488843877	7.04613043	3.16811469	7.70719283	5.61628561	3.16811469	4.49992226	3.16811469
Cant Varillas	5	4	7	8	4	8	6	4	5	4
As real (cm2)	14.25114785	11.40091828	19.95160699	22.8018366	11.4009183	22.8018366	17.1013774	11.4009183	14.2511478	11.4009183

**Tabla 46. Diseño flexión viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5
Norma NSR-98.**

M(-) kN.m	187.6381		241.7352	272.9012		301.4752	181.8023		210.047	100.9228
M(+) kN.m		129.0247			149.2532			90.76		
Mu (-) /fbd2fy	0.003720385		0.004792993	0.00541094		0.00597749	0.00360468		0.0041647	0.00200104
Mu (+) /fbd2fy		0.002558231			0.00295931			0.00179954		
r (-)	0.003899259		0.005098856	0.00580776		0.00646996	0.00377207		0.00439159	0.00205051
r (+)		0.002640241			0.00307021			0.00183934		
rreal	0.003899259	0.003333333	0.005098856	0.00580776	0.003333333	0.00646996	0.00377207	0.003333333	0.00439159	0.003333333
a (mm)	45.18896628	38.63039216	59.09123957	67.3068122	38.6303922	74.9811296	43.7149711	38.6303922	50.8946747	38.6303922
c (mm)	53.16348974	45.44752018	69.51910537	79.1844849	45.4475202	88.2130937	51.4293778	45.4475202	59.8760879	45.4475202
es (mm/mm)	0.024793745	0.0295125	0.018254769	0.01566038	0.0295125	0.01375049	0.0257309	0.0295125	0.02167784	0.0295125
f real	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Mu /f bd ² fy	0.003720385	0.002558231	0.004792993	0.00541094	0.00295931	0.00597749	0.00360468	0.00179954	0.0041647	0.00200104
rdef	0.003720385	0.003333333	0.004792993	0.00541094	0.003333333	0.00597749	0.00360468	0.003333333	0.0041647	0.003333333
P real	0.003720385	0.003333333	0.004792993	0.00541094	0.003333333	0.00597749	0.00360468	0.003333333	0.0041647	0.003333333
As (cm2)	10.07836134	9.029854167	12.98400855	14.6579874	9.02985417	16.1927455	9.7649106	9.02985417	11.2819815	9.02985417
Varilla No	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
No varillas	3.535982311	3.168114689	4.55542553	5.14273922	3.16811469	5.68120747	3.42600845	3.16811469	3.95827114	3.16811469
Cant Varillas	4	4	5	6	4	6	4	4	4	4
As real (cm2)	11.40091828	11.40091828	14.25114785	17.1013774	11.4009183	17.1013774	11.4009183	11.4009183	11.4009183	11.4009183

**Tabla 47. Diseño cortante viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5
Reglamento NSR-10.**

Vu (kN)	238.605	271.99	280.107	291.296	244.702	229.164	88.006
vu (Mpa)	0.880800493	1.00403984	1.03400341	1.07530714	0.90330732	0.84594943	0.32487051
fv _{c1}	0.572821962	0.572821962	0.57282196	0.57282196	0.57282196	0.57282196	0.57282196
Vud/Mu	1.013589719	0.789904647	0.74913889	0.71224163	0.82106472	0.95968883	1.00000455
r	0.005260752	0.007365053	0.0084172	0.0084172	0.0063129	0.00526075	0.0042086
fv _{c2} =	0.559376288	0.585447061	0.59894089	0.59894089	0.57195323	0.5584594	0.54496582
fv _c =	0.559376288	0.572821962	0.57282196	0.57282196	0.57195323	0.5584594	0.54496582
COMP	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	NO REQ EST
Est No	3	3	3	3	3	3	3
vn =	1.174400657	1.338719787	1.37867121	1.43374285	1.20440975	1.12793258	0.43316068
vc =	0.745835051	0.763762616	0.76376262	0.76376262	0.76260431	0.74461254	0.72662109
vs =	0.428565606	0.574957171	0.6149086	0.66998024	0.44180545	0.38332004	-0.29346041
No ramas =	2	2	2	2	2	2	2
s =	253.9329933	189.2783545	176.980689	162.43307	246.323236	283.906229	
d/4 =	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375
sep conf =	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375
sep no conf =	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875

**Tabla 48. Diseño cortante viga B – B sentido X – X Planta 1 Nivel 5
Norma NSR-98.**

Vu (kN)	227.902	252.79	266.087	278.205	202.923	220.416	100.923
vu (Mpa)	0.841290811	0.933163834	0.98224916	1.02698226	0.74908187	0.81365655	0.37255308
fv _{c1}	0.572821962	0.572821962	0.57282196	0.57282196	0.57282196	0.57282196	0.57282196
Vud/Mu	1.214582753	1.045731031	0.97503052	0.92281222	1.116174	1.04936514	1.00000198
r	0.004208602	0.005260752	0.0063129	0.0063129	0.0042086	0.0042086	0.0042086
fv _{c2} =	0.556547744	0.561544835	0.57195323	0.57195323	0.5512361	0.54763007	0.54496568
fv _c =	0.556547744	0.561544835	0.57195323	0.57195323	0.5512361	0.54763007	0.54496568
COMP	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	REQ EST	NO REQ EST
Est No	3	3	3	3	3	3	3
vn =	1.121721081	1.244218445	1.30966555	1.36930967	0.99877582	1.0848754	0.49673744
vc =	0.742063659	0.748726447	0.76260431	0.76260431	0.73498147	0.73017343	0.7266209
vs =	0.379657422	0.495491998	0.54706124	0.60670537	0.26379435	0.35470197	-0.22988346
No ramas =	2	2	2	2	2	2	2
s =	286.6451197	219.6341164	198.930101	179.373636	412.544643	306.812353	
d/4 =	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375
sep conf =	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375	123.134375
sep no conf =	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875	246.26875

8.2.1.5 Despiece de Vigas.

Con los valores de refuerzos encontrados en las tablas anteriores se procede a realizar el despiece del acero que se va a suministrar para soportar las fuerzas de tensión por la flexión en el concreto reforzado, se debe tener en cuenta la Tabla 42 de empalmes, de la cual se obtiene que el empalme positivo de una varilla No 6 es de 1.10 metros, y el gancho para esta misma varilla es de 0.30 metros y en los bordes de ambos lados se tiene un recubrimiento de 0.05 metros. A continuación se calculan los despieces para ambas reglamentaciones.

8.2.1.6 Despiece Viga NSR-10.

Refuerzo Positivo

Primero se calcula la longitud total requerida de varilla como:

$$5.4 \text{ m} + 6.3 \text{ m} + 4.9 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0.275 \text{ (columna)} - 2 \times 0.05 \text{ (recubrimiento de varillas)} + 0.30 \text{ (gancho varilla)} + 1.10 \text{ m (traslapo)} = 20.175 \text{ m}$$

Se aproxima a 20.5 m para este caso se usa varillas de 12 metros que es la máxima longitud comercial, de esta manera se colocan 4No6 de 12 metros, 4No6 de 8.5 metros.

De la Tabla 42 se obtiene que el empalme positivo de una varilla No 6 es de 1.45 metros, y el gancho para esta misma varilla es de 0.30 metros, en los bordes de ambos lados se tiene un recubrimiento de 0.05 metros.

Refuerzo Negativo

Ahora se calcula la longitud total requerida de varilla como:

$$5.4 \text{ m} + 6.3 \text{ m} + 4.9 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0.275 \text{ (columna)} - 2 \times 0.05 \text{ (recubrimiento de varillas)} + 0.30 \text{ (gancho varilla)} + 1.45 \text{ m (traslapo)} = 21.975 \text{ m.}$$

Se aproxima a 22 m para este caso se usa varillas de 12 metros que es la máxima longitud comercial, de esta manera se colocan 5No6 de 3 metros, 5No6 de 9 metros y 5No6 de 10 metros.

En el apoyo 2 y 3 de la viga se calculan bastones ya que se necesitan 8No6 para cumplir el acero requerido.

$$L1 = 5.4/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 2.9 \text{ m.}$$

$$L2 = 6.3/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 3.2 \text{ m.}$$

$$L3 = 4.9/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 2.7 \text{ m.}$$

$$LT = 8.8 \text{ m aprox} = 9 \text{ m.}$$

Como la separación entre apoyos es pequeña se toma la decisión de poner varillas 3No6 de 12 metros. De esta manera se cumplen los requerimientos de traslapos del reglamento NSR 10. Teniendo en cuenta la Tabla 42, se obtiene que

el empalme positivo de una varilla No 6 es de 1.10 metros, y el gancho para esta misma varilla es de 0.30 metros, en los bordes de ambos lados se tiene un recubrimiento de 0.05 metros.

8.2.1.7 Despiece viga reglamento NSR-98.

Refuerzo Positivo.

Se calcula la longitud total requerida de varilla de acuerdo a:

$5.4 \text{ m} + 6.3 \text{ m} + 4.9 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0.275 \text{ (columna)} - 2 \times 0.05 \text{ (recubrimiento de varillas)} + 0.30 \text{ (gancho varilla)} + 1.10 \text{ m (traslapo)} = 20.175 \text{ m.}$

Se aproxima a 20.5 m para este caso se usa varillas de 12 metros que es la máxima longitud comercial, de esta manera se colocan 4No6 de 12 metros, 4No6 de 8.5 metros.

De la Tabla 42 se obtiene que el empalme negativo de una varilla No 6 es de 1.45 metros, y el gancho para esta misma varilla es de 0.30 metros, en los bordes de ambos lados se tiene un recubrimiento de 0.05 metros.

Refuerzo Negativo.

Se calcula la longitud total requerida de varilla:

$5.4 \text{ m} + 6.3 \text{ m} + 4.9 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0.275 \text{ (columna)} - 2 \times 0.05 \text{ (recubrimiento de varillas)} + 0.30 \text{ (gancho varilla)} + 1.45 \text{ m (traslapo)} = 21.975 \text{ m.}$

Se aproxima a 22 m para este caso se usa varillas de 12 metros que es la máxima longitud comercial, de esta manera se colocan 4No6 de 3 metros, 4No6 de 9 metros y 4No6 de 10 metros. En el apoyo 2 y 3 de la viga se calculan bastones ya que se necesitan 6No6 para cumplir el acero requerido.

Calculo de bastones en los apoyos 2 y 3 de la viga:

$L1 = 5.4/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 2.9 \text{ m.}$

$L2 = 6.3/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 3.2 \text{ m.}$

$L3 = 4.9/3 \text{ (1/3 de la longitud de la viga)} + 1.10 \text{ (longitud de desarrollo de una varilla numero 6)} = 2.7 \text{ m.}$

LT =8.8 m aprox =9 m.

Como la separación entre apoyos es pequeña se toma la decisión de poner varillas 2No6 de 12 metros. De esta manera se cumplen los requerimientos de traslapos del reglamento NSR 98.

8.2.2. Refuerzo transversal en las vigas.

Estos refuerzos son los que soportan los esfuerzos de cortante generados por la carga muerta y viva de la estructura, la función de los refuerzos transversales es evitar fallas de cortante que suceden de una manera súbita en un elemento sometido a flexión, cuando es afectado por un sismo o sobrecargado.

Para el cálculo de los estribos se debe conocer el esfuerzo último cortante el cual esta definido por la ecuación:

$$v_u = v_u / (1000 * b * d) \text{ (MPa)} \qquad \text{C.11.3 NSR 98-NSR 10}$$

v_u : cortante último obtenido de la mayoración en SAP2000.

b: base de la viga o espesor del alma.

d: altura efectiva en la viga.

Para revisar si la viga requiere estribos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$v_s = v_n - v_c \qquad \text{C.11.2 NSR 98 – NSR 10}$$

El cortante último debe exceder la resistencia del concreto, con las anteriores ecuaciones se procede a realizar el diseño de cortante, hallar la separación de los estribos con la siguiente ecuación:

$$S = A_v * f_y / v_s * b \qquad \text{C.11-14 NSR 98 – NSR 10}$$

f_y : esfuerzo de fluencia del acero (420 MPa)

A_v : área de refuerzo de cortante dentro de una distancia s. (cm²).

b: ancho de viga.

Se realiza el análisis de cortante en la viga a flexión, en este capítulo se muestra el cálculo de separación y si se requiere estribos, combase en los requerimientos ambas reglamentaciones para el diseño de la viga.

Los requerimientos de separación de estribos, están dados por los reglamentos NSR 98 y NSR 10 en el C.21.

Al menos se deben usar estribos número 3 en la zona de confinamiento.

En la zona de confinamiento se deben poner estribos cada d/4

En la zona donde haya empalmes se deben usar estribos cada $d/4$.

Para el diseño de las vigas se uso la separación de $d/4$ para no tener inconvenientes con los empalmes y con la zona de confinamiento, es por eso que la separación de todos los estribos es:

$$d/4 = 452.23\text{mm} / 4 = 113.0575 \text{ mm. Con varilla No 3 para todos los diseños.}$$

8.2.2.1 Despiece de vigas diseñadas por el Reglamento NSR-10.

A continuación se muestra en la Figura 79 y Figura 80 el Despiece una de las Vigas de la edificación.

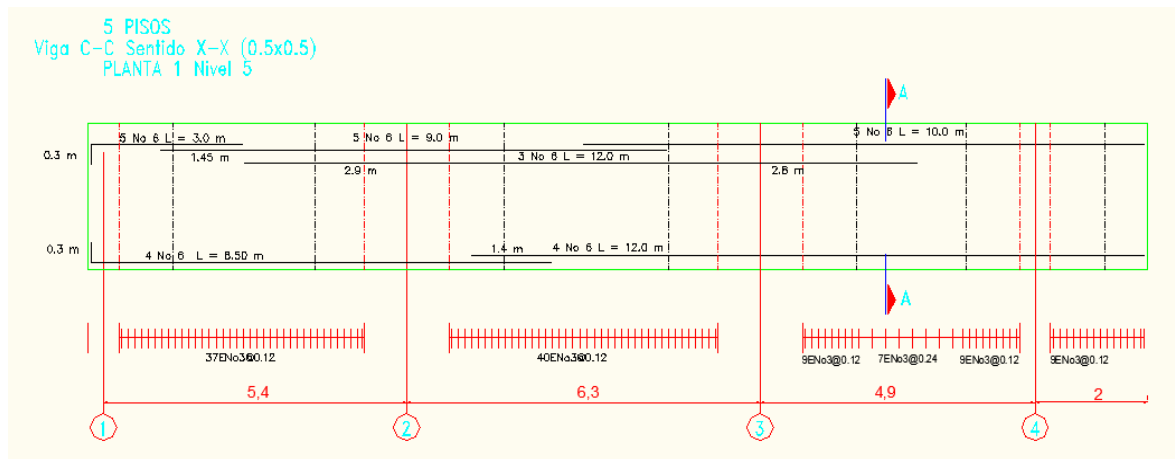


Figura 79. Despiece longitudinal Viga NSR-10.

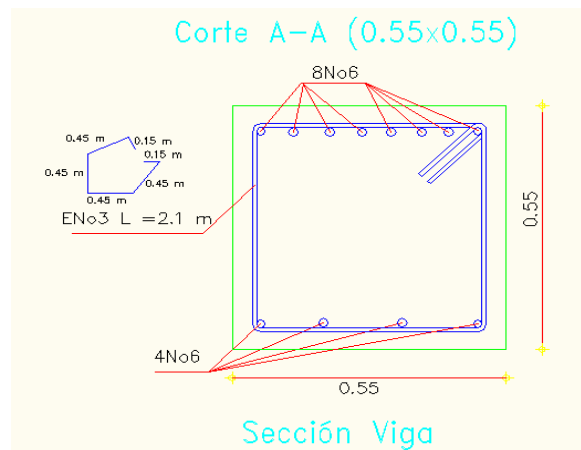


Figura 80. Despiece transversal Viga NSR-10

8.3. DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas son elementos verticales que resisten cargas a compresión y también resisten una flexión axial y biaxial, esto se debe a que las columnas forman parte de los pórticos monolíticos. Como las edificaciones analizadas en este trabajo son estructuras de capacidad especial de disipación de energía es importante cumplir con los requisitos determinados en el capítulo C para ambas normas, a continuación se describe la metodología empleada para realizar el diseño a flexión (Longitudinal), cortante (estribos) y su respectivo despiece.

8.3.1. Diseño Biaxial de la Columna. (Refuerzo Longitudinal)

8.3.1.1 Datos Iniciales.

- Las dimensiones de la columna son de 0,55 m por 0,55 m. (Ver Figura P1).
- La carga axial (P) y los momentos flectores (M2 y M3) se obtienen del SAP 2000 v11, a continuación se describe el procedimiento para importar los resultados del SAP.

8.3.1.2 Extracción de datos de SAP para Columnas.

Se ejecuta el programa, luego se va al comando Display>Show Tables, se seleccionan los comandos señalados en la Figura 81 para generar la tabla de cargas axiales y momentos flectores. (se seleccionan solo del COMBO 3 al COMBO 19).

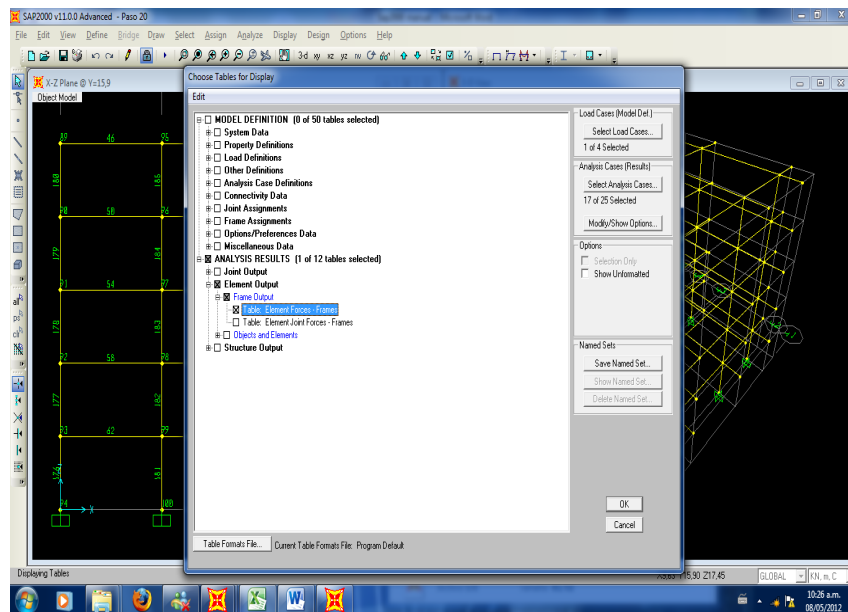


Figura 81. Procedimiento del SAP 2000 v11 (a) Columnas

Para filtrar los datos se va al menú Format-Filter-Short Format Table y se filtra seleccionando los comandos señalados en rojo como se ve en la Figura 82.

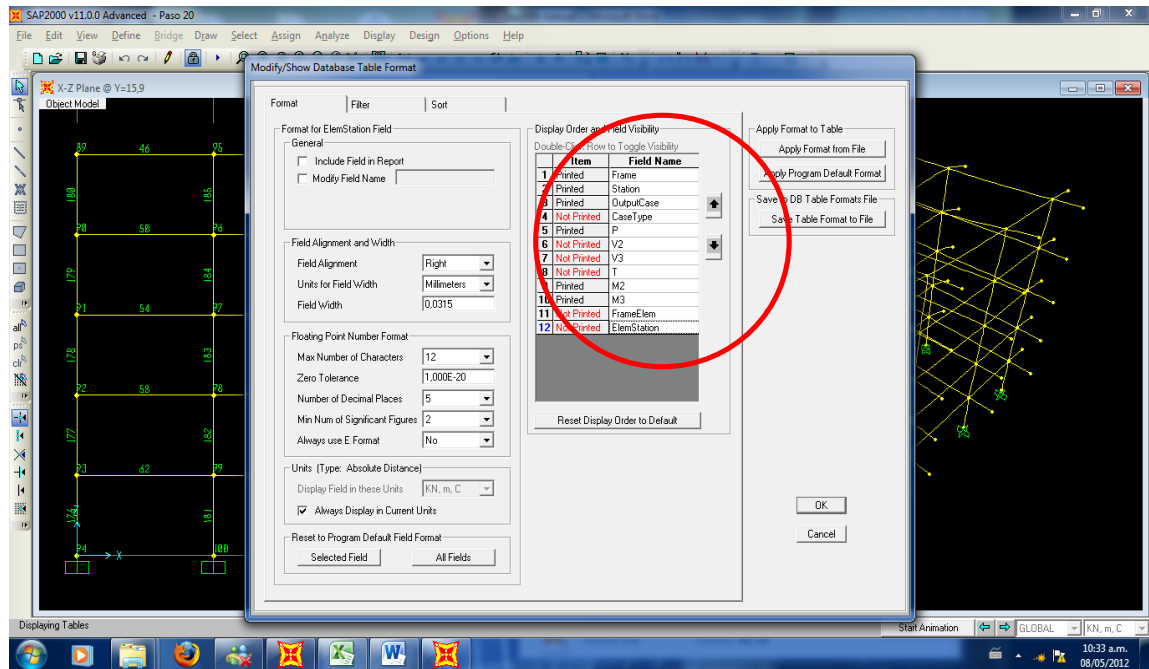


Figura 82. Procedimiento del SAP 2000 v11 (b) Columnas

Luego los datos mostrados en la tabla se exportan al programa Microsoft Office Excel.

8.3.1.3 Método de Diseño.

Para el diseño de columnas se pueden emplear métodos simples y aproximados (Método de Bresler o de La carga inversa), en este capítulo se describe el proceso realizado a partir de los resultados generados por el SAP 2000 v11.

Como se puede ver en la Tabla 49, una vez importados los datos de Excel primero se calculan los momentos Máximos y Mínimos (M2 y M3) de cada combo. Las Tabla 50 y Tabla 51 muestran los cálculos para cada reglamentación de las cargas axiales y Momentos Flectores de las columnas de acuerdo al número asignado por el SAP. (Ver Figura 73).

Los datos de la Tabla 50 y la Tabla 51, permite realizar el análisis y la distribución de los aceros de refuerzo verticales, aplicando estos datos para realizar el diseño biaxial de las columnas y asignar el acero de refuerzo longitudinal de estos elementos estructurales.

Tabla 49. Cálculos Internos de Columnas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	TABLE: Element Forces - Frames												
2	Frame	Station	OutputCase	P	M2	M3	MAX M2	MAX M3					
3	Text	m	Text	KN	KN-m	KN-m	MIN M2	MIN M3	P	M2	M3	COL	COMBO
24144	136	0	COMB3	-1755,989	-16,563	-26,7011	23,1233	78,8837	-1755,989	23,1233	78,8837	136	COMB3
24145	136	1,53	COMB3	-1755,989	3,2801	26,0913	16,563	26,7011	0	0	0	0	x
24146	136	3,06	COMB3	-1755,989	23,1233	78,8837	0	0	0	0	0	0	x
24147	136	0	COMB4	-1005,78	-10,6712	170,5184	20,6123	170,5184	-1005,78	20,6123	170,5184	136	COMB4
24148	136	1,53	COMB4	-1005,78	4,9706	79,8251	10,6712	10,8681	0	0	0	0	x
24149	136	3,06	COMB4	-1005,78	20,6123	-10,8681	0	0	0	0	0	0	x
24150	136	0	COMB5	-1110,595	-87,2079	175,4044	37,159	175,4044	-1110,595	87,2079	175,4044	136	COMB5
24151	136	1,53	COMB5	-1110,595	-25,0244	80,8946	87,2079	13,6151	0	0	0	0	x
24152	136	3,06	COMB5	-1110,595	37,159	-13,6151	0	0	0	0	0	0	x
24153	136	0	COMB6	-1524,925	62,3529	-215,4835	62,3529	132,0226	-1524,925	62,3529	215,4835	136	COMB6
24154	136	1,53	COMB6	-1524,925	29,9456	-41,7305	2,4617	215,4835	0	0	0	0	x
24155	136	3,06	COMB6	-1524,925	-2,4617	132,0226	0	0	0	0	0	0	x
24156	136	0	COMB7	-1629,74	-14,1838	-210,5975	14,0849	129,2756	-1629,74	14,1838	210,5975	136	COMB7
24157	136	1,53	COMB7	-1629,74	-0,0494	-40,661	14,1838	210,5975	0	0	0	0	x
24158	136	3,06	COMB7	-1629,74	14,0849	129,2756	0	0	0	0	0	0	x
24159	136	0	COMB8	-1065,422	103,8578	29,8713	103,8578	42,2879	-1065,422	103,8578	42,2879	136	COMB8
24160	136	1,53	COMB8	-1065,422	48,581	36,0796	6,6958	29,8713	0	0	0	0	x
24161	136	3,06	COMB8	-1065,422	-6,6958	42,2879	0	0	0	0	0	0	x
24162	136	0	COMB9	-1413,991	-150,6711	46,12	48,3314	46,12	-1413,991	150,6711	46,12	136	COMB9
24163	136	1,53	COMB9	-1413,991	-51,1698	39,6362	150,6711	33,1524	0	0	0	0	x
24164	136	3,06	COMB9	-1413,991	48,3314	33,1524	0	0	0	0	0	0	x
24165	136	0	COMB10	-1221,529	125,816	-86,1992	125,816	85,255	-1221,529	125,816	86,1992	136	COMB10

Tabla 50. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-98.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
136	COMB3	-1755,989	1755,989	23,1233	78,8837
136	COMB4	-1005,78	1005,78	20,6123	170,5184
136	COMB5	-1110,595	1110,595	87,2079	175,4044
136	COMB6	-1524,925	1524,925	62,3529	215,4835
136	COMB7	-1629,74	1629,74	14,1838	210,5975
136	COMB8	-1065,422	1065,422	103,8578	42,2879
136	COMB9	-1413,991	1413,991	150,6711	46,12
136	COMB10	-1221,529	1221,529	125,816	86,1992
136	COMB11	-1570,098	1570,098	128,7128	76,1196
136	COMB12	-648,871	648,871	16,7834	176,3939
136	COMB13	-753,686	753,686	84,2802	181,2798
136	COMB14	-1168,016	1168,016	65,2805	209,608
136	COMB15	-1272,831	1272,831	11,2561	204,7221
136	COMB16	-708,513	708,513	106,7854	35,7468
136	COMB17	-1057,082	1057,082	147,7434	51,9955
136	COMB18	-864,62	864,62	128,7437	80,3237
136	COMB19	-1213,189	1213,189	125,7851	64,075

Continuación Tabla 50. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-98.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
151	COMB3	-2224,56	2224,56	24,2119	27,8812
151	COMB4	-1925,033	1925,033	56,315	210,2657
151	COMB5	-2029,767	2029,767	12,2187	215,0928
151	COMB6	-1309,099	1309,099	24,1126	180,5072
151	COMB7	-1413,834	1413,834	81,8565	175,6802
151	COMB8	-1587,888	1587,888	107,4631	68,019
151	COMB9	-1936,19	1936,19	111,2309	84,0717
151	COMB10	-1402,677	1402,677	85,6893	49,4862
151	COMB11	-1750,979	1750,979	133,0046	33,4334
151	COMB12	-1464,26	1464,26	59,3441	205,1425
151	COMB13	-1568,994	1568,994	8,153	209,9695
151	COMB14	-848,326	848,326	20,0468	185,6305
151	COMB15	-953,06	953,06	78,8275	180,8034
151	COMB16	-1127,114	1127,114	110,4922	62,8957
151	COMB17	-1475,416	1475,416	108,2018	78,9485
151	COMB18	-941,903	941,903	88,7184	54,6094
151	COMB19	-1290,206	1290,206	129,9756	38,5566
161	COMB3	-4863,416	4863,416	9,2926	47,9895
161	COMB4	-3710,882	3710,882	17,8429	166,9844
161	COMB5	-3726,78	3726,78	62,2902	166,7204
161	COMB6	-3573,099	3573,099	48,3365	185,2278
161	COMB7	-3588,998	3588,998	31,7965	185,4918
161	COMB8	-3644,219	3644,219	121,683	44,1403
161	COMB9	-3697,091	3697,091	144,806	43,2623
161	COMB10	-3602,788	3602,788	130,8524	64,3193
161	COMB11	-3655,66	3655,66	135,6366	64,9886
161	COMB12	-2667,775	2667,775	20,4538	169,6745
161	COMB13	-2683,674	2683,674	59,6793	169,4105
161	COMB14	-2529,992	2529,992	50,9474	182,5377
161	COMB15	-2545,891	2545,891	29,1856	182,8017
161	COMB16	-2601,112	2601,112	124,2939	46,8304
161	COMB17	-2653,985	2653,985	142,1952	45,9524
161	COMB18	-2559,681	2559,681	133,4633	59,0795
161	COMB19	-2612,554	2612,554	133,0257	59,9576
166	COMB3	-4710,547	4710,547	8,3051	72,1791
166	COMB4	-3440,509	3440,509	52,1043	208,5288
166	COMB5	-3457,665	3457,665	23,6871	208,2885

Continuación Tabla 50. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-98.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
166	COMB6	-3612,675	3612,675	20,8568	142,7577
166	COMB7	-3629,83	3629,83	54,9346	142,9979
166	COMB8	-3480,758	3480,758	129,3081	85,9807
166	COMB9	-3537,811	3537,811	122,7423	85,1817
166	COMB10	-3532,528	3532,528	119,912	26,0831
166	COMB11	-3589,581	3589,581	132,1384	25,5836
166	COMB12	-2439,662	2439,662	52,5622	198,8646
166	COMB13	-2456,817	2456,817	23,2292	198,6243
166	COMB14	-2611,828	2611,828	21,3147	152,4219
166	COMB15	-2628,983	2628,983	54,4767	152,6621
166	COMB16	-2479,911	2479,911	129,766	76,3165
166	COMB17	-2536,964	2536,964	122,2844	75,5176
166	COMB18	-2531,681	2531,681	120,3699	29,3151
166	COMB19	-2588,734	2588,734	131,6805	30,114
176	COMB3	-801,383	801,383	51,4439	28,0326
176	COMB4	-404,589	404,589	32,6771	131,8919
176	COMB5	-272,283	272,283	63,8427	127,1094
176	COMB6	-930,483	930,483	91,1245	131,691
176	COMB7	-798,177	798,177	44,5306	136,4735
176	COMB8	-742,313	742,313	131,7651	45,291
176	COMB9	-302,318	302,318	127,6275	29,3866
176	COMB10	-900,448	900,448	154,9093	33,9682
176	COMB11	-460,454	460,454	104,4833	49,8726
176	COMB12	-242,784	242,784	22,5884	132,6433
176	COMB13	-110,478	110,478	67,3993	127,8609
176	COMB14	-768,677	768,677	87,5679	130,9396
176	COMB15	-636,371	636,371	34,4419	135,722
176	COMB16	-580,507	580,507	128,2085	46,0424
176	COMB17	-140,512	140,512	131,1841	30,138
176	COMB18	-738,643	738,643	151,3527	33,2168
176	COMB19	-298,648	298,648	108,0399	49,1212
191	COMB3	-1305,889	1305,889	31,8068	11,4612
191	COMB4	-1317,087	1317,087	76,761	141,6134
191	COMB5	-1186,297	1186,297	28,8946	136,9516
191	COMB6	-773,735	773,735	18,8348	119,7477
191	COMB7	-642,945	642,945	63,1384	124,4095

Continuación Tabla 50. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-98.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
191	COMB8	-1279,185	1279,185	129,2578	55,6491
191	COMB9	-844,233	844,233	93,7301	40,1459
191	COMB10	-1115,799	1115,799	107,3527	22,942
191	COMB11	-680,847	680,847	115,6352	38,4452
191	COMB12	-1045,652	1045,652	75,3245	139,0475
191	COMB13	-914,863	914,863	23,3756	134,3857
191	COMB14	-502,301	502,301	13,3159	122,3136
191	COMB15	-371,511	371,511	64,5749	126,9754
191	COMB16	-1007,75	1007,75	127,8213	53,0832
191	COMB17	-572,798	572,798	95,1666	37,58
191	COMB18	-844,365	844,365	105,9162	25,5079
191	COMB19	-409,413	409,413	117,0717	41,0111

Tabla 51. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-10.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
136	COMB3	-1674,686	1674,686	21,2126	74,0363
136	COMB4	-1103,078	1103,078	23,8798	146,8393
136	COMB5	-1224,804	1224,804	85,4456	150,9365
136	COMB6	-1752,155	1752,155	57,3001	204,1697
136	COMB7	-1873,881	1873,881	19,071	200,0724
136	COMB8	-1188,314	1188,314	103,1603	53,4523
136	COMB9	-1593,785	1593,785	151,2321	45,2705
136	COMB10	-1383,174	1383,174	123,0866	86,9335
136	COMB11	-1788,645	1788,645	131,3058	78,7518
136	COMB12	-498,199	498,199	18,825	157,4951
136	COMB13	-619,926	619,926	81,1795	161,5924
136	COMB14	-1147,276	1147,276	61,5663	193,5139
136	COMB15	-1269,003	1269,003	14,8049	189,4166
136	COMB16	-583,436	583,436	107,4265	29,9034
136	COMB17	-988,907	988,907	146,966	43,5515
136	COMB18	-778,295	778,295	127,3528	75,473
136	COMB19	-1183,766	1183,766	127,0397	61,8249
151	COMB3	-2095,764	2095,764	16,0331	27,9187
151	COMB4	-2211,713	2211,713	55,0131	191,2459
151	COMB5	-2332,583	2332,583	12,5157	195,1508
151	COMB6	-1439,758	1439,758	20,9301	164,5953
151	COMB7	-1560,628	1560,628	78,3009	160,6905

Continuación Tabla 51. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-10.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
151	COMB8	-1800,736	1800,736	110,7001	62,1877
151	COMB9	-2203,353	2203,353	114,2386	75,1948
151	COMB10	-1568,988	1568,988	90,9507	44,6394
151	COMB11	-1971,605	1971,605	133,9879	31,6322
151	COMB12	-1478,178	1478,178	58,7153	184,4196
151	COMB13	-1599,048	1599,048	8,8136	188,3245
151	COMB14	-706,223	706,223	17,1178	171,4216
151	COMB15	-827,093	827,093	74,5988	167,5167
151	COMB16	-1067,201	1067,201	114,4023	55,3614
151	COMB17	-1469,818	1469,818	110,5364	68,3686
151	COMB18	-835,453	835,453	94,6529	51,4657
151	COMB19	-1238,07	1238,07	130,2858	38,4585
161	COMB3	-3843,239	3843,239	7,9243	64,7495
161	COMB4	-3633,173	3633,173	20,3171	136,4735
161	COMB5	-3653,514	3653,514	61,8483	136,2133
161	COMB6	-3454,597	3454,597	48,6195	185,2301
161	COMB7	-3474,938	3474,938	33,546	185,4902
161	COMB8	-3546,982	3546,982	125,9838	37,1751
161	COMB9	-3614,739	3614,739	147,7094	38,045
161	COMB10	-3493,372	3493,372	134,4805	85,1258
161	COMB11	-3561,129	3561,129	139,2127	85,9957
161	COMB12	-2383,179	2383,179	23,608	143,8185
161	COMB13	-2403,521	2403,521	58,5574	143,5583
161	COMB14	-2204,603	2204,603	51,9104	177,8851
161	COMB15	-2224,945	2224,945	30,255	178,1452
161	COMB16	-2296,989	2296,989	129,2748	31,5592
161	COMB17	-2364,746	2364,746	144,4184	30,6926
161	COMB18	-2243,378	2243,378	137,7714	65,7743
161	COMB19	-2311,136	2311,136	135,9218	66,6442
166	COMB3	-3949,474	3949,474	7,2437	58,0229
166	COMB4	-3550,627	3550,627	46,9283	189,6096
166	COMB5	-3572,651	3572,651	31,6366	189,4214
166	COMB6	-3770,992	3770,992	18,2103	130,9614
166	COMB7	-3793,016	3793,016	60,3546	131,1496
166	COMB8	-3602,064	3602,064	128,4476	77,6627
166	COMB9	-3675,424	3675,424	133,2524	77,1897
166	COMB10	-3668,219	3668,219	119,8261	30,3243

Continuación Tabla 51. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-10.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
166	COMB11	-3741,579	3741,579	141,8738	29,9687
166	COMB12	-2285,606	2285,606	49,2698	179,1929
166	COMB13	-2307,63	2307,63	29,2952	179,0047
166	COMB14	-2505,971	2505,971	20,5518	141,3781
166	COMB15	-2527,994	2527,994	58,0131	141,5663
166	COMB16	-2337,042	2337,042	130,789	67,2461
166	COMB17	-2410,403	2410,403	130,911	66,6191
166	COMB18	-2403,198	2403,198	122,1676	28,9925
166	COMB19	-2476,558	2476,558	139,5324	29,6195
176	COMB3	-715,112	715,112	46,4269	23,0185
176	COMB4	-415,71	415,71	37,8824	116,1497
176	COMB5	-262,783	262,783	58,1138	112,072
176	COMB6	-1065,369	1065,369	89,7501	123,5165
176	COMB7	-912,443	912,443	47,5096	127,5942
176	COMB8	-821,259	821,259	134,9035	37,0442
176	COMB9	-311,859	311,859	124,2968	23,4615
176	COMB10	-1016,293	1016,293	155,933	34,906
176	COMB11	-506,894	506,894	103,2672	48,4887
176	COMB12	-185,896	185,896	22,5447	117,9682
176	COMB13	-32,97	32,97	63,3486	113,8905
176	COMB14	-835,556	835,556	84,5154	121,698
176	COMB15	-682,629	682,629	32,1719	125,7757
176	COMB16	-591,445	591,445	129,6688	38,8627
176	COMB17	-82,046	82,046	129,5315	25,28
176	COMB18	-786,479	786,479	150,6983	33,0875
176	COMB19	-277,08	277,08	108,502	46,6702
191	COMB3	-1118,168	1118,168	27,8137	5,6903
191	COMB4	-1448,928	1448,928	75,2258	125,6604
191	COMB5	-1297,868	1297,868	28,9934	121,9031
191	COMB6	-776,464	776,464	22,5316	111,6418
191	COMB7	-625,403	625,403	59,3855	115,3991
191	COMB8	-1389,697	1389,697	132,4797	47,0087
191	COMB9	-886,515	886,515	96,9009	34,493
191	COMB10	-1187,817	1187,817	112,7412	24,2317
191	COMB11	-684,634	684,634	116,6394	36,7474
191	COMB12	-1088,384	1088,384	72,9566	123,6781
191	COMB13	-937,324	937,324	19,9888	119,9208

Continuación Tabla 51. Cargas axiales y momentos flectores columnas NSR-10.

Elemento	COMBO	P (kN)	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
191	COMB14	-415,92	415,92	13,527	113,624
191	COMB15	-264,86	264,86	61,6548	117,3813
191	COMB16	-1029,153	1029,153	130,2104	45,0265
191	COMB17	-525,971	525,971	99,1701	32,5108
191	COMB18	-827,273	827,273	110,4719	26,214
191	COMB19	-324,091	324,091	118,9086	38,7297

8.3.1.4 Determinación de la Cuantía (ρ) de Diseño.

Ahora se calcula el diagrama de interacción para columnas de 0.55 x 0.55, primero se insertan los valores de la carga axial (Siempre en valor absoluto) y momentos flectores en una hoja de EXCEL (Ver Tabla 52), ya programada para determinar la cuantía ρ de diseño para cada columna.

Tabla 52. Cálculos Internos para Determinar ρ

Tabla C.3.5.3-2									
No	ϕ (mm)	A (mm ²)							
3	9,5	71							
4	12,7	129							
5	15,9	199							
6	19,1	284							
7	22,2	387							
8	25,4	510							

$f'_c =$	21 MPa								$\rho =$	0,01
$f_y =$	420 MPa									
$E_s =$	200000 MPa		550 mm							
$\epsilon_y =$	0,0021									
$A's =$	1512,5 mm ²									
$A_s =$	1512,5 mm ²			62,225		62,225				
Varilla No	8	Cantidad Varillas	2,96568627							
$\Delta e =$	0,00021				550 mm					
$\epsilon_c =$	0,003			$\epsilon_c =$	0,003			$\epsilon_c =$	0,003	
$\epsilon_s =$	0,00021			$\epsilon_s =$	0,00042			$\epsilon_s =$	0,00063	
$c =$	514,018692 mm			$c =$	482,45614 mm			$c =$	454,545455 mm	
$\epsilon'_s =$	0,00263683 El acero cede			$\epsilon'_s =$	0,00261307 El acero cede			$\epsilon'_s =$	0,00258932 No cede el acero	
$\epsilon_s =$	-0,00015317			$\epsilon_s =$	3,3074E-05			$\epsilon_s =$	0,00021932	
$a =$	436,915888			$a =$	410,087719			$a =$	386,363636	
$C_c =$	4289,42173 kN	$d_{cc} =$	269,317056 mm	$C_c =$	4026,03618 kN	$d_{cc} =$	282,73114 mm	$C_c =$	3793,125 kN	$d_{cc} =$
$C's =$	608,251875 kN	$d_{c's} =$	425,55 mm	$C's =$	608,251875 kN	$d_{c's} =$	425,55 mm	$C's =$	608,251875 kN	$d_{c's} =$
$T_s =$	-46,3332375 kN			$T_s =$	10,004775 kN			$T_s =$	66,3427875 kN	
$P_n =$	4944,00684 kN	$d_n =$	212,775 mm	$P_n =$	4624,28328 kN	$d_n =$	212,775 mm	$P_n =$	4335,03409 kN	$d_n =$
$M_n =$	362,094962 kN.m			$M_n =$	413,195511 kN.m			$M_n =$	453,88347 kN.m	
$\phi =$	0,65			$\phi =$	0,65			$\phi =$	0,65	

Luego se obtienen las Figura 83 y Figura 84 correspondientes al Diagrama de Interacción de Columnas, calculadas para ambos reglamentos respectivamente, de las cuales se puede observar que todos los puntos se encuentran ubicados por debajo de la cuantía mínima, es decir que se trabaja con un valor de $\rho = 0.01$.

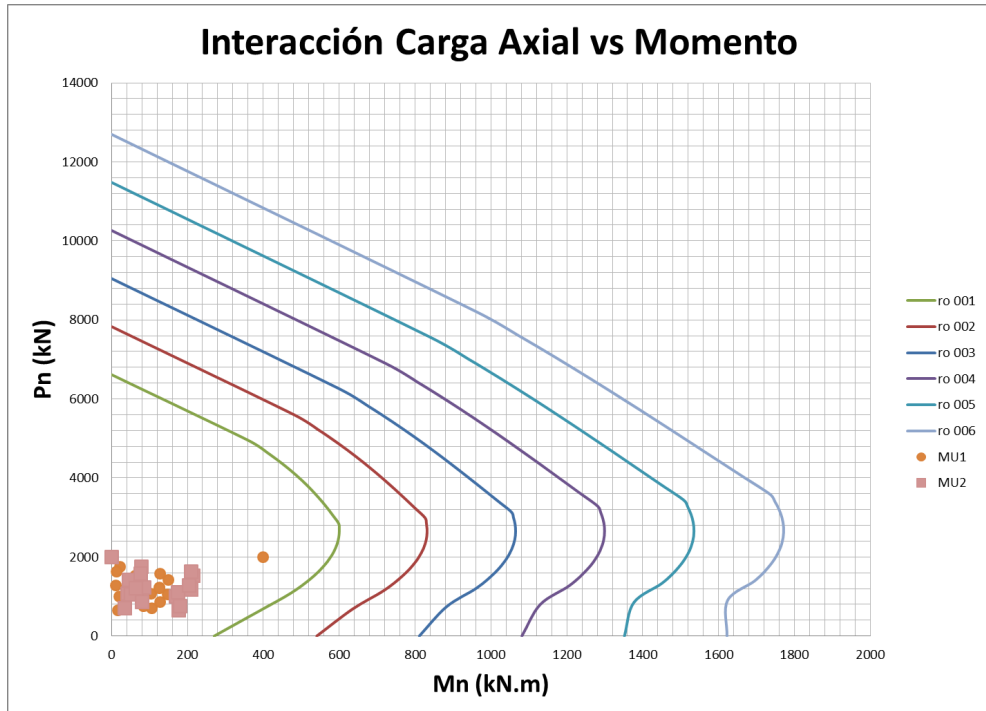


Figura 83. Diagrama de Interacción de Columnas para la NSR-98.

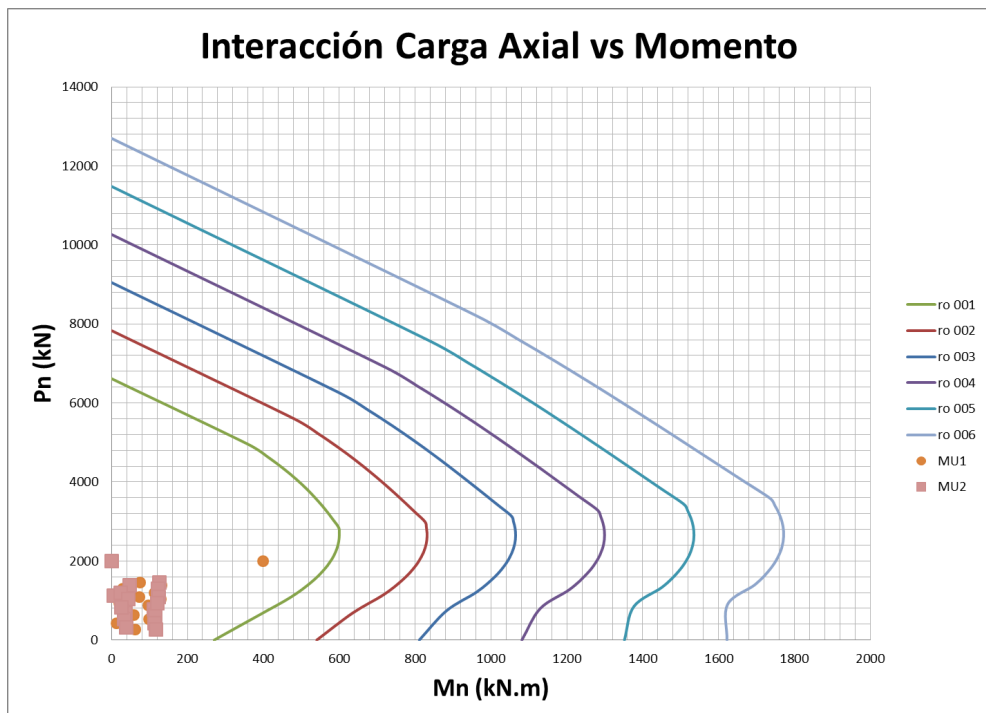


Figura 84. Diagrama de Interacción de Columnas para la NSR-98.

Finalmente en la Tabla 53 se puede observar el resultado de las cuantías correspondientes a cada columna para ambas reglamentaciones.

Tabla 53. Resultados de Cuantías.

	NSR -98	NSR-10
COLUMNAS	ρ De Diseño	ρ De Diseño
136	0.01	0.01
151	0.01	0.01
161	0.01	0.01
166	0.01	0.01
176	0.01	0.01
191	0.01	0.01

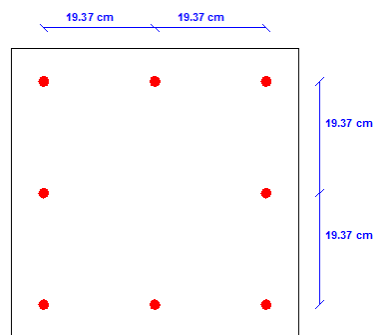
Como se pudo observar todas las columnas de la Planta 1 por 5 pisos diseñadas por la NSR-98 tienen la misma cuantía que todas las columnas diseñadas por NSR-10; por tanto el cálculo de la cantidad y distribución de aceros al igual que el despiece es exactamente el mismo.

8.3.1.5 Cálculo y Distribución de Aceros.

La Tabla 54 muestra la cantidad de acero necesario y en la Figura 85 se puede observar la distribución y separación de los mismos.

Tabla 54. Acero Requerido para Columnas.

ρ	Numero de Varillas	Diámetro (Pulg)	Espacio (m)	Separación (m)
0.01	8	6	0.38	0.19
8 No 6 c/a 0.19 metros				



TIPO 1

Figura 85. Separación de Aceros Columna de 0.55 x 0.55.

8.3.2. Diseño a Cortante.

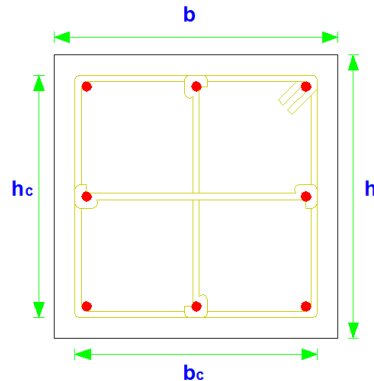


Figura 86. Dimensiones Efectivas de una Columna.

8.3.2.1 Datos Iniciales.

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

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

8.3.2.2 Cálculos Iniciales.

A continuación se describen los cálculos que se realizan con el fin de determinar:
(Para ambas reglamentaciones es el mismo)

A_g – Área Bruta de la sección

$$A_g = b \cdot h$$

A_{ch} – Área del Núcleo

$$A_{ch} = b_c \cdot h_c$$

s – Espaciamiento del Refuerzo Transversal

$$s_1 \leq b/4$$

$s_1 \leq 10 \text{ cm}$ La menor entre las dos es s .

A_{sh} – Área de Refuerzo Transversal

$$A_{sh1} = 0.3 \cdot s \cdot h_c \cdot f'_c \cdot ((A_g/A_{ch}) - 1) / f_y$$

$$A_{sh2} = 0.09 \cdot s \cdot h_c \cdot f'_c / f_y \quad \text{Se escoge el Mayor de los dos.}$$

No Ramas – Número de Ramas

$$\text{No Ramas} = A_{sh} / \text{Area Varilla}$$

En la Tabla 55 se puede ver los resultados de los cálculos Iniciales.

Tabla 55. Cálculos Iniciales de Columnas

Ag =	302500	mm ²
Ach =	209123,29	mm ²
f'c =	21	MPa
fy =	420	MPa
s =	95,25	mm
Ash1 =	291,7384089	mm ²
Ash2 =	196,0102125	mm ²
No	4	
As est =	126,6768698	mm ²
No Ramas	3	
h libre	2.51	m

8.3.2.3 Zona de Confinamiento.

- Longitud máxima de confinamiento.

(a) $L_c = h$

$L_c = 55 \text{ cm}$

(b) $L_c = \text{Altura Libre de entre piso}$

$L_c = 42 \text{ cm}$

(c) $L_c = 50 \text{ cm}$ para NSR-98

$L_c = 45 \text{ cm}$ para NSR-10

La Mayor entre las Tres.

Por tanto.

$L_c = 55 \text{ cm}$

- Separación de confinamiento.

$s = 9.5 \text{ cm}$

8.3.2.4 Cálculo de la cantidad de Estribos.

Para saber la cantidad de estribos se toma la longitud de confinamiento y se divide sobre la separación mas 1 por tanto son 7 estribos de 3 ramas No 4 cada 9,5 cm.

8.3.2.5 Zona No Confinada.

Se calcula como la Altura Libre menos el espesor de la placa, menos dos veces la Zona de confinamiento, el cálculo de la cantidad de estribos se hace de manera igual a la Zona confinada; por tanto la zona No confinada tiene 6 estribos de 3 Ramas Numero 4 cada 18 cm.

8.3.2.6 Despiece de flexión y cortante en la columna.

En la Figura 87 y la Figura 88 se observa el despiece de flexión y cortante de la columna analizada para ambos reglamentos.

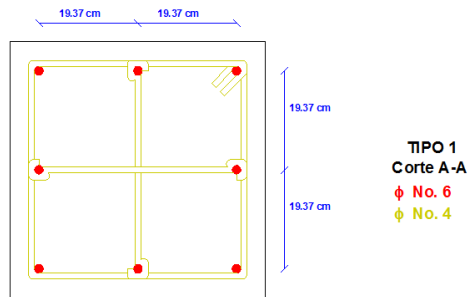


Figura 87. Sección transversal de una Columna de 0.55 m x 0.55m

8.4. DISEÑO DE MUROS ESTRUCTURALES.

Los muros estructurales son muy eficientes, puesto que brindan una alta rigidez y capacidad de resistir esfuerzos horizontales, generados por la acción sísmica, para el diseño de los muros estructurales se tiene en cuenta que la ubicación de las edificaciones diseñadas se encuentran es una zona de amenaza sísmica alta, por tanto la capacidad de disipación de energía de las estructuras es DES (capacidad especial de disipación de energía). Los requisitos para considerar un elemento como muro se describen en el capítulo C para ambas Reglamentaciones.

A continuación se describe el procedimiento que se utilizó para el diseño de los muros estructurales.

8.4.1. Dimensiones del Muro.

Las dimensiones de los muros dependen de la corrección de las derivas las cuales se especificaron en el capítulo 7.4 del presente libro. La Tabla 56 muestra las dimensiones iniciales necesarias para el diseño del muro.

Tabla 56. Datos Iniciales Para el Diseño de Muros

Lw =	1000	mm	
Hw =	15300	mm	
e viga =	550	mm	hp – Altura entrepiso.
hp =	3060	mm	hp Libre – Altura Libre.
hp libre =	2785	mm	t – Espesor del muro
t =	300	mm	b – Base del Muro
b =	1000	mm	d – 0.8 Lw
d =	800	mm	

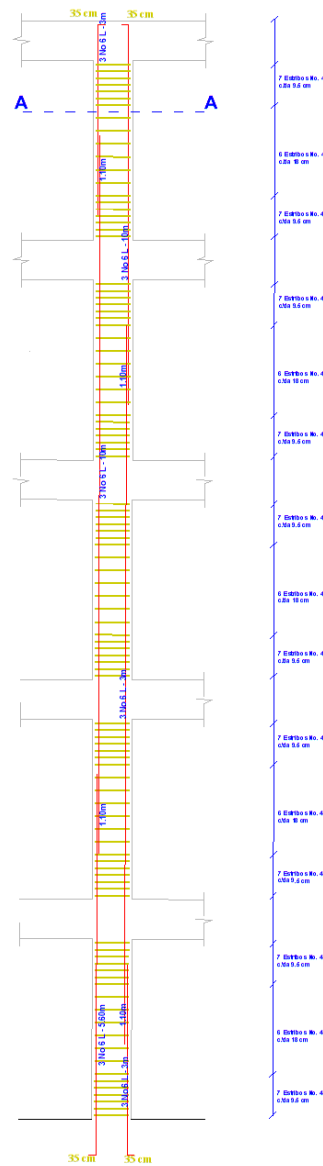


Figura 88. Despiece Longitudinal de columnas

8.4.2. Cargas Utilizadas para el Diseño de Muros.

Las cargas utilizadas para el diseño de los muros se obtienen a partir de los resultados generados por el SAP 2000 v11, a continuación se muestra el procedimiento utilizado para obtener los datos del programa.

Extracción de Datos de SAP para Muros.

Se corre el programa (Ver ANEXO A Paso 17), luego se va al comando Display-Show Tables, se seleccionan los comandos señalados en la Figura 89 para

generar la tabla de cargas axiales y momentos flectores. (Se seleccionan solo del COMBO 3 al COMBO 19).

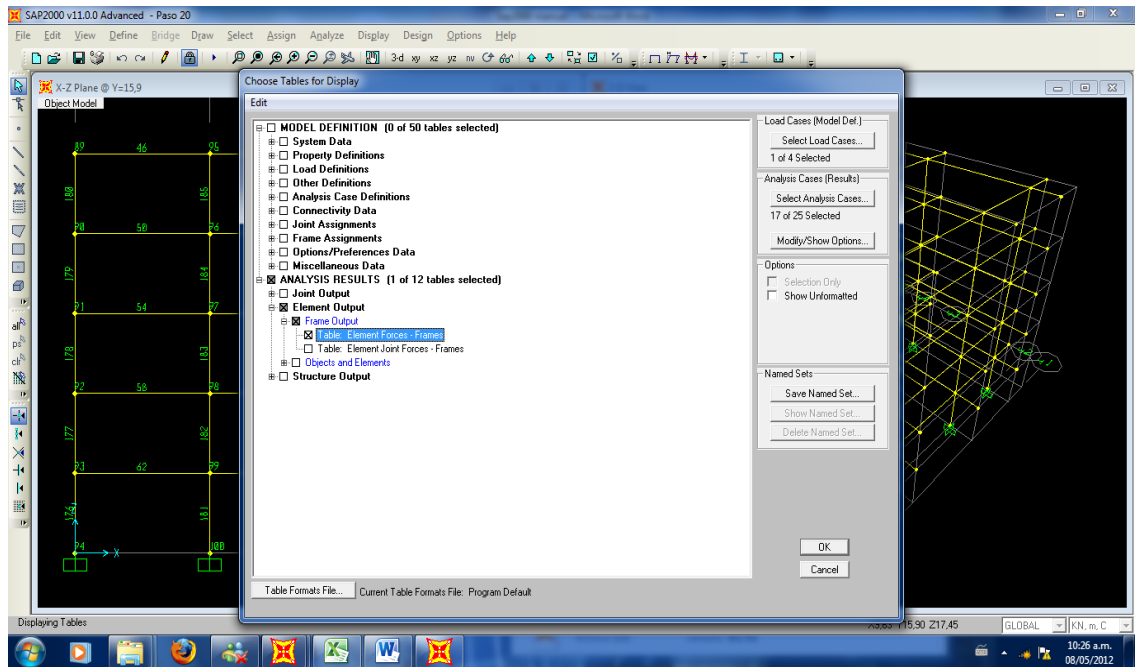


Figura 89. Procedimiento SAP 2000 v11(a) Muros

Para filtrar los datos se va al menú Format-Filter-Short Format Table y se filtra seleccionando los comandos señalados en rojo como se ve en la Figura 90.

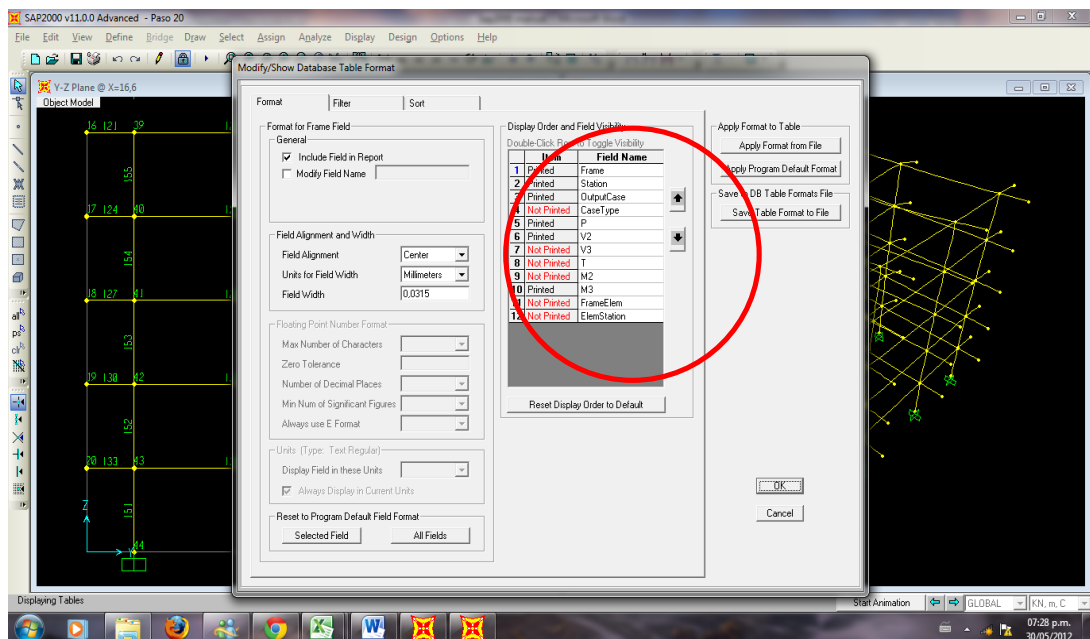


Figura 90. Procedimiento SAP 2000 v11(b) Muros

Una vez extraídos los datos se calcula el momento máximo y la máxima carga axial para cada muro, en la Figura 74 y la Figura 75 se observa la ubicación de los muros y en la Tabla 37 se puede ver las columnas que fueron remplazadas por muros con su respectiva nomenclatura asignada.

En la Tabla 57 se observan las cargas de diseño de los muros bajo los lineamientos de la NSR-98 y NSR-10 respectivamente.

Tabla 57. Cargas de Diseño de Los Muros

		NSR -98			NSR -10		
		Axial (P) (kN)	Cortante (V2) (kN)	Momento (M3) (KN.m)	Axial (P) (kN)	Cortante (V2) (kN)	Momento (M3) (KN.m)
MURO 1	Mayor Carga Axial	3174,669	2,732	24,3005	3237,511	3,402	43,4332
	Mayor Momento	2479,633	213,143	562,0732	2995,583	388,398	1430,4122
MURO 2	Mayor Carga Axial	3006,656	30,42	48,7353	2889,5	25,931	26,7582
	Mayor Momento	2187,287	240,64	585,8075	2487,502	417,329	1449,711
MURO 3	Mayor Carga Axial	1698,085	3,514	30,1036	1642,689	93,289	358,3519
	Mayor Momento	1365,486	145,94	386,2341	1533,662	258,917	976,4858
MURO 4	Mayor Carga Axial	1525,891	20,503	40,0813	1537,765	42,802	189,5717
	Mayor Momento	1139,665	162,734	400,7291	1318,762	275,881	987,8017
MURO 5	Mayor Carga Axial	2609,539	44,334	95,1052	2145,635	22,141	323,4138
	Mayor Momento	520,199	128,858	218,2696	1831,697	840,523	4545,6899
MURO 6	Mayor Carga Axial	4237,076	4,772	8,8371	3067,375	28,285	335,1014
	Mayor Momento	3405,021	55,921	112,3471	2721,847	691,481	4138,1068

8.4.3. Cálculos generales para el Diseño de Muros.

A continuación se describen paso a paso los requisitos generales y sus respectivos cálculos para empleados en el diseño de Muros Estructurales. El procedimiento es el mismo para ambas reglamentaciones.

8.4.3.1 Paso 1.

Determinación de un Elemento como muro.

$$\frac{hp_{libre}}{Lw} < 3$$

Trabaja como Muro.

8.4.3.2 Paso 2.

Condición crítica de carga de cortante.

$$\phi = 0.85$$

$$Vu_{\max} = 2.65 * \phi * \sqrt{f'c} * d * t$$

8.4.3.3 Paso 3.

Clasificación.

$$\frac{Hw}{Lw} > 2$$

El muro es alto.

8.4.3.4 Paso 4.

Resistencia al cortante aportada por el concreto.

$$\phi V_c = \frac{\phi * \sqrt{f'c} * d * t}{6}$$

$$\phi V_c = \phi * \left(\frac{\sqrt{f'c}}{4} + \frac{Pu}{4 * Lw * t} \right) * d * t$$

Se calculan las dos Ecuaciones.

Si $\frac{Mu}{Vu} - \frac{Lw}{2} > 0$ se aplica la siguiente Ecuación.

$$\phi V_c = \phi * \left(\frac{\sqrt{f'c}}{20} + \frac{Lw * \left(\frac{\sqrt{f'c}}{10} + \frac{Pu}{5 * Lw * t} \right)}{\frac{Mu}{Vu} - \frac{Lw}{2}} \right) * d * t$$

Se selecciona la menor Fuerza resistente nominal a cortante del concreto (ϕV_c).

8.4.3.5 Paso 5. Refuerzo horizontal y vertical del muro.

El diseño del refuerzo horizontal y vertical es igual, primero se calcula la cuantía del refuerzo, luego se determina la cantidad de varillas y la separación entre ellas.

El procedimiento es el mismo para ambas reglamentaciones.

Cuantía del Refuerzo Horizontal (ρ_h) y Vertical (ρ_v).

$$\rho_h = \rho_v = \frac{Vu - \phi V_c}{\phi * F_y * d * t}$$

Refuerzo Horizontal (A_{sh}) y Vertical (A_{sv}).

$$N_{Varillas} = \frac{(A_{sh} o A_{sv}) / 2}{Area_{Varilla}}$$
$$S_2 = S_1 = \frac{b}{N_{Varillas}}$$

Donde:

$S_1=S_2$ Espaciamiento del refuerzo vertical al muro.

Revisión de la Separación $S_1=S_2$.

$$S = S_2 = S_1$$

$$S1 = \frac{Lw}{5}$$

$$S2 = 3 * t$$

$$S3 \leq 500mm$$

8.4.3.6 Paso 6. Elementos de Borde

Para diseñar los elementos de borde lo primero es calcular si el muro requiere o no elementos de borde, luego se realiza el dimensionamiento del elemento de borde y finalmente se calcula el refuerzo transversal.

8.4.3.7 Comprobación de los Elementos de Borde.

$$f_c_{max} = 0.15 * f'c$$

$$f_c = \frac{Pu}{t * Lw} + \frac{6 * Mu}{t * Lw^2}$$

Si $f_{c_{Max}} > f_c$, Se necesitan elementos de Borde.

Dimensionamiento de los Elementos de Borde.

El cálculo de los elementos se hace por medio de las siguientes ecuaciones.

$$\frac{Pu}{2} + \frac{Mu}{Lw - y} = 0.85 * f'c * x * y$$

$$P_{axial} = \frac{Pu}{2} + \frac{Mu}{Lw - y}$$

$$P_{axial} = 0.8 * \phi * [0.85 * f'c * (Ag - Ast) + Ast * fy]$$

Donde:

P_{axial} – Carga axial de Diseño

ϕ – 0.70 Coeficiente de reducción de resistencia para fuerza axial con flexión

$f'c$ – Resistencia del concreto a los 28 días, Mpa.

Ag – x, y área bruta de la sección, mm²

A_{st} – Área del refuerzo vertical, mm²

fy – Resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo, Mpa.

El número de varillas que requiere se calcula:

$$No_{Varillas} = \frac{A_{st}}{Area_{Varilla}}$$

La separación se calcula de acuerdo a la Figura 91.

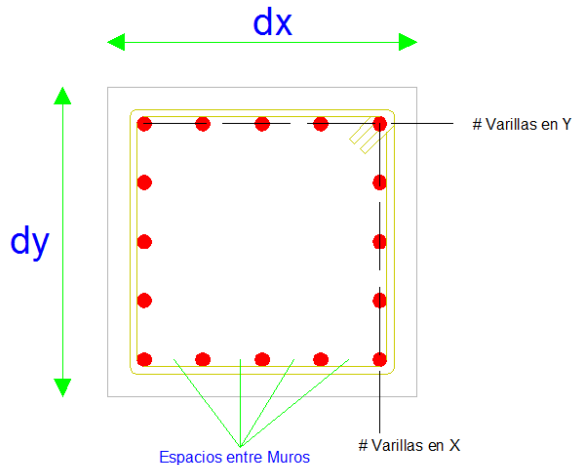


Figura 91. Dimensiones efectivas de un elemento de borde de muro.

Recubrimiento= 3 cm.

$$Sep_X = \frac{dx - 2 * \phi_{Estribos} - 2 \text{Recubrimiento} - (NoVarillasX * AreaVarillas)}{NoEspaciosAceros}$$

$$Sep_Y = \frac{d_Y - 2 * \phi_{Estribos} - 2 \text{Recubrimiento} - (NoVarillasY * AreaVarillas)}{NoEspaciosAceros}$$

8.4.3.8 Refuerzo transversal de los Elementos de Borde.

El cálculo del refuerzo transversal se calcula a partir de la Figura 92 utilizando las siguientes ecuaciones.

$$A_{ch} = bc * hc$$

$$A_{sh} = 0.3 * \frac{s * hc * f'c}{f_{yh}} * \left[\left(\frac{Ag}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.09 * \frac{s * hc * f'c}{f_{yh}}$$

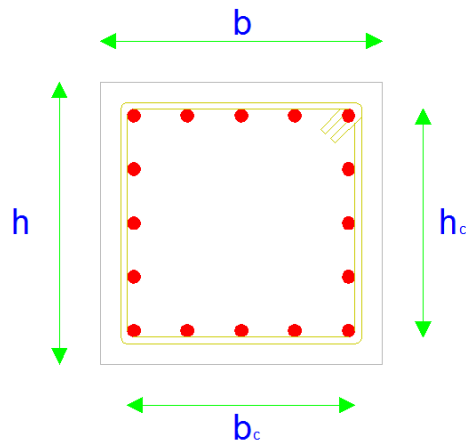


Figura 92. Sección Transversal De un Muro

A_{ch} – Área del Núcleo confinado

A_{sh} – Área del Refuerzo Horizontal

s – Espaciamiento del Refuerzo transversal

A continuación se muestran Los resultados de los cálculos anteriores para el diseño de los muros.

Cálculos Internos de Muros

La Tabla 58 y la Tabla 59 muestran los resultados de los cálculos de los procedimientos mencionados a lo largo de este numeral.

Tabla 58. Resultados de cálculos de muros NSR-98

MURO X FINAL														
MURO No.	Lw (mm)	t (mm)	MALLA DE ACERO				ELEMENTOS DE BORDE							
			Refuerzo Horizontal		Refuerzo Vertical		X	Y	Refuerzo Vertical			Estribo		
			Cant.	Separacion	Cant.	Separacion			Cant.	Separacion X	Separacion Y	Cant.	Separacion	
X141-145	1000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	310	8 varilla No 8	69,2	74,2	2 Ramas No 4	75	
X146-150	1000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	300	8 varilla No 8	69,2	69,2	2 Ramas No 4	75	
X181-185	1000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	180	4 varilla No 8	163,8	43,8	2 Ramas No 4	75	
X186-190	1000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	180	4 varilla No 8	163,8	43,8	2 Ramas No 4	75	
X141-145	1000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	310	8 varilla No 8	69,2	74,2	2 Ramas No 4	75	
MURO Y FINAL														
MURO No.	Lw (mm)	t (mm)	MALLA DE ACERO				ELEMENTOS DE BORDE							
			Refuerzo Horizontal		Refuerzo Vertical		X	Y	Refuerzo Vertical			Estribo		
			Cant.	Separacion	Cant.	Separacion			Cant.	Separacion X	Separacion Y	Cant.	Separacion	
Y156-160	2000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	260	8 varilla No 8	69,2	49,2	2 Ramas No 4	75	
Y171-175	2000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	400	12 varilla No 8	69,2	46,9	2 Ramas No 4	75	
Y171-175	2000	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	400	12 varilla No 8	69,2	46,9	2 Ramas No 4	75	

Tabla 59. Resultados De cálculos de muros NSR-10

MURO X FINAL														
MURO No.	Lw (mm)	t (mm)	MALLA DE ACERO				ELEMENTOS DE BORDE							
			Refuerzo Horizontal		Refuerzo Vertical		X	Y	Refuerzo Vertical			Estribo		
			Cant.	Separacion	Cant.	Separacion			Cant.	Separacion X	Separacion Y	Cant.	Separacion	
X141-145	1500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	310	8 varilla No 8	69,2	74,2	2 Ramas No 4	75	
X146-150	1500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	280	8 varilla No 8	69,2	59,2	2 Ramas No 4	75	
X181-185	1500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	220	8 varilla No 8	69,2	29,2	2 Ramas No 4	75	
X186-190	1500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	220	8 varilla No 8	69,2	29,2	2 Ramas No 4	75	
X141-145	1500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	310	8 varilla No 8	69,2	74,2	2 Ramas No 4	75	
MURO Y FINAL														
MURO No.	Lw (mm)	t (mm)	MALLA DE ACERO				ELEMENTOS DE BORDE							
			Refuerzo Horizontal		Refuerzo Vertical		X	Y	Refuerzo Vertical			Estribo		
			Cant.	Separacion	Cant.	Separacion			Cant.	Separacion X	Separacion Y	Cant.	Separacion	
Y156-160	2500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	230	8 varilla No 8	69,2	34,2	2 Ramas No 4	75	
Y171-175	2500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	320	8 varilla No 8	69,2	79,2	2 Ramas No 4	75	
Y171-175	2500	300	1 varilla No 3	190	1 varilla No 3	190	300	320	8 varilla No 8	69,2	79,2	2 Ramas No 4	75	

Distribución de Aceros

La Figura 93 muestra la distribución de aceros para muros en X para la Norma NSR-98

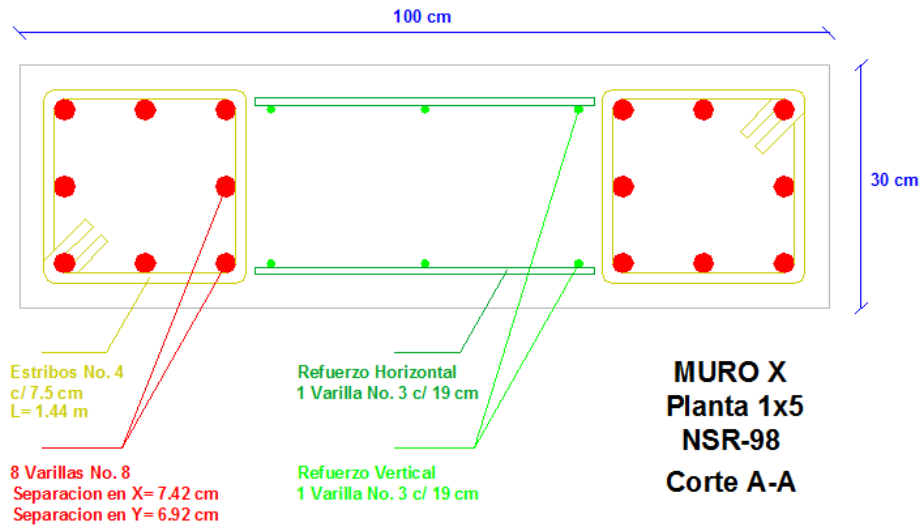


Figura 93. Muro en X 1x5 NSR-98

La Figura 94 muestra la distribución de aceros para muros en Y en la Norma NSR-98.

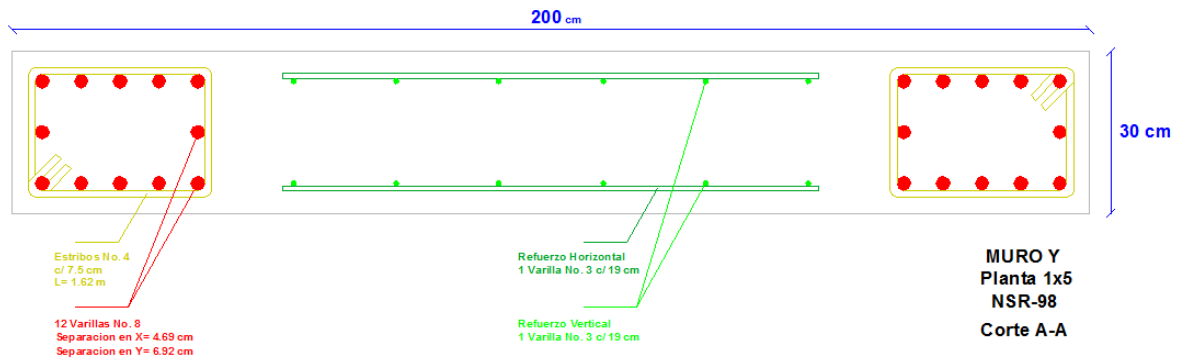


Figura 94. Muro en Y 1x5 NSR-98

La Figura 95 muestra la distribución de aceros para muros X NSR-10.

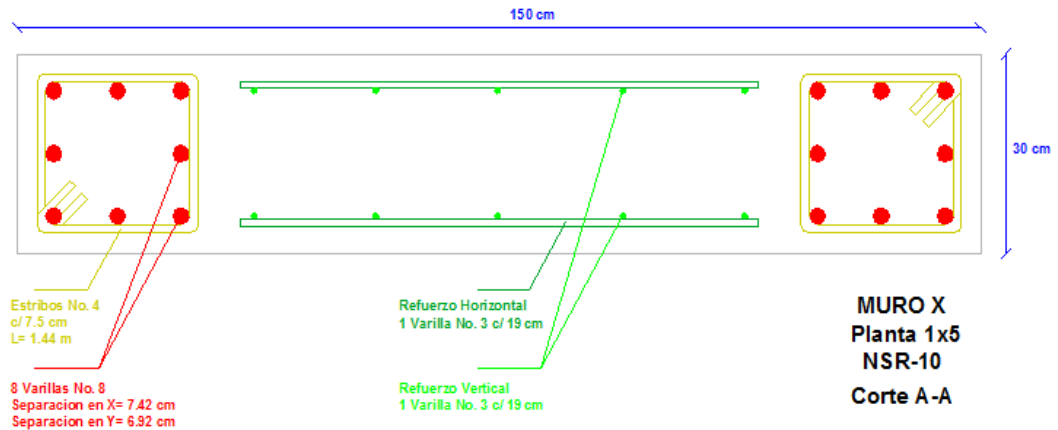


Figura 95. Muro en X 1x5 NSR-10

La Figura 96 Muestra la distribución de aceros para muros Y NSR-10.

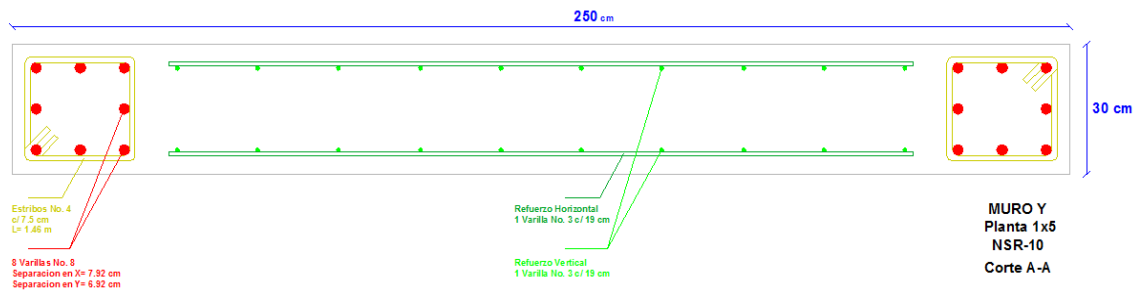
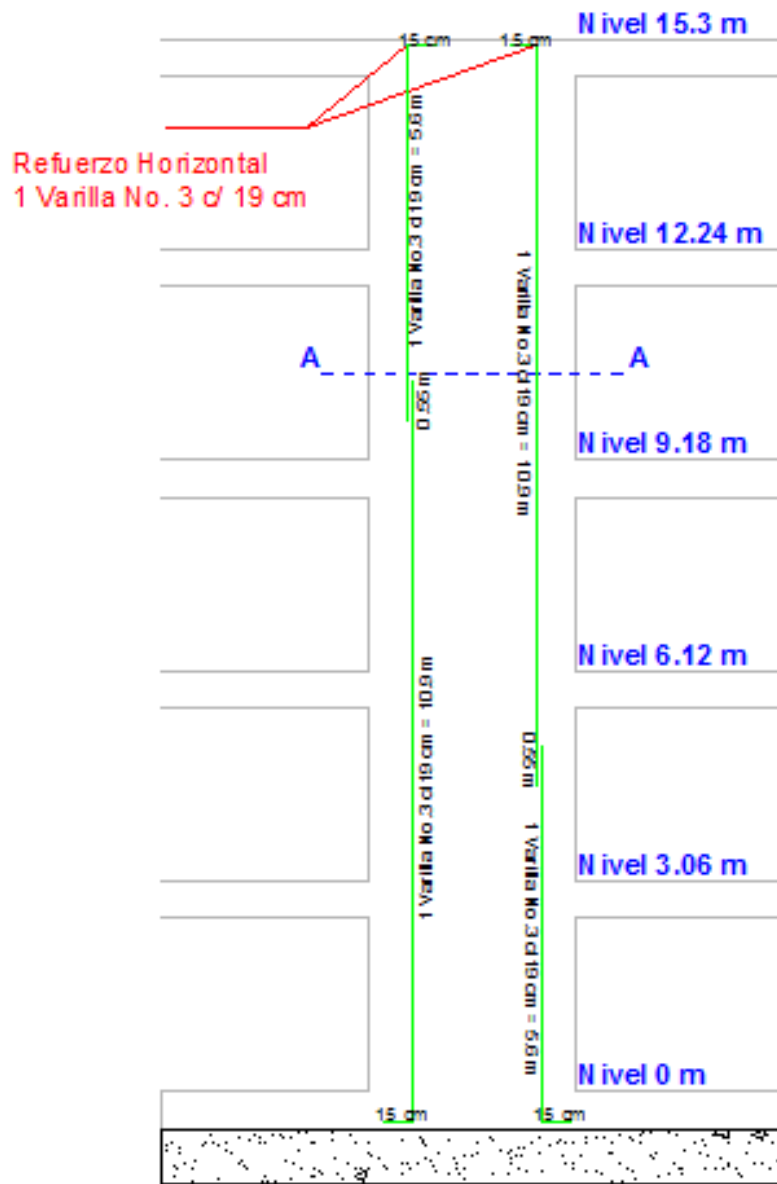


Figura 96. Muro en Y 1x5 NSR-10

En la Figura 97, se observa el despiece longitudinal de los muros estructurales que conforman las plantas tanto por la Norma NSR - 98 y el Reglamento NSR - 10.

En la Figura 98, se observa el despiece de cortante de los elementos de borde que pertenecen a los muros estructurales planteados para soportar la mayoría de las fuerzas sísmicas de la edificación.

Respecto a la introducción de estos elementos estructurales dentro del diseño de las edificaciones, se puede decir que existen muchos beneficios para la estructura, ya que a pesar de ser de dimensiones muy grandes, el área es similar a la ocupada por una columna y la asignación de estos elementos, muestra un incremento en la rigidez del sistema, lo cual, ante el evento sísmico es beneficioso.



X

Figura 97. Despiece del Muro

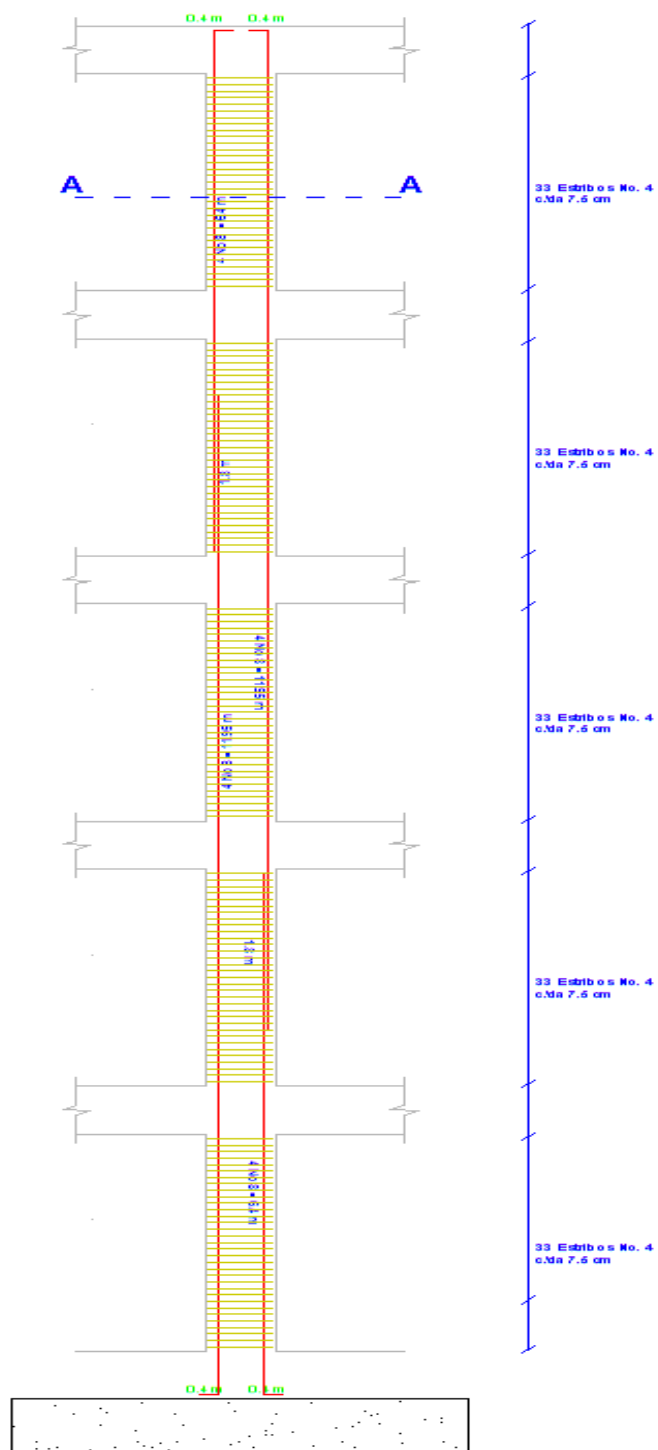


Figura 98. Despiece de los elementos de borde del muro.

8.5. Diseño de viguetas.

Para el diseño de las viguetas, se deben calcular las reacciones generadas por las cargas vivas y las cargas muertas de las edificaciones. A continuación se presentan las cargas vivas y muertas por el reglamento NSR – 10, como se observa en la Tabla 60.

Tabla 60. Carga vivas y muertas NSR-10

<u>CARGA MUERTA POR METRO CUADRADO</u>				<u>CARGA MUERTA POR METRO CUADRADO ESCALERA</u>			
	W_{conc}	5.59	kN/m^2	$W_{m_{escalera}}$	5.47	kN/m^2	
	W_{piso}	1.00	kN/m^2				
	$W_{caseton}$	0.15	kN/m^2				
	$W_{ventanas}$	0.45	kN/m^2				
	Mampostería	3.00	kN/m^2				
	$W_{Total Muerta}$	10.194	kN/m^2				
<u>CARGA VIVA POR METRO CUADRADO</u>				<u>CARGA VIVA POR METRO CUADRADO ESCALERA</u>			
Tabla B.4.2.1-1 NSR 10							
	$W_{Total Viva}$	1.8	KN/m^2	$W_{v_{escalera}}$	3	kN/m^2	
	$W_{Total Voladizo}$	5	KN/m^2				

En este punto se vuelve a tener en cuenta la variación entre los dos reglamentos, en el Tabla B.4.2.1-1 del reglamento NSR 10 se obtiene que la carga viva en voladizo es de $5KN/m^2$, mientras que en el reglamento NSR 98 la carga viva en todas la estructura es de $1.8 KN/m^2$ incluyendo voladizo.

Para el diseño a cortante y a flexión se debe calcular el momento y cortante ultimo como se presenta en la Tabla 61.

Tabla 61. Cortante y momento ultimo vigueta

V_u (kN)	M_u (kN)
19.34	0.00
-0.25	13.74
-20.79	-2.14
8.57	-2.14
-3.91	0.00
-41.08	-61.47
55.27	-61.47
-1.35	50.75
-46.74	-29.50
32.78	-29.50
16.39	-7.38
0.00	0.00

8.5.1. Diseño de refuerzos longitudinales en las viguetas NSR-10.

Con la Tabla 61 se muestran los datos con los que se construye la Figura 99 de Momento Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 10.

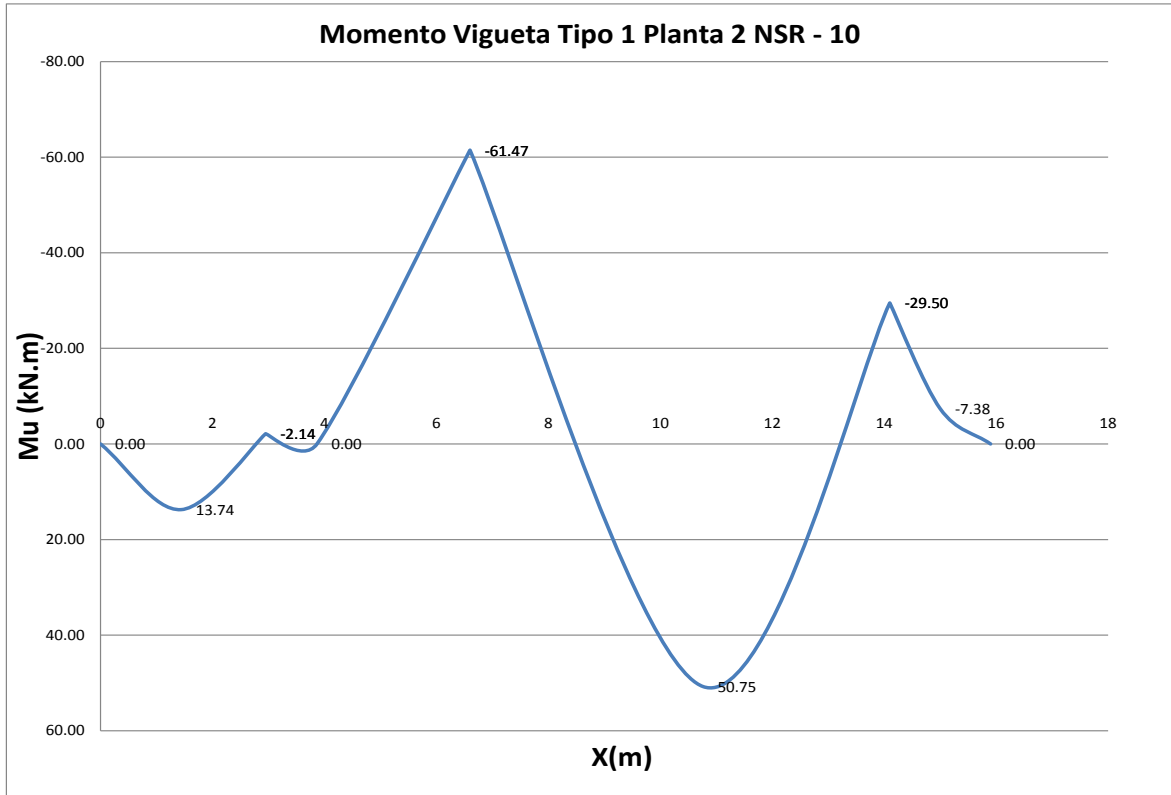


Figura 99. Momento vigueta Tipo 1 planta 1 NSR 10.

8.5.1.1 Datos iniciales.

Tabla 62. Datos iniciales para el diseño de vigueta

b =	100 mm	f'c =	21 MPa	b1 =	0.85
h =	550 mm	fy =	420 MPa	f inicial =	0.9
d =	505.2 mm	fy/1,7 f'c =	11.764	ρmáx. =	0.025
		ρmin =	0.00333		

8.5.1.2 Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo negativo:

LT= 2.95+ 3.65 + 2.75 + 1.8 + 0.275 (columna) +2.30 (longitud de empalme varilla No8 Tabla 54) – 2*0.05 (recubrimiento de las varillas) + 0.25 (gancho varilla No 5 Tabla 53)= 13 .87 m. aprox. 14.

Ya que los diámetros requeridos para el refuerzo negativo de los aceros son diferentes, se colocan varilla 1No 5 de 5.50 metros, 1 No 8 de 8 metros y 1No6 de 7 metros.

8.5.1.3 Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo positivo:

$LT = 2.95 + 3.65 + 2.75 + 1.8 + 0.275$ (columna) $+ 1.60$ (longitud de empalme varilla No7 Tabla 54) $- 2 \cdot 0.05$ (recubrimiento de las varillas) $+ 0.25$ (gancho varilla No 5) $= 9.52$ m. aprox. 10.

Ya que los diámetros requeridos para el refuerzo positivo de los aceros son diferentes, se colocan varilla 1No 5 de 10.0 metros, 1 No 7 de 8 metros.

Análisis vigueta.

Tabla 63. Análisis vigueta.

	Mu (-)	0.00		2.14		61.47		29.50	
	Mu (+)		13.74		0.00		50.75		
	Mu (-) /fbd2fy	0.00000		0.00022		0.00637		0.00306	
	Mu (+) /fbd2fy		0.00142		0.00000		0.00526		
	r (-)	0.000000		0.000223		0.006937		0.003176	
	r (+)		0.001449		0.000000		0.005633		
	rreal	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.006937177	0.005633283	0.003333333	
	a (mm)	39.62647059	39.62647059	39.62647059	39.6264706	82.4687494	66.96814197	39.62647059	
	c (mm)	46.61937716	46.61937716	46.61937716	46.6193772	97.02205812	78.78604938	46.61937716	
	es (mm/mm)	0.002723183	0.002723183	0.002723183	0.00272318	0.002423902	0.002532184	0.002723183	
	f real	0.710265283	0.710265283	0.710265283	0.71026528	0.68532519	0.694348673	0.710265283	
	Mu (-) /fbd2fy	0.00000		0.00028		0.00837		0.00387	
	Mu (+) /fbd2fy		0.00180		0.00000		0.00682		
	rdef (-)	0.000000		0.000282		0.009408		0.004069	
	rdef (+)		0.001845		0.000001		0.007475		
	rreal	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.009407992	0.007475228	0.004068797	
	As (cm2)	1.68	1.68	1.68	1.68	4.75	3.78	2.06	
	Varilla No	4.61	4.61	4.61	4.61	7.75	6.91	5.10	
		5	5	5	5	8	7	6	

De la Tabla 63 obtenemos el despiece del refuerzo longitudinal de la vigueta, el cual se presenta en la Figura 103.

8.5.2. Diseño refuerzo transversal en las viguetas NSR-10

Para el diseño a cortante se requiere de los datos iniciales consignados en la Tabla 62

Con la Tabla 61 se puede graficar el cortante de la vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 10.

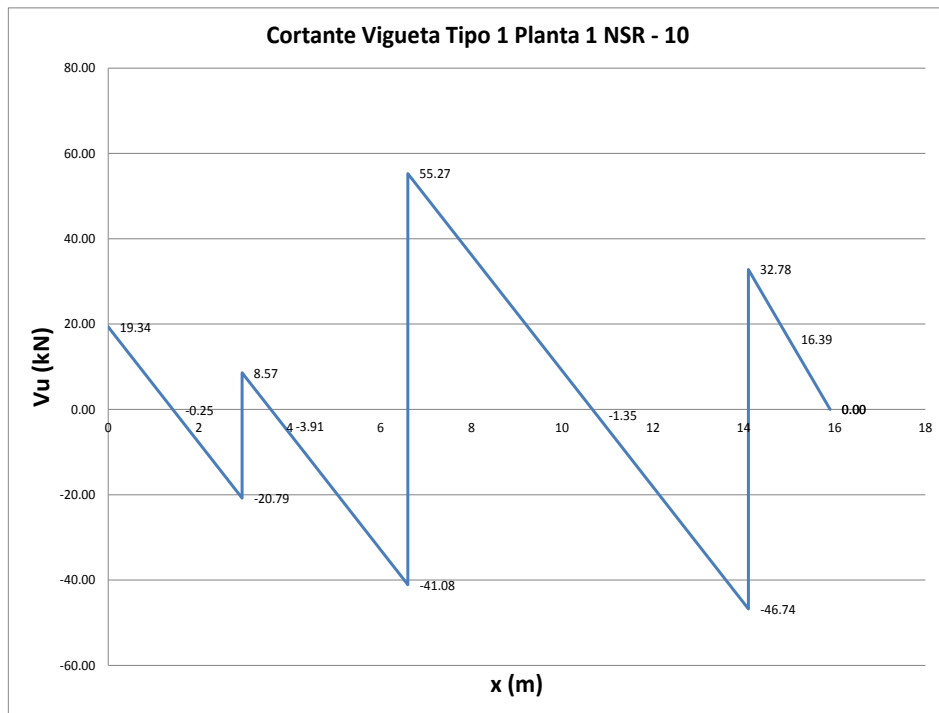


Figura 100. Cortante Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 10

Al ser tan cortas las distancias entre apoyos se toma distancia entre estribos como:

$d/4 = 505.2 \text{ mm}/4 = 120 \text{ mm}$ aprox. Que es la distancia mínima requerida en zona de confinamiento y empalmes.

8.5.3. Diseño de refuerzos longitudinales en las viguetas NSR-98.

Para el diseño de las viguetas, se deben calcular las reacciones generadas por las cargas vivas y las cargas muertas de las edificaciones. A continuación se presentan las cargas vivas y muertas por el reglamento NSR – 98.

Tabla 64. Carga vivas y muertas NSR-98.

<u>CARGA MUERTA POR METRO CUADRADO</u>				<u>CARGA MUERTA POR METRO CUADRADO ESCALERA</u>			
	<i>W conc</i>	5.59	kN/m^2	<i>Wm escalera</i>	5.47	kN/m^2	
	<i>W piso</i>	1.00	kN/m^2				
	<i>W caseton</i>	0.15	kN/m^2				
	<i>W ventanas</i>	0.45	kN/m^2				
	<i>Mampostería</i>	3.00	kN/m^2				
	<i>W Total Muerta</i>	10.194	kN/m^2				
<u>CARGA VIVA POR METRO CUADRADO</u>				<u>CARGA VIVA POR METRO CUADRADO ESCALERA</u>			
Tabla B.4.2.1 NSR 98							
	<i>W Total Viva</i>	1.8	KN/m^2	<i>Wv escalera</i>	3	kN/m^2	

En este punto se vuelve a tener en cuenta la variación entre los dos reglamentos, en el Tabla B.4.2.1-1 del reglamento NSR 10 se obtiene que la carga viva en voladizo es de 5KN/m², mientras que en el reglamento NSR 98 la carga viva en todas la estructura es de 1.8 KN/m² incluyendo voladizo.

Para el diseño a cortante y a flexión se debe calcular el momento y cortante ultimo como se presenta en la Tabla 65.

Tabla 65. Cortante y momento ultimo vigueta

Vu (kN)	Mu (kN)
19.58	0.00
0.00	14.10
-20.54	-1.41
7.65	-1.41
0.00	0.74
-42.00	-64.10
56.62	-64.10
0.00	53.73
-45.40	-22.04
24.48	-22.04
12.24	-5.51
0.00	0.00

Con la Tabla 65 se obtiene la Figura 101 de Momento Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 98.

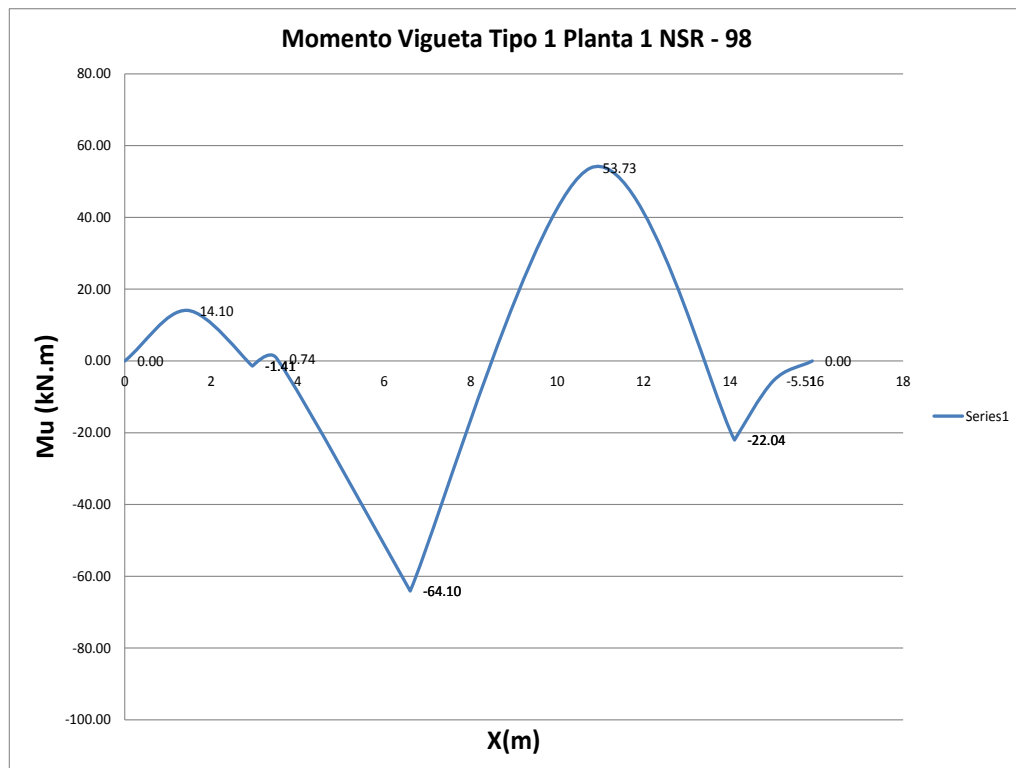


Figura 101. Momento Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 98.

8.5.3.1 Datos iniciales.

Tabla 66. Datos iniciales para el diseño de vigueta

b =	100 mm	f'c =	21 MPa	b1 =	0.85
h =	550 mm	fy =	420 MPa	f inicial =	0.9
d =	505.2 mm	fy/1,7 f'c =	11.764	ρmáx. =	0.025
		ρmin =	0.00333		

8.5.3.2 Calculo de longitud total requerida de varilla refuerzo negativo:

LT= 2.95+ 3.65 + 2.75 + 1.8 + 0.275 (columna) +2.30 (longitud de empalme varilla No8 Tabla 54) – 2*0.05 (recubrimiento de las varillas) + 0.25 (gancho varilla No 5 Tabla 53)= 13 .87 m. aprox. 14.

Ya que los diámetros requeridos para el refuerzo negativo de los aceros son diferentes, se colocan varilla 1No 5 de 5.50 metros, 1 No 8 de 8 metros y 1No5 de 7 metros.

8.5.3.3 Cálculo de longitud total requerida de varilla refuerzo positivo:

LT= 2.95+ 3.65 + 2.75 + 1.8 + 0.275 (columna) +1.60 (longitud de empalme varilla No7 Tabla 54) – 2*0.05 (recubrimiento de las varillas) + 0.25 (gancho varilla No 5 Tabla 53)= 9 .52 m. aprox. 10.

Ya que los diámetros requeridos para el refuerzo positivo de los aceros son diferentes, se colocan varilla 1No 5 de 10.0 metros, 1 No 7 de 8 metros.

Tabla 67. Análisis vigueta.

	0.00	14.10	1.41	0.74	64.10	53.73	22.04
Mu (-)	0.00						
Mu (+)		14.10		0.74		53.73	
Mu (-) /fbd2fy	0.00000		0.00015		0.00664		0.00228
Mu (+) /fbd2fy		0.00146		0.00008		0.00557	
r (-)	0.000000		0.000147		0.007264		0.002349
r (+)		0.001487		0.000076		0.005990	
rreal	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.007264375	0.005990168	0.003333333
a (mm)	39.62647059	39.62647059	39.6264706	39.6264706	86.35845994	71.21077027	39.62647059
c (mm)	46.61937716	46.61937716	46.6193772	46.6193772	101.5981882	83.77737679	46.61937716
es (mm/mm)	0.002723183	0.002723183	0.00272318	0.00272318	0.00239673	0.002502547	0.002723183
f real	0.710265283	0.710265283	0.71026528	0.71026528	0.683060844	0.69187888	0.710265283
Mu (-) /fbd2fy	0.00000		0.00019		0.00875		0.00289
Mu (+) /fbd2fy		0.00185		0.00010		0.00724	
rdef (-)	0.000000		0.000186		0.009909		0.003000
rdef (+)		0.001893		0.000097		0.007995	
rreal	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.003333333	0.009908573	0.007994902	0.003333333
As (cm2)	1.68	1.68	1.68	1.68	5.01	4.04	1.68
Varilla No	4.61	4.61	4.61	4.61	7.95	7.14	4.61
	5	5	5	5	8	8	5

De la Tabla 67 se obtienen los datos para realizar el despiece del refuerzo longitudinal de la vigueta, el cual se presenta en la Figura 104.

8.5.4. Diseño refuerzo transversal en las viguetas NSR-98.

Para el diseño a cortante se requiere de los datos iniciales consignados en la Tabla 66. Con la Tabla 65 se realiza la Figura 102 del cortante de la vigueta tipo 1 de la planta 1 NSR – 98.

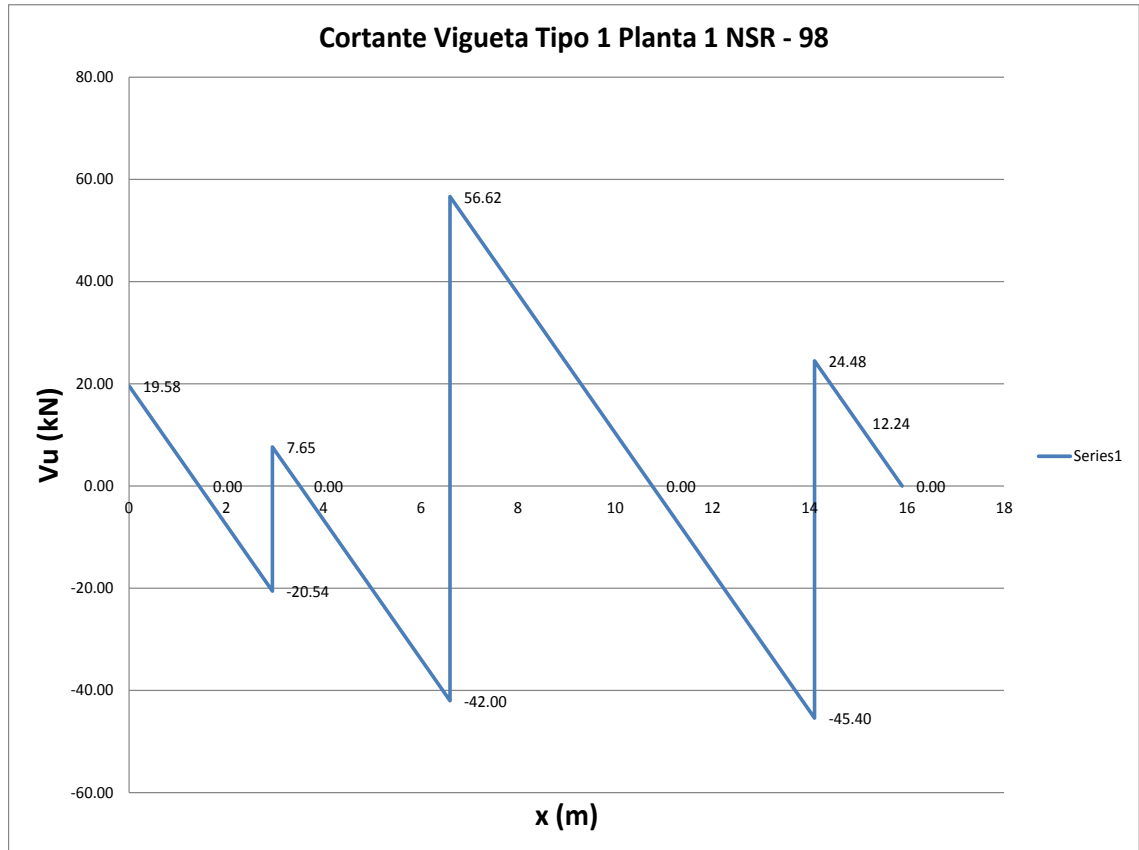


Figura 102. Grafica Cortante Vigueta Tipo 1 Planta 1 NSR – 98

Al ser tan cortas las distancias entre apoyos son se toma distancia entre estribos como:

$d/4 = 505.2 \text{ mm}/4 = 120 \text{ mm}$ aprox. Que es la distancia mínima requerida en zona de confinamiento y empalmes.

8.5.4.1 Despiece vigueta NSR -10.

En la Figura 103, se observa el despiece de la vigueta tipo 1 de la planta 1 de cinco pisos, por medio de los requerimientos exigidos en el Reglamento NSR – 10.

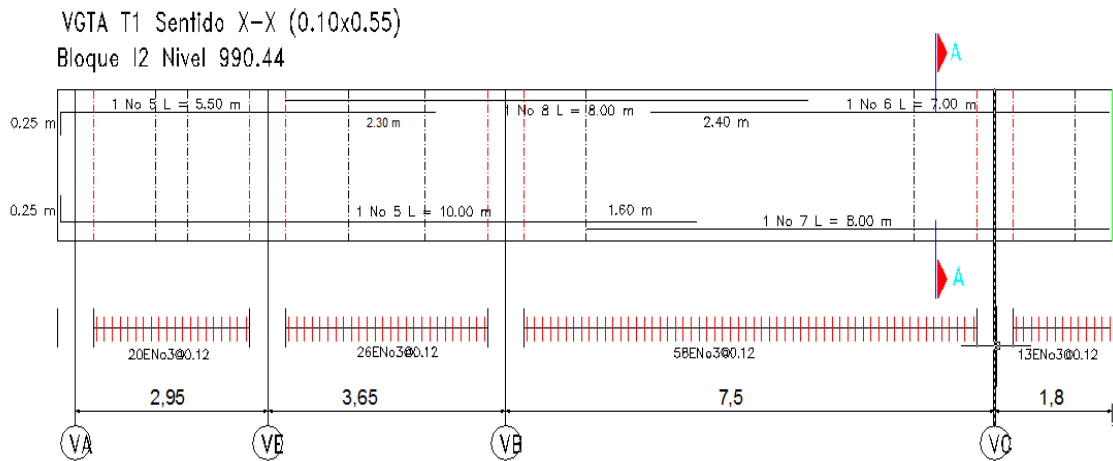


Figura 103. Despiece longitudinal vigueta NSR-10.

8.5.4.2 Despiece vigueta NSR -98

En la Figura 104, se observa el despiece de la vigueta tipo 1 en la planta 1 por la Norma NSR – 98.

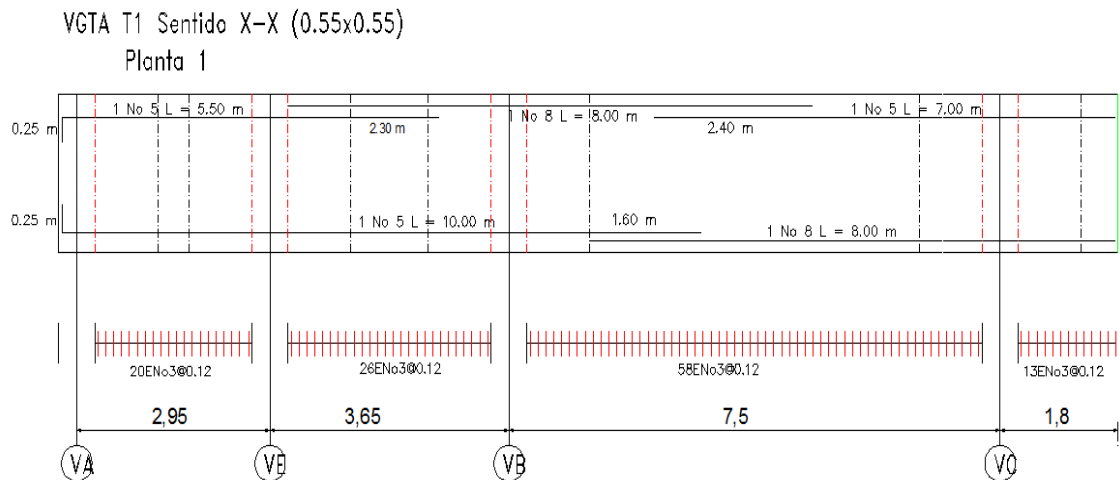


Figura 104. Despiece longitudinal vigueta NSR-98.

8.6. Diseño de cimentación.

Las cimentaciones son elementos intermedios usados para transmitir las cargas a las cuales están sometidas las edificaciones, al suelo subyacente.²²

²² Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Bogotá: Proyectos y Ediciones Ltda.

Al diseñar la cimentación de las edificaciones estructurales se deben tener en cuenta los siguientes parámetros requeridos por el capítulo H de los reglamentos NSR-98 NSR-10.

Deberá cumplir tres requisitos fundamentales:

- a). El nivel de la cimentación deberá estar a una profundidad tal que se encuentre libre del peligro de heladas, cambios de volumen del suelo, capa freática, excavaciones posteriores, etc.
- b). Tendrá unas dimensiones tales que no superen la estabilidad o capacidad portante del suelo.
- c) No deberá producir un asiento en el terreno que no sea absorbible por la estructura.

8.6.1. Diseño zapatas

Para el diseño de zapatas, se deben ingresar las combinaciones de cargas de la Tabla 39 para ambas reglamentaciones y obtener los valores de momentos (M2 y M3) y fuerzas (F3) del SAP 2000 V11, a continuación se presentan la metodología para obtener los resultados.

Se ejecuta el software con las combinaciones de cimentación mostrados en la Figura 105.

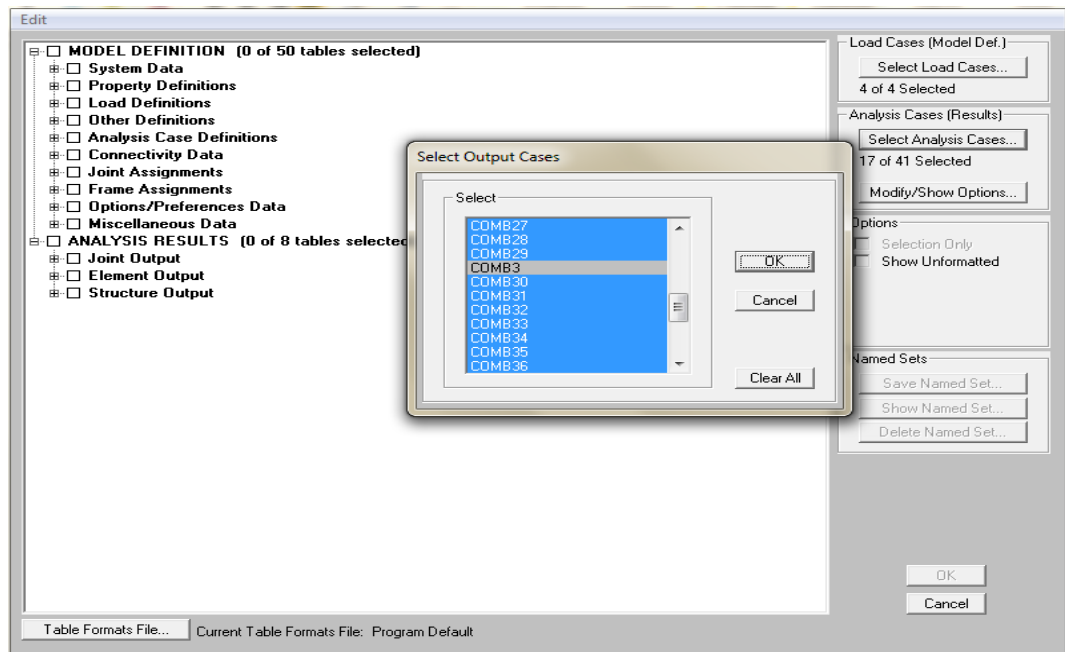


Figura 105. Selección de combinaciones de carga.

Los datos resultantes se exportan al programa Microsoft Office Excel como se muestra en la Figura 106.

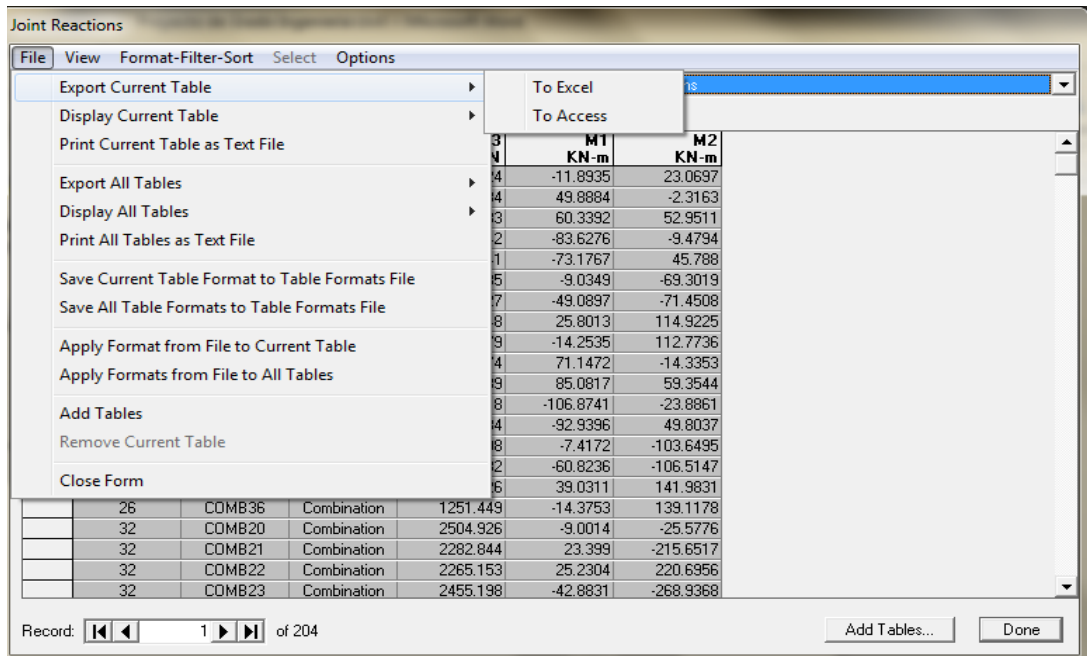


Figura 106. Exportar datos a Microsoft Office Excel de análisis de zapatas.

Para el diseño de las zapatas se necesitan de los siguientes datos:

8.6.1.1 Análisis de las zapatas para el Reglamento NSR – 10.

El cálculo del esfuerzo de contacto promedio del suelo de cimentación (q_a), depende del tipo de suelo establecido para las edificaciones, el cual se determinó en el capítulo 6.2 del presente documento. El estudio de suelo de zonificación geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga nos indica que para el perfil de suelo se establece un valor de $q_a = 250 \text{ KN/m}^2$, en este valor se considera que ya están incluidos los factores de seguridad de las reglamentaciones NSR – 98 y NSR – 10, como está depende directamente de las propiedades del suelo, se asume ese valor, también tomado de la Microzonificación Sismo Geotecnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga del año 2001.

B= base inicial.

Bx= Base de la zapata en sentido x.

By= Base de la zapata en sentido y.

A = Área de la zapata.

Ix = momento de inercia en el sentido x.

ly = momento de inercia en el sentido y.

Tabla 68. Datos iniciales reglamento NSR 10.

Sec. col	Área (m ²)	B(m)	Bx(m)	By(m)	A(m ²)	Ix(m ⁴)	Iy(m ⁴)	Cx(m)	Cy(m)
0.55x0,55	5.76	2.39	2.6	2.7	7.02	4.429	4.429	1.350	1.350

Se deben cambiar las distancias en la base “x” y la base “y” hasta obtener que se cumpla que el σ_{final} sea menor que él (qa). En la siguiente Tabla 69 se muestra el análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11.

Tabla 69. Análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11 por el Reglamento NSR - 10.

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F3	M1	M2	Área	σ_{final}	Comprobación
Text	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	m ²	kPa	
26	COMB20	Combination	1292.124	-11.8935	23.0697	5.168496	195.411933	ok
26	COMB21	Combination	1057.034	49.8884	-2.3163	4.228136	167.12855	ok
26	COMB22	Combination	1159.233	60.3392	52.9511	4.636932	201.640307	ok
26	COMB23	Combination	1269.842	-83.6276	-9.4794	5.079368	210.478155	ok
26	COMB24	Combination	1372.041	-73.1767	45.788	5.488164	233.663889	ok
26	COMB25	Combination	1012.285	-9.0349	-69.3019	4.04914	169.841883	ok
26	COMB26	Combination	1076.127	-49.0897	-71.4508	4.304508	192.322177	ok
26	COMB27	Combination	1352.948	25.8013	114.9225	5.411792	238.673788	ok
26	COMB28	Combination	1416.79	-14.2535	112.7736	5.66716	243.406156	ok
26	COMB29	Combination	771.774	71.1472	-14.3353	3.087096	137.173839	ok
26	COMB30	Combination	908.039	85.0817	59.3544	3.632156	175.795034	ok
26	COMB31	Combination	1055.518	-106.8741	-23.8861	4.222072	192.042417	ok
26	COMB32	Combination	1191.784	-92.9396	49.8037	4.767136	215.562402	ok
26	COMB33	Combination	712.108	-7.4172	-103.6495	2.848432	137.860658	ok
26	COMB34	Combination	797.232	-60.8236	-106.5147	3.188928	167.834574	ok
26	COMB35	Combination	1166.326	39.0311	141.9831	4.665304	225.173089	ok
26	COMB36	Combination	1251.449	-14.3753	139.1178	5.005796	228.552021	ok

Luego de obtener las distancias en la base “x” y la base “y” que cumplan con el requerimiento, se procede a calcular la altura (H) de la zapata.

Para el cálculo de la altura (H) de la zapata se realiza la siguiente metodología.

Se calcula el área real de la zapata.

$$By_{zap} * Bx_{zap} = 2.7m \times 2.6m = 7.02 \text{ m}^2.$$

Se calcula la capacidad última de soporte (qu).

$$(1.2 D + 1.6 L) * \text{Área Real (m}^2\text{)} = 1674.686kN / 7.02 \text{ m}^2 = 238.56 \text{ (kPa)}.$$

Si el q_u es menor que el q_a entonces las dimensiones están cumpliendo por el requerimiento.

Se calcula el área de punzonamiento.

El esfuerzo de punzonamiento en una pieza es provocado por tracciones debidas a las tensiones tangenciales producidas por una carga o reacción localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor del soporte.

$$\text{Área del punzonamiento} = (B_{y_{zap}}+d) (B_{x_{zap}}+d)=(0.55+0.68) (0.55+0.68)=1.515 \text{ m}^2.$$

A continuación se presenta la Tabla 70. Donde se realizó el cálculo de las dimensiones de la zapata.

Tabla 70. Dimensionamiento de la zapata por el reglamento NSR - 10.

Nodo	Bx (m)	Bycol (m)	Byzap (m)	Bxzap (m)	1.2 D+ 1.6 L	Área Real (m ²)	qu (kPa)	comprobación
26	0.55	0.55	2.6	2.7	1674.686	7.02	238.56	ok
32	0.3	1.5	4.7	3.0	3237.511	14.10	229.61	ok
38	0.3	1.5	4.5	2.8	2889.5	12.60	229.33	ok
44	0.55	0.55	3.0	2.8	2095.764	8.40	249.50	ok
55	2.5	0.3	3.0	6.0	2019.82	18.00	112.21	ok
61	0.55	0.55	4.0	3.9	3843.239	15.60	246.36	ok
67	0.55	0.55	4.0	4.0	3949.474	16.00	246.84	ok
73	2.5	0.3	3.2	6.0	3021.546	19.20	157.37	ok
94	0.55	0.55	2.3	2.3	715.112	5.29	135.18	ok
100	0.3	1.5	4.0	2.2	1557.675	8.80	177.01	ok
106	0.3	1.5	4.0	2.1	1417.629	8.40	168.77	ok
112	0.55	0.55	2.4	2.4	1118.168	5.76	194.13	ok

Luego de realizar las iteraciones para comprobar que la altura de la zapata (H) cumpla con los requerimientos, se procede a hacer el despiece de la zapata.

En la Tabla 71, se observan los datos iniciales para realizar el diseño de las zapatas de la cimentación de las estructuras analizadas.

Tabla 71. Datos iniciales diseño zapata por el reglamento NSR – 10.

a=	11.8	b=	-1	ρ min =	0.02
----	------	----	----	--------------	------

Tabla 72. Momentos obtenidos del SAP 2000 V11 por el reglamento NSR -10.

Mux (kN.m)	Muy (kN.m)
333.39	333.39

A continuación se presenta la Tabla 73 en donde se realizó el diseño de los aceros de refuerzo de la zapata en las condiciones establecidas por el reglamento NSR - 10.

Tabla 73. Cálculo de aceros en la zapata por el reglamento NSR - 10.

Asx (cm ²)	Asy (cm ²)	No Varillas x	No Varillas y	Sep varillas x (cm)	Sep varillas y (cm)	Despiece x	Despiece y
37.29	37.29	13.08	13.08	19.57	19.57	1 Varilla No 6 c/19	1 Varilla No 6 c/19

En la Figura 107 se muestra el despiece de la zapata por el reglamento NSR 10.

8.6.1.2 Análisis de las zapatas para la Norma NSR - 98.

B= base inicial.

Bx= Base de la zapata en sentido x.

By= Base de la zapata en sentido y.

A = Área de la zapata.

Ix = momento de inercia en el sentido x.

Iy = momento de inercia en el sentido y.

Tabla 74. Datos iniciales diseño de zapata NSR 98.

Sec. col	Área (m ²)	B(m)	Bx(m)	By(m)	A(m ²)	Ix(m ⁴)	Iy(m ⁴)	Cx(m)	Cy(m)
0.55x0,55	5.76	2.39	2.7	2.7	7.29	4.429	4.429	1.350	1.350

Se deben cambiar las distancias en la base “x” y la base “y” en hasta obtener que se cumpla que el σ final sea menor que él (q_a). En la Tabla 75 se muestra el análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11.

Luego de obtener las distancias en la base “x” y la base “y” que cumplan con el requerimiento, se procede a calcular la altura (H) de la zapata.

Para el cálculo de la altura (H) de la zapata se realiza la siguiente metodología.

Área real de la zapata.

$$By_{zap} * Bx_{zap} = 2.7 * 2.7 = 7.29 \text{ m}^2.$$

Capacidad última de soporte (qu).

$$(1.2 D + 1.6 L) / \text{Área Real (m}^2\text{)} = 1674.686 / 7.29 = 229.72 \text{ (kPa)}.$$

Si el q_u es menor que el q_a entonces las dimensiones están cumpliendo por el requerimiento.

Tabla 75. Análisis de resultados a partir de los datos obtenidos por el SAP 2000 V11 en la norma NSR - 98.

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F3	M1	M2	Área	σ_{final}	Comprobación
Text	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	m ²	kPa	
26	COMB20	Combination	1221.337	-11.6057	18.4838	4.885348	176.708169	ok
26	COMB21	Combination	1003.254	-10.4397	-114.7775	4.013016	175.790733	ok
26	COMB22	Combination	1366.293	40.6261	155.1539	5.465172	247.100091	ok
26	COMB23	Combination	1076.381	-63.8374	-118.1863	4.305524	203.138287	ok
26	COMB24	Combination	1439.419	-12.7716	151.7451	5.757676	247.601052	ok
26	COMB25	Combination	1045.004	69.7306	-16.3245	4.180016	169.579912	ok
26	COMB26	Combination	1153.915	85.0503	64.6549	4.61566	203.922253	ok
26	COMB27	Combination	1288.758	-108.2616	-27.6872	5.155032	218.22585	ok
26	COMB28	Combination	1397.67	-92.9419	53.2922	5.59068	236.301052	ok
26	COMB29	Combination	1243.945	-91.8916	50.5462	4.97578	214.056714	ok
26	COMB30	Combination	1212.568	41.6763	152.408	4.850272	225.496083	ok
26	COMB31	Combination	922.656	-62.7871	-120.9322	3.690624	182.568054	ok
26	COMB32	Combination	1285.695	-11.7213	148.9992	5.14278	225.356882	ok
26	COMB33	Combination	891.279	70.7808	-19.0705	3.565116	149.650008	ok
26	COMB34	Combination	1000.191	86.1006	61.909	4.000764	182.318412	ok
26	COMB35	Combination	1135.034	-107.2114	-30.4332	4.540136	197.655815	ok
26	COMB36	Combination	1243.945	-91.8916	50.5462	4.97578	214.056714	ok

Área de punzonamiento.

El esfuerzo de punzonamiento en una pieza es provocado por tracciones debidas a las tensiones tangenciales producidas por una carga o reacción localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor del soporte.

$$\text{Área del punzonamiento} = (B_{y_{zap}} + d) (B_{x_{zap}} + d) = (0.55 + 0.68) (0.55 + 0.68) = 1.515 \text{ m}^2.$$

En la Tabla 76 se muestra el cálculo de las dimensiones definitivas de las zapatas, en donde se puede observar la altura de la misma y las dimensiones que se obtuvieron después de introducir los datos de carga muerta (D), carga viva (L) y carga de sismo (E) para el diseño de todos los elementos estructurales, incluidas las zapatas.

Tabla 76. Cálculo de dimensiones de la zapata para la norma NSR - 98.

Nodo	Bx (m)	Bycol (m)	Byzap (m)	Bxzap (m)	1.2 D + 1.6 L	Área Real (m ²)	qu (kPa)	comprobación
26	0,55	0,55	2,7	2,7	1756,0	7,29	240,88	ok
32	0,3	1,5	4,5	3,0	3174,7	13,50	235,16	ok
38	0,3	1,5	4,0	3,5	3006,7	14,00	214,76	ok
44	0,55	0,55	3,2	2,9	2224,6	9,28	239,72	ok
55	2,5	0,3	2,5	4,5	2609,5	11,25	231,96	ok
61	0,55	0,55	4,5	4,4	4863,4	19,80	245,63	ok
67	0,55	0,55	4,5	4,2	4710,5	18,90	249,24	ok
73	2,5	0,3	3,2	5,5	4237,1	17,60	240,74	ok
94	0,55	0,55	2,3	2,3	801,4	5,29	151,49	ok
100	0,3	1,5	3,5	2,2	1698,1	7,70	220,53	ok
106	0,3	1,5	3,5	2,1	1525,9	7,35	207,60	ok
112	0,55	0,55	2,4	2,4	1305,9	5,76	226,72	ok

En la Tabla 77, se observan los datos iniciales para proceder con el diseño de la zapata por la Norma NSR – 98.

Tabla 77. Datos iniciales diseño de zapata NSR – 98.

a=	11.8	b=	-1	ρ min =	0.02
----	------	----	----	--------------	------

En la Tabla 78 de momentos obtenidos del SAP 2000 V11.

Tabla 78. Momentos obtenidos del para la norma NSR - 98.

Mux (kN.m)	Muy (kN.m)
333.39	333.39

A continuación se presenta la Tabla 79 en donde se realizó el despiece de la zapata.

Tabla 79. Cálculo de aceros en la zapata en la norma NSR – 98.

Asx (cm ²)	Asy (cm ²)	No Varillas x	No Varillas y	Sep varillas x (cm)	Sep varillas y (cm)	Despiece x	Despiece y
37.29	37.29	13.08	13.08	19.57	19.57	1 Varilla No 6 c/19	1 Varilla No 6 c/19

En la Figura 108 se muestra el despiece de la zapata por el reglamento NSR 98.

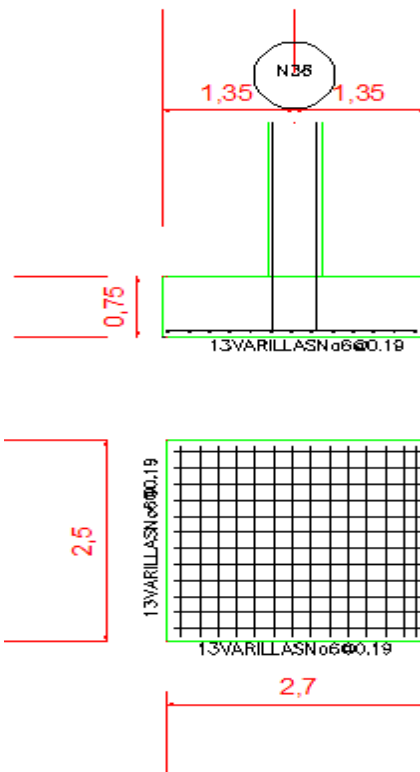


Figura 107. Despiece de la zapata por el reglamento NSR 10.

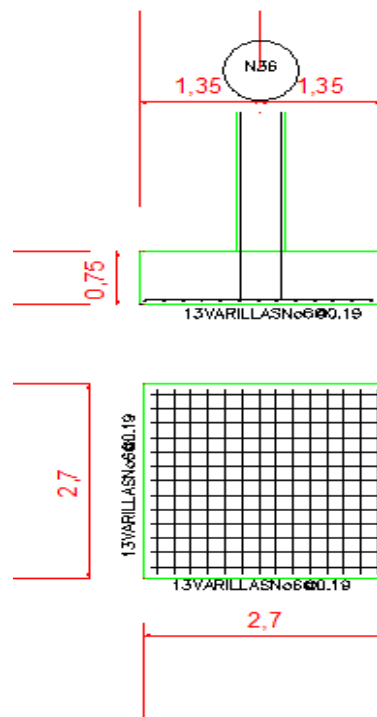


Figura 108. Despiece de la zapata por el reglamento NSR 98.

En la Figura 109, se observa una distribución de la cimentación con respecto a las dimensiones obtenidas en el reglamento NSR – 10, con las dimensiones encontradas en la norma NSR – 98, se realizaría la misma distribución, con dimensiones y ejes.

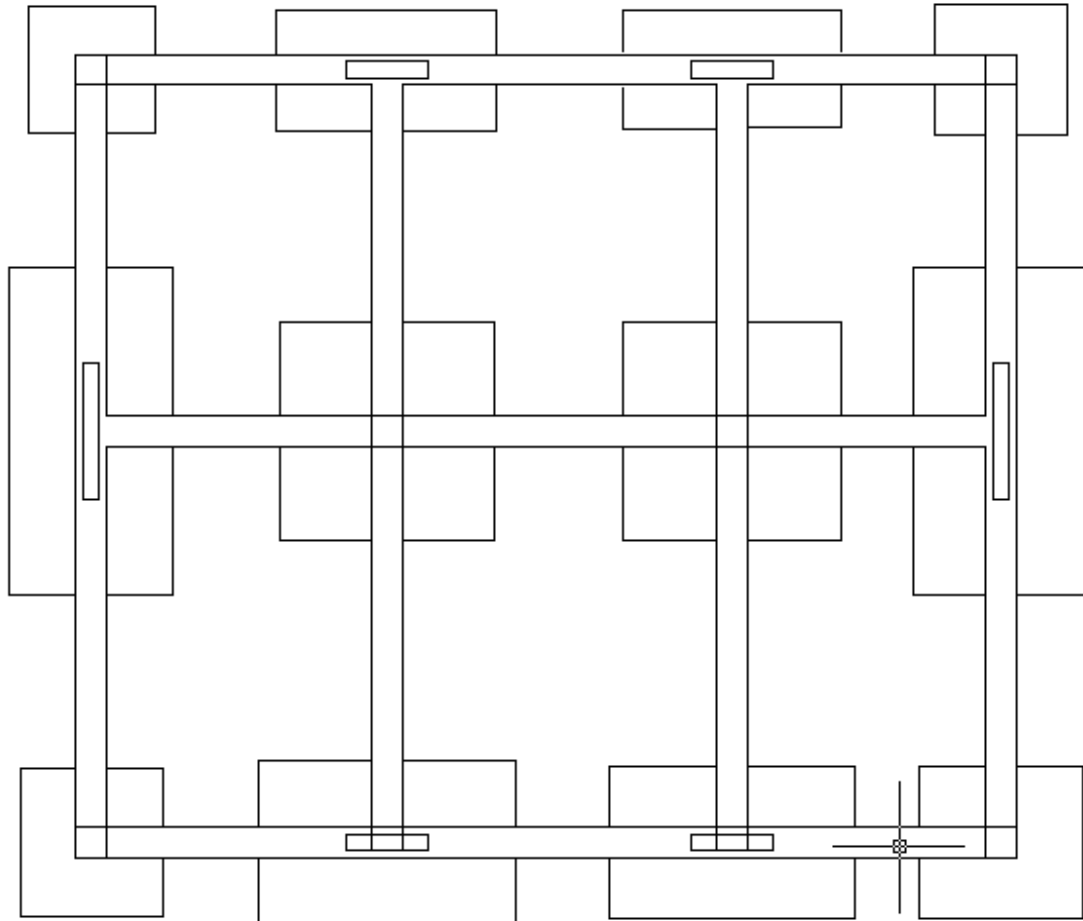


Figura 109. Planta 1 cimentación.

8.7. Diseño de placas.

En el diseño de las edificaciones se utilizaron losas aligeradas, ya que estas tienen la capacidad de formar vacíos en un patrón rectilíneo que aligera la carga muerta debido al peso propio. Además tiene una gran ventaja sobre las losas macizas, ya que permiten tener espesores mayores sin aumentar el volumen de concreto.

Para calcular los espesores mínimos se utilizaron los datos consignados en la Tabla 80.

Tabla 80. Espesores mínimos requeridos por ambas reglamentaciones

ELEMENTO	Espesor mínimo, h		
	Un apoyo Continuo	Ambos apoyos Continuos	Voladizos
Vigas, o losas con nervios, armadas en una dirección.	L/12	L/14	L/5

Tabla C.9-1(a) – Espesores mínimos NSR-98

Tabla C.9.5(a) – Espesores mínimos NSR-10

A continuación se muestra la Tabla 81, con los resultados del cálculo de los espesores mínimos en todas las plantas estructurales, dependiendo de las dimensiones con las condiciones específicas para cada uno.

Tabla 81. Espesores calculados para cada planta.

PLANTAS	UN APOYO CONTINUO (m)	AMBOS APOYOS CONTINUOS (m)	VOLADIZOS (m)	NORMA
Planta 1	0.55	0.54	0.40	NSR-98
Planta 2	0.55	0.54	0.40	
Planta 3	0.55	0.41	-	
Planta 4	0.54	0.55	0.40	
Planta 1	0.55	0.54	0.40	NSR-10
Planta 2	0.55	0.54	0.40	
Planta 3	0.55	0.41	0.00	
Planta 4	0.54	0.55	0.40	

Como se puede ver en la Tabla 81 el espesor mínimo de la placa es de 0.55 metros. En la Figura 110 se muestra el corte transversal de la placa detallada.

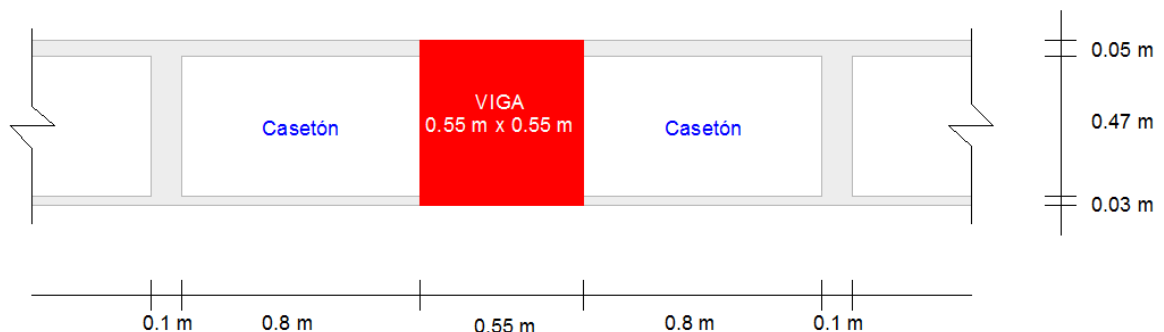


Figura 110. Corte transversal placa.

En el numeral C.7.12.2 de ambas reglamentaciones se ven los requerimientos para el diseño de placas.

8.7.1. Datos iniciales:

$\rho = 0.002$ si el $f_y = 280$ hasta 350 MPa.
 $\rho = 0.0018$ (para refuerzo electro soldado de alambre) si $f_y \geq 420$ MPa.

8.7.1.1 Cálculo de área de acero superior de la placa.

$$A_s = 0.0018 * 100\text{cm} * 5\text{cm} = 0.9\text{cm}^2$$
$$A_s = 0.9\text{cm}^2 / 1\text{m}.$$

Calculo de separación=

$$\text{Sep.} = 0.0283\text{cm}^2 / 0.9\text{cm}$$

$$\text{Sep.} = 31.6 \text{ cm}$$

se aproxima a cada 30 cm (C/30 cm)

La cantidad de acero de refuerzo de la placa superior son varillas de 1.6M C/30 cm.

8.7.1.2 Cálculo de área de acero inferior de la placa.

$$A_s = 0.0018 * 100\text{cm} * 3\text{cm} = 0.54\text{cm}^2$$

$$A_s = 0.54 / 1\text{m}$$

Calculo de separación=

$$\text{Sep.} = 0.283\text{cm}^2 / 0.54\text{cm}$$

$$\text{Sep.} = 52.40 \text{ cm}$$

La separación calculada no se puede aplicar, ya que el máximo permitido por ambas reglamentaciones es una separación, para este tipo de mallas, de 45 cm.

La cantidad de aceros requeridos en la placa inferior es una varilla de 1.6M C/45 cm.

En la siguiente Figura 111 se presenta el despiece de la placa.

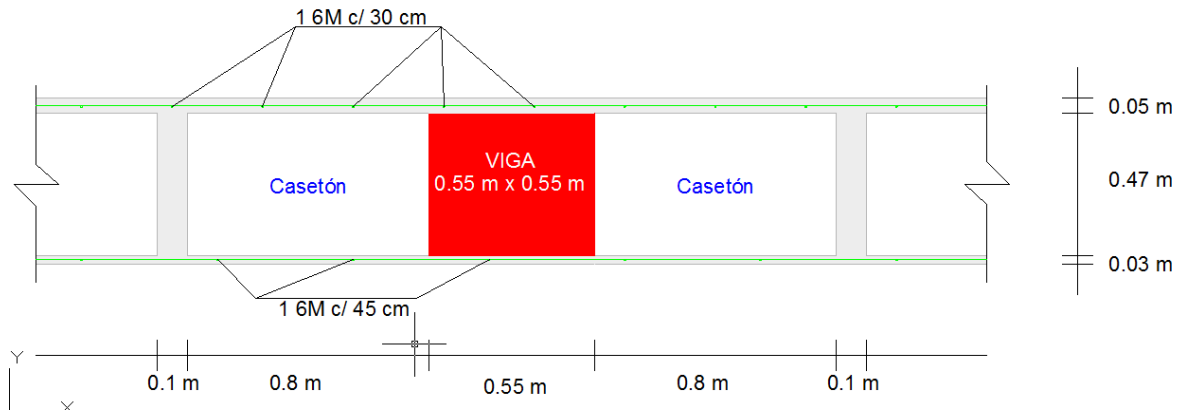


Figura 111. Despiece placa.

8.8. Diseño riostra.

Las riostras son elementos utilizados para rigidizar la estructura y en caso de asentamientos evitar fisuras

Para el diseño de las riostras se usa lo siguiente.

8.8.1. Datos iniciales:

$$\rho = 0.003$$

b = base de la riostra.

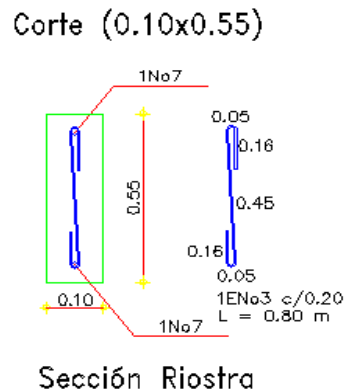
a = ancho de la riostra.

$$A_s = 0.0033 * 10 * 50 = 1.65 \text{ cm}^2$$

Se utiliza una varilla 1 No 5 longitudinal.

En el refuerzo transversal se utiliza una varilla 1 No 3 c/20cm.

En la Figura 112 se presenta corte transversal de la riostra.



Sección Riostra

Figura 112. Corte transversal riostra.

8.9. Diseño viga de borde.

Viga situada entre dos pilares estructurales, en este diseño las vigas de borde están situadas al final de los voladizos y el cálculo se presenta a continuación:

8.9.1. Datos iniciales:

$$\rho = 0.003$$

b = base de la viga.

a = ancho de la base.

$$A_s = 0.0033 * 20 * 50 = 3.30 \text{ cm}^2$$

Se utiliza dos varillas No 5 longitudinalmente.

En el refuerzo transversal se utiliza una varilla 1 No 3 c/20cm.

En la Figura 113 se presenta corte de viga de borde.

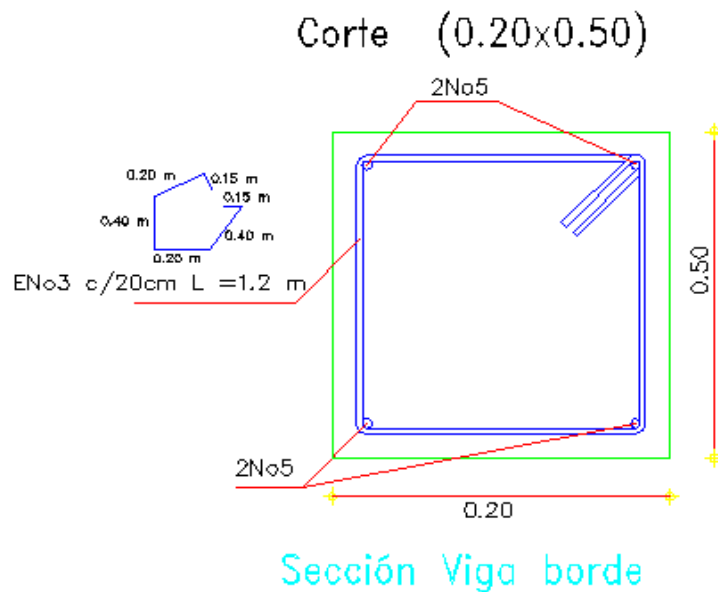


Figura 113. Corte transversal viga borde.

9. RESULTADOS DE PRESUPUESTO.

En este capítulo, se observa el resultado de costos de concreto y aceros, encontrado después de realizar el análisis de cantidades de obra, datos que se muestran en el Anexo B. De la Tabla 82 a la Tabla 105, se observan los resultados de todas las edificaciones analizadas en el trabajo de grado.

Tabla 82. Presupuesto edificación planta 1 por 5 pisos NSR-98.

<i>PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 5 PISOS NSR-98</i>						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	SUBTOTALES
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	111.25	230	25,588,075	
1.2	Acero Cimentación	Kg	3,618.30	3,5	12,664,033	38,252,108
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	27.77	230	6,386,985	
2.2	Acero Columnas	Kg	4,403.58	3,5	15,412,530	21,799,515
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	36.72	230	8,445,600	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	6,697.77	3,5	23,442,209	31,887,809
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	64	230	14,699,300	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	18,688.77	3,5	65,410,695	80,109,995
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	364.20	230	83,766,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	11,417.75	3,5	39,962,125	123,728,125
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	61.91	230	14,239,300	
6.2	Acero Riostras	Kg	6,135	3,5	21,472,500	35,711,800
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	117	230	26,876,880	
7.2	Acero Placas	Kg	1,365	3,5	4,777,500	31,654,380
						363,143,732

363'143.732

Tabla 83. Presupuesto edificación planta 1 por 5 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 5 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	
					DIRECTO	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	122.07	230	28,076,100	
1.2	Acero Cimentación	Kg	4,715.95	3,5	16,505,817	44,581,917
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	27.77	230	6,386,985	
2.2	Acero Columnas	Kg	4,403.58	3,5	15,412,530	21,799,515
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	50.49	230	11,612,700	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	6,625.97	3,5	23,190,895	34,803,595
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	64	230	14,699,300	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	15,327.35	3,5	53,645,725	68,345,025
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	364.20	230	83,766,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	16,084.27	3,5	56,294,945	140,060,945
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	61.91	230	14,239,300	
6.2	Acero Riostras	Kg	6,135	3,5	21,472,500	35,711,800
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	117	230	26,876,880	
7.2	Acero Placas	Kg	1,365	3,5	4,777,500	31,654,380
						376,957,177

Tabla 84. Presupuesto edificación planta 1 por 10 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 10 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	277.75	230	63,882,500	
1.2	Acero Cimentación	Kg	7,718.67	3,5	27,015,352	90,897,852
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	55.54	230	12,773,970	
2.2	Acero Columnas	Kg	8,940.83	3,5	31,292,912	44,066,882
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	192.78	230	44,339,400	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	31,772.27	3,5	111,202,938	155,542,338
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	127.82	230	29,398,600	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	42,474.64	3,5	148,661,240	178,059,840
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	364.20	230	83,766,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	22,835.51	3,5	79,924,285	163,690,285
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	127.82	230	29,398,600	
6.2	Acero Riostras	Kg	12,270.72	3,5	42,947,520	72,346,120
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	233.712	230	53,753,760	
7.2	Acero Placas	Kg	6,828.77	3,5	23,900,695	77,654,455
						782,257,772

Tabla 85. Presupuesto edificación planta 1 por 10 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 10 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	478.00	230	109,940,000	
1.2	Acero Cimentación	Kg	9,807.09	3,5	34,324,815	144,264,815
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	55.54	230	12,773,970	
2.2	Acero Columnas	Kg	8,940.83	3,5	31,292,912	44,066,882
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	247.86	230	57,007,800	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	40,679.20	3,5	142,377,200	199,385,000
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	127.82	230	29,398,600	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	49,579.41	3,5	173,527,935	202,926,535
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	364.20	230	83,766,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	24,168.55	3,5	84,589,925	168,355,925
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	127.82	230	29,398,600	
6.2	Acero Riostras	Kg	12,270.7	3,5	42,947,520	72,346,120
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	233.712	230	53,753,760	
7.2	Acero Placas	Kg	6,828.77	3,5	23,900,695	77,654,455
						908,999,732

Tabla 86. Presupuesto edificación planta 1 por 15 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 15 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	450.25	230	103,557,500	
1.2	Acero Cimentación	Kg	12,646.81	3,5	44,263,835	147,821,335
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	83.30	230	19,159,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	13,311.03	3,5	46,588,605	65,747,605
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	477.36	230	109,792,800	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	67,337.76	3,5	235,682,160	345,474,960
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	191.73	230	44,097,900	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	62,033.00	3,5	217,115,500	261,213,400
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,092.60	230	251,298,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	34,253.26	3,5	119,886,410	371,184,410
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	191.73	230	44,097,900	
6.2	Acero Riostras	Kg	18,406.08	3,5	64,421,280	108,519,180
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	350.68	230	80,656,400	
7.2	Acero Placas	Kg	34,143.86	3,5	119,503,510	200,159,910
						1,500,120,800

Tabla 87. Presupuestos edificación planta 1 por 15 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 1 POR 15 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	483.00	230	111,090,000	
1.2	Acero Cimentación	Kg	13,755.87	3,5	48,145,545	159,235,545
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	83.30	230	19,159,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	13,311.03	3,5	46,588,605	65,747,605
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	646.27	230	148,642,560	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	74,048.76	3,5	259,170,660	407,813,220
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	191.73	230	44,097,900	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	60,994.00	3,5	213,479,000	257,576,900
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,092.60	230	251,298,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	36,252.82	3,5	126,884,870	378,182,870
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	191.73	230	44,097,900	
6.2	Acero Riostras	Kg	18,406.08	3,5	64,421,280	108,519,180
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	350.68	230	80,656,400	
7.2	Acero Placas	Kg	34,143.86	3,5	119,503,510	200,159,910
						1,577,235,230

Tabla 88. Presupuesto edificación planta 2 por 5 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 5 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	192.75	230	44,332,500	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	5,581.05	3,5	19,533,675	63,866,175
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	92.565	230	21,289,950	
2.2	Acero Columnas	Kg	14,678.69	3,5	51,375,415	72,665,365
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	0.00	230	0	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	0.00	3,5	0	0
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	79.695	230	18,329,850	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	18,356.59	3,5	64,248,065	82,577,915
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	518.20	230	119,186,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	14,438.12	3,5	50,533,420	169,719,420
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	79.69	230	18,328,700	
6.2	Acero Riostras	Kg	7,650.72	3,5	26,777,520	45,106,220
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	161.200	230	37,076,000	
7.2	Acero Placas	Kg	1,884.21	3,5	6,594,735	43,670,735
						477,605,830

Tabla 89. Presupuesto edificación planta 2 por 5 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 5 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	192.75	230	44,332,500	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	4,820.81	3,5	16,872,835	61,205,335
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	92.565	230	21,289,950	
2.2	Acero Columnas	Kg	14,678.69	3,5	51,375,415	72,665,365
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	0.00	230	0	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	0.00	3,5	0	0
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	79.695	230	18,329,850	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	31,739.52	3,5	111,088,320	129,418,170
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	518.20	230	119,186,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	16,032.40	3,5	56,113,400	175,299,400
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	79.69	230	18,328,700	
6.2	Acero Riostras	Kg	7,650.72	3,5	26,777,520	45,106,220
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	161.200	230	37,076,000	
7.2	Acero Placas	Kg	1,884.21	3,5	6,594,735	43,670,735
						527,365,225

Tabla 90. Presupuesto edificación planta 2 por 10 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 10 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
					DIRECTO	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	506.50	230	116,495,000	
1.2	Acero Cimentación	Kg	10,884.80	3,5	38,096,800	154,591,800
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	111.07	230	25,546,100	
2.2	Acero Columnas	Kg	21,316.90	3,5	74,609,150	100,155,250
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	110.16	230	25,336,800	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	28,382.70	3,5	99,339,450	124,676,250
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	159.39	230	36,659,700	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	70,981.40	3,5	248,434,900	285,094,600
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,036.40	230	238,372,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	28,876.26	3,5	101,066,893	339,438,893
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	159.39	230	36,659,700	
6.2	Acero Riostras	Kg	15,301.40	3,5	53,554,900	90,214,600
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	322.432	230	74,159,360	
7.2	Acero Placas	Kg	9,421.06	3,5	32,973,710	107,133,070
						1,201,304,463

Tabla 91. Presupuesto edificación planta 2 por 10 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 10 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	450.00	230	103,500,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	9,697.50	3,5	33,941,250	137,441,250
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	148.10	230	34,063,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	27,369.20	3,5	95,792,200	129,855,200
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	201.96	230	46,450,800	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	20,815.08	3,5	72,852,780	119,303,580
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	159.39	230	36,659,700	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	81,635.30	3,5	285,723,550	322,383,250
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,036.40	230	238,372,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	32,064.80	3,5	112,226,800	350,598,800
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	159.39	230	36,659,700	
6.2	Acero Riostras	Kg	15,301.40	3,5	53,554,900	90,214,600
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	322.432	230	74,159,360	
7.2	Acero Placas	Kg	9,421.06	3,5	32,973,710	107,133,070
						1,256,929,750

Tabla 92. Presupuesto edificación planta 2 por 15 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 15 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACIÓN					
1.1	Concreto Cimentación 3000 Psi	m ³	773.00	230	177,790,000	
1.2	Acero Cimentación	Kg	15,732.50	3,5	55,063,750	232,853,750
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	222.15	230	51,094,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	46,051.32	3,5	161,179,620	212,274,120
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	385.66	230	88,701,800	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	54,105.66	3,5	189,369,810	278,071,610
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	239.08	230	54,988,400	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	117,214.38	3,5	410,250,330	465,238,730
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,554.50	230	357,535,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	43,314.40	3,5	151,600,400	509,135,400
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	239.085	230	54,989,550	
6.2	Acero Riostras	Kg	22,952.16	3,5	80,332,560	135,322,110
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	483.648	230	111,239,040	
7.2	Acero Placas	Kg	47,105.30	3,5	164,868,550	276,107,590
						2,109,003,310

Tabla 93. Presupuesto edificación planta 2 por 15 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 2 POR 15 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	699.00	230	160,770,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	22,851.90	3,5	79,981,650	240,751,650
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	222.15	230	51,094,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	46,051.32	3,5	161,179,620	212,274,120
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	495.72	230	114,015,600	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	48,458.76	3,5	169,605,660	283,621,260
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	239.08	230	54,988,400	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	114,833.05	3,5	401,915,675	456,904,075
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	1,554.50	230	357,535,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	48,097.22	3,5	168,340,270	525,875,270
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	239.085	230	54,989,550	
6.2	Acero Riostras	Kg	22,952.16	3,5	80,332,560	135,322,110
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	483.648	230	111,239,040	
7.2	Acero Placas	Kg	47,105.30	3,5	164,868,550	276,107,590
						2,130,856,075

Tabla 94. Presupuesto edificación planta 3 por 5 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 5 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	174.00	230	40,020,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	4,212.62	3,5	14,744,170	54,764,170
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	74.05	230	17,031,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	11,742.90	3,5	41,100,150	58,131,650
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	0.00	230	0	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	0.00	3,5	0	0
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	72.57	230	16,691,100	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	31,713.00	3,5	110,995,500	127,686,600
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	277.80	230	63,894,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	7,806.90	3,5	27,324,150	91,218,150
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	72.57	230	16,691,100	
6.2	Acero Riostras	Kg	6,966.00	3,5	24,381,000	41,072,100
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	98.000	230	22,540,000	
7.2	Acero Placas	Kg	1,145.37	3,5	4,008,795	26,548,795
						399,421,465

Tabla 95. Presupuesto edificación planta 3 por 5 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 5 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	188.00	230	43,240,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	3,461.32	3,5	12,114,620	55,354,620
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	74.05	230	17,031,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	11,742.90	3,5	41,100,150	58,131,650
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	0.00	230	0	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	0.00	3,5	0	0
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	72.57	230	16,691,100	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	21,257.94	3,5	74,402,790	91,093,890
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	277.80	230	63,894,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	8,415.50	3,5	29,454,250	93,348,250
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	72.57	230	16,691,100	
6.2	Acero Riostras	Kg	6,966.00	3,5	24,381,000	41,072,100
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	98.000	230	22,540,000	
7.2	Acero Placas	Kg	1,145.37	3,5	4,008,795	26,548,795
						365,549,305

Tabla 96. Presupuesto edificación planta 3 por 10 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 10 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	403.00	230	92,690,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	6,631.90	3,5	23,211,650	115,901,650
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	111.07	230	25,546,100	
2.2	Acero Columnas	Kg	17,614.40	3,5	61,650,400	87,196,500
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	55.08	230	12,668,400	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	10,690.40	3,5	37,416,400	50,084,800
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	145.14	230	33,382,200	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	43,402.00	3,5	151,907,000	185,289,200
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	555.50	230	127,765,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	15,613.80	3,5	54,648,300	182,413,300
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	145.14	230	33,382,200	
6.2	Acero Riostras	Kg	13,933.92	3,5	48,768,720	82,150,920
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	196.000	230	45,080,000	
7.2	Acero Placas	Kg	5,726.80	3,5	20,043,800	65,123,800
						768,160,170

Tabla 97. Presupuesto edificación planta 3 por 10 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 10 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	273.00	230	62,790,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	8,487.90	3,5	29,707,650	92,497,650
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	111.07	230	25,546,100	
2.2	Acero Columnas	Kg	17,614.40	3,5	61,650,400	87,196,500
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	119.34	230	27,448,200	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	15,405.40	3,5	53,918,900	81,367,100
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	145.14	230	33,382,200	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	46,866.80	3,5	164,033,800	197,416,000
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	555.50	230	127,765,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	16,831.07	3,5	58,908,745	186,673,745
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	145.14	230	33,382,200	
6.2	Acero Riostras	Kg	13,933.92	3,5	48,768,720	82,150,920
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	196.000	230	45,080,000	
7.2	Acero Placas	Kg	5,726.80	3,5	20,043,800	65,123,800
						792,425,715

Tabla 98. Presupuesto edificación planta 3 por 15 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 15 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	507.00	230	116,610,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	9,185.40	3,5	32,148,900	148,758,900
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	138.84	230	31,933,200	
2.2	Acero Columnas	Kg	23,901.60	3,5	83,655,600	115,588,800
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	192.78	230	44,339,400	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	39,488.40	3,5	138,209,400	182,548,800
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	217.70	230	50,071,000	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	70,176.70	3,5	245,618,450	295,689,450
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	833.30	230	191,659,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	23,420.80	3,5	81,972,800	273,631,800
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	217.70	230	50,071,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	20,900.80	3,5	73,152,800	123,223,800
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	294.000	230	67,620,000	
7.2	Acero Placas	Kg	28,634.30	3,5	100,220,050	167,840,050
						1,307,281,600

Tabla 99. Presupuesto edificación planta 3 por 15 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 3 POR 15 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	359.50	230	82,685,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	13,921.33	3,5	48,724,655	131,409,655
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	138.84	230	31,933,200	
2.2	Acero Columnas	Kg	22,018.00	3,5	77,063,000	108,996,200
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	403.92	230	92,901,600	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	51,260.48	3,5	179,411,680	272,313,280
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	217.70	230	50,071,000	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	80,231.00	3,5	280,808,500	330,879,500
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	833.30	230	191,659,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	25,246.60	3,5	88,363,100	280,022,100
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	217.70	230	50,071,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	20,900.80	3,5	73,152,800	123,223,800
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	294.000	230	67,620,000	
7.2	Acero Placas	Kg	28,634.30	3,5	100,220,050	167,840,050
						1,414,684,585

Tabla 100. Presupuesto edificación planta 4 por 5 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 5 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	143.00	230	32,890,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	3,005.18	3,5	10,518,130	43,408,130
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	55.50	230	12,765,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	5,871.48	3,5	20,550,180	33,315,180
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	0.00	230	0	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	0.00	3,5	0	0
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	60.63	230	13,944,900	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	18,614.60	3,5	65,151,100	79,096,000
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	275.60	230	63,388,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	6,984.05	3,5	24,444,175	87,832,175
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	60.63	230	13,944,900	
6.2	Acero Riostras	Kg	5,821.00	3,5	20,373,500	34,318,400
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	95.250	230	21,907,500	
7.2	Acero Placas	Kg	1,113.28	3,5	3,896,480	25,803,980
						303,773,865

Tabla 101. Presupuesto edificación planta 4 por 5 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 5 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	105.50	230	24,265,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	3,470.27	3,5	12,145,945	36,410,945
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	37.02	230	8,514,600	
2.2	Acero Columnas	Kg	5,871.48	3,5	20,550,180	29,064,780
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	27.50	230	6,325,000	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	4,941.10	3,5	17,293,850	23,618,850
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	60.63	230	13,944,900	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	18,627.64	3,5	65,196,740	79,141,640
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	275.60	230	63,388,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	7,673.40	3,5	26,856,900	90,244,900
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	60.63	230	13,944,900	
6.2	Acero Riostras	Kg	5,821.00	3,5	20,373,500	34,318,400
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	95.250	230	21,907,500	
7.2	Acero Placas	Kg	1,113.28	3,5	3,896,480	25,803,980
						318,603,495

Tabla 102. Presupuesto edificación planta 4 por 10 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 10 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	272.25	230	62,617,500	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	6,453.09	3,5	22,585,815	85,203,315
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	74.05	230	17,031,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	11,809.70	3,5	41,333,950	58,365,450
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	100.98	230	23,225,400	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	15,773.80	3,5	55,208,300	78,433,700
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	121.27	230	27,892,100	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	47,231.40	3,5	165,309,900	193,202,000
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	551.20	230	126,776,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	13,968.10	3,5	48,888,350	175,664,350
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	121.20	230	27,876,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	11,642.40	3,5	40,748,400	68,624,400
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	190.500	230	43,815,000	
7.2	Acero Placas	Kg	5,566.40	3,5	19,482,400	63,297,400
						722,790,615

Tabla 103. Presupuesto edificación planta 4 por 10 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 10 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	206.50	230	47,495,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	8,872.45	3,5	31,053,575	78,548,575
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	74.05	230	17,031,500	
2.2	Acero Columnas	Kg	11,809.70	3,5	41,333,950	58,365,450
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	152.38	230	35,047,400	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	16,696.60	3,5	58,438,100	93,485,500
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	121.27	230	27,892,100	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	45,702.60	3,5	159,959,100	187,851,200
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	551.20	230	126,776,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	15,346.80	3,5	53,713,800	180,489,800
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	121.20	230	27,876,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	11,642.40	3,5	40,748,400	68,624,400
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	190.500	230	43,815,000	
7.2	Acero Placas	Kg	5,566.40	3,5	19,482,400	63,297,400
						730,662,325

Tabla 104. Presupuesto edificación planta 4 por 15 pisos NSR-98.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 15 PISOS NSR-98						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	411.00	230	94,530,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	10,236.40	3,5	35,827,400	130,357,400
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	83.30	230	19,159,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	16,766.90	3,5	58,684,150	77,843,150
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	302.90	230	69,667,000	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	70,057.10	3,5	245,199,850	314,866,850
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	181.90	230	41,837,000	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	59,616.80	3,5	208,658,800	250,495,800
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	826.70	230	190,141,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	20,952.15	3,5	73,332,525	263,473,525
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	181.90	230	41,837,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	17,463.60	3,5	61,122,600	102,959,600
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	285.800	230	65,734,000	
7.2	Acero Placas	Kg	27,832.00	3,5	97,412,000	163,146,000
						1,303,142,325

Tabla 105. Presupuesto edificación planta 4 por 15 pisos NSR-10.

PRESUPUESTO EDIFICACION PLANTA 4 POR 15 PISOS NSR-10						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	VALOR UNIT	VR. PARCIAL	VR. PARCIAL
			DIRECTO		TOTAL	TOTAL
1	CIMENTACION					
1.1	Concreto Cimentacion 3000 Psi	m ³	388.50	230	89,355,000	
1.2	Acero Cimentacion	Kg	14,900.70	3,5	52,152,450	141,507,450
2	COLUMNAS					
2.1	Concreto Columnas 3000 Psi	m ³	83.30	230	19,159,000	
2.2	Acero Columnas	Kg	16,766.90	3,5	58,684,150	77,843,150
3	MUROS ESTRUCTURALES					
3.1	Concreto Muros Estructurales 3000 Psi	m ³	580.17	230	133,439,100	
3.2	Acero Muros Estructurales	Kg	57,131.80	3,5	199,961,300	333,400,400
4	VIGAS					
4.1	Concreto Vigas 0,55m x 0,55 m 3000 Psi	m ³	181.90	230	41,837,000	
4.2	Acero Vigas 0,55m x 0,55 m 3000	Kg	63,587.70	3,5	222,556,950	264,393,950
5	VIGUETAS					
5.1	Concreto Viguetas 3000 Psi	m ³	826.70	230	190,141,000	
5.2	Acero Viguetas	Kg	23,020.29	3,5	80,571,015	270,712,015
6	RIOSTRAS					
6.1	Concreto Riostras 3000 Psi	m ³	181.90	230	41,837,000	
6.2	Acero Riostras	Kg	17,463.60	3,5	61,122,600	102,959,600
7	PLACAS					
7.1	Concreto Placas 3000 Psi	m ³	285.800	230	65,734,000	
7.2	Acero Placas	Kg	27,832.00	3,5	97,412,000	163,146,000
						1,353,962,565

El resumen de los datos obtenidos en los presupuestos anteriores, se presenta a continuación en la

Tabla 106. Resumen de Presupuestos Norma NSR – 98 y Reglamento NSR – 10.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En este capítulo se observará el análisis de resultados que se realizó a las veinticuatro (24) edificaciones del estudio.

Se desarrollará un análisis del diseño realizado a los diferentes elementos estructurales, y que diferencias en este aspecto se evidenciaron entre la NSR – 98 y el NSR – 10.

Después se mostrará un análisis de las cantidades de obra comparadas por elemento estructural (vigas, columnas, muros y cimentaciones) para las dos reglamentaciones.

Por último se realizará un análisis a los presupuestos encontrados por ambas normativas.

10.1. Explicación de Resultados en el AnSísmico y el Diseño Estructural.

Se observó que el primer cambio sustancial en la actualización de la Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98 por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR – 10, consiste en realizar un incremento en la evaluación del subsuelo en el cual se cimenta toda edificación, de tal manera, que al existir este cambio, la fuerza sísmica toma mayor importancia, tanto en el diseño de los elementos (cantidades de acero), como en el análisis sísmico de los mismos (derivadas).

Por la razón expuesta, se pudo encontrar que únicamente con columnas, las edificaciones no soportan las fuerzas sísmicas asignadas tanto en la Norma NSR – 98 y el Reglamento NSR – 10, al existir este cambio, los elementos que más soportan las fuerzas sísmicas en la distribución en planta son los muros estructurales.

En el análisis sísmico realizado, se observó que las plantas dos (2) y tres (3), no requirió muros estructurales cuando tenía una altura de cinco (5) niveles, en ambas reglamentaciones. Mientras la planta cuatro (4), únicamente necesito muros estructurales cuando tenía cinco (5) niveles en el Reglamento NSR – 10, esta misma edificación por la Norma NSR – 98, no requirió la modificación a muros estructurales de algunas de sus columnas.

Con este análisis se observa que las estructuras requieren de los elementos estructurales tipo muro, ya que ellos soportan en un alto porcentaje la fuerza sísmica aplicada en la edificación.

Respecto al diseño estructural de los elementos como vigas, columnas, muros y zapatas, se observó que las teorías básicas para diseño de estos elementos no se modificaron de una reglamentación a otra.

Cuando se observan los factores de reducción de resistencia respecto a la fuerza axial y el momento de flexión, teniendo en cuenta la deformación unitaria normal que presenta el acero, se observa que cuando el acero sufre deformaciones mayores a 0.005 mm/mm, se considera un análisis de flexión pura, mientras que cuando las deformaciones unitarias presentan una deformación menor a 0.002 mm/mm, se refiere a un elemento que principalmente está trabajando a compresión, por lo cual el factor de reducción (ϕ), varía de 0.9 a 0.65, respectivamente. En la transición de 0.002 mm/mm hasta 0.005 mm/mm, se procede a realizar una interpolación entre los dos valores especificados anteriormente, con lo cual se obtendría un coeficiente con valores entre 0.65 y 0.90.

Cuando se realizó el predimensionamiento de los muros estructurales, se observó que en el reglamento NSR – 10, se requiere mayor sección en estos elementos, pero, la distribución de aceros en los elementos de borde, es más uniforme y no tan denso, como se presenta en la norma NSR – 98.

Respecto a la cimentación, ya que aumentaron los coeficientes y los requerimientos en el reglamento NSR – 10, se requiere mayor área y por lo tanto más cantidad de acero en las zapatas de las edificaciones.

10.2. Análisis de las Cantidades de Obra.

En este numeral se muestran las cantidades de acero y concreto de cada uno de los elementos estructurales vigas, columnas, muros y zapatas de cada una de las edificaciones que hacen parte del estudio.

10.2.1. Cantidades en acero de refuerzo.

En este capítulo se analizan los resultados de cada uno de los presupuestos diferenciando entre acero y concreto en las edificaciones.

En la Tabla 107, se observan los resultados de cantidades de acero de todas las edificaciones que se analizaron en el trabajo de grado.

En la implementación del reglamento NSR – 10, se observó que los muros estructurales y las columnas, absorben mayor cantidad de fuerza y se transmite menor carga a las vigas, de tal manera que se presenta una leve disminución en la cantidad de aceros de las vigas de la NSR – 98 a la NSR – 10. Las cantidades de acero en las columnas se mantienen, por cuanto se explicó que el diseño de estos

elementos depende directamente de las teorías de compresión de la Norma NSR – 98 al reglamento NSR – 10.

Se observa en la misma tabla, que en la mayoría de plantas, se incrementa la cantidad de acero de refuerzo en los muros estructurales.

En la cimentación, también se presenta este fenómeno, por cuanto se incrementan las dimensiones de las secciones de una reglamentación a otra.

**Tabla 107. Cantidades de Acero Total (kg) de los edificios.
EDIFICIO PLANTA 1**

ELEMENTO	NSR - 98			NSR - 10		
	5 PISOS NSR - 98	10 PISOS NSR - 98	15 PISOS NSR - 98	5 PISOS NSR - 10	10 PISOS NSR - 10	15 PISOS NSR - 10
VIGAS	18688.7	42474.64	62330	15327.35	49579.41	60994
COLUMNAS	4403.58	8940.83	13311.03	4403.58	8940.83	13311.03
MUROS	6697.77	31722.27	67337.76	6625.97	40679.2	74048.76
CIMENTACIÓN	1618.3	7718.67	12646.81	4715.95	9807.09	13755.87

EDIFICIO PLANTA 2

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	18356,59	70981,4	117214,38	31739,52	81635,3	114833,05
COLUMNAS	14578,69	21316,9	46051,32	14578,69	27369,2	46051,32
MUROS	0	28382,7	54105,66	0	20815,08	48458,76
CIMENTACION	5581,05	10884,8	15732,5	4820,81	9697,5	22851,9

EDIFICIO PLANTA 3

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	31.713,00	43.402,00	70.176,70	21.257,94	46.866,80	80.231,00
COLUMNAS	11.742,90	17.614,40	23.901,60	11.742,90	17.614,40	22.018,00
MUROS	0,00	10.690,40	39.488,40	0,00	15.405,40	51.260,48
CIMENTACION	4.212,62	6.631,90	9.185,40	3.461,32	8.487,90	13.921,33

EDIFICIO PLANTA 4

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	18.614,60	47.231,40	59.616,80	18.627,64	45.702,60	63.587,70
COLUMNAS	5.871,48	11.809,70	16.766,90	5.871,48	11.809,70	16.766,90
MUROS	0,00	15.773,80	70.057,10	4.941,10	16.696,60	57.131,80
CIMENTACION	3.005,18	6.453,09	10.236,40	3.470,27	8.872,45	14.900,70

En la Figura 114, en las diferentes plantas estructurales, se muestran gráficamente los mismos resultados obtenidos en la tabla anterior, y se observan allí las diferencias significativas entre la norma y el reglamento analizado.

Es importante observar que existen diferencias significativas entre la dos edificaciones en cuanto a cantidades y es importante analizar cada uno de los elementos para determinar en cual es que se presenta la mayor variación.

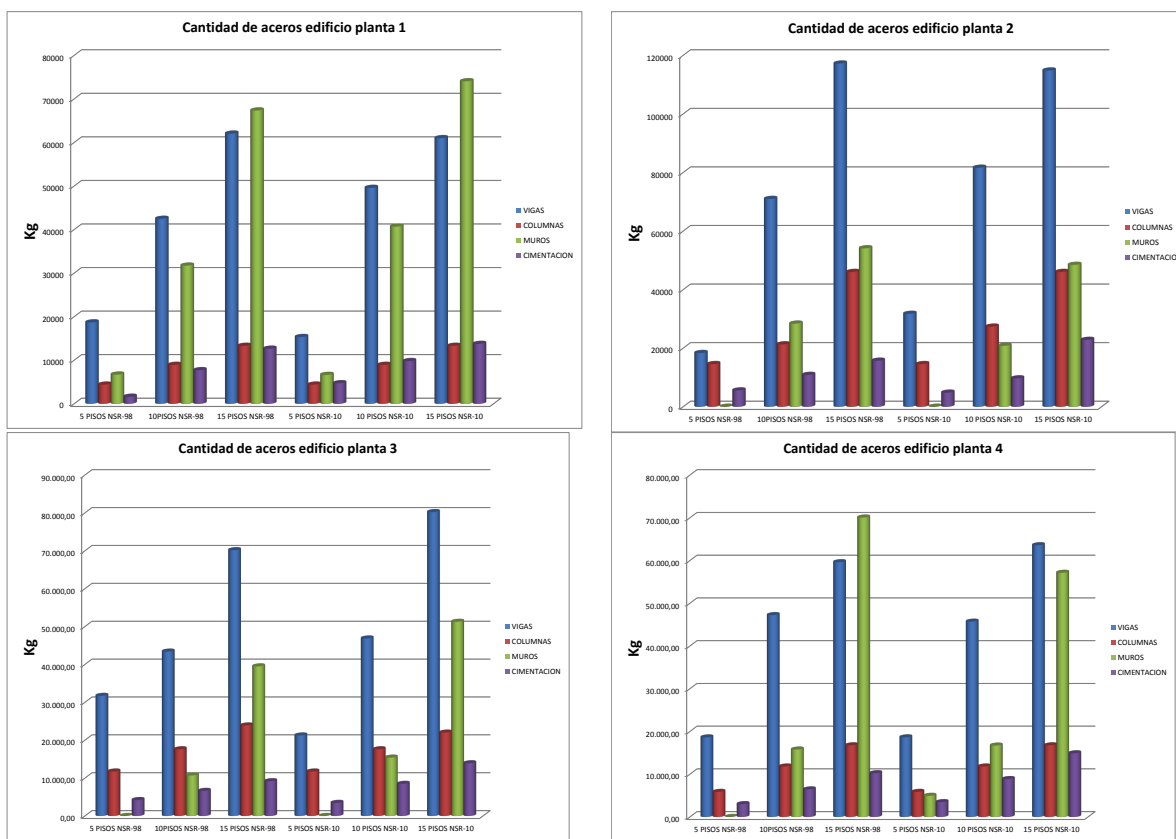


Figura 114. Cantidades de Aceros de las Diferentes Edificaciones.

10.2.2. Cantidades de concreto.

Se puede observar en la Tabla 108, que las cantidades de concreto en columnas y vigas se mantiene constante, ya que existe la variación en las dimensiones de los muros estructurales y en las cimentaciones de la estructura.

Respecto a los volúmenes que se manejan en los muros y en la cimentación, se observa un aumento, ya que las dimensiones se incrementaron de una reglamentación a otra, son dimensiones mayores en el reglamento NSR – 10, que en la norma NSR – 98.

Tabla 108. Cantidades de Concreto Total (m³) de las diferentes Edificaciones.
EDIFICIO PLANTA 1.

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	64	127,82	191,73	64	127,82	191,73
COLUMNAS	27,77	55,54	83,30	27,77	55,54	83,30
MUROS	36,72	192,78	477,36	50,49	247,86	646,27
CIMENTACION	111,25	277,75	450,25	122,07	478,00	483,00

Continuación Tabla 108. Cantidades de Concreto total (m³) de las diferentes edificaciones.

EDIFICIO PLANTA 2.

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	79,695	159,39	239,08	79,695	159,39	239,08
COLUMNAS	92,565	111,07	222,15	92,565	148,10	222,15
MUROS	0,00	110,16	385,66	0	201,96	495,72
CIMENTACION	192,75	506,50	222,15	192,75	450,00	222,15

EDIFICIO PLANTA 3.

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	72,57	145,14	217,70	72,57	145,14	217,70
COLUMNAS	74,05	111,07	138,84	74,05	111,07	138,84
MUROS	0,00	55,08	192,78	0,00	119,34	403,92
CIMENTACION	174,00	403,00	507,00	188,00	273,00	359,50

EDIFICIO PLANTA 4.

ELEMENTO	NSR-98			NSR-10		
	5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
VIGAS	60,63	121,27	181,90	60,63	121,27	181,90
COLUMNAS	55,50	74,05	83,30	37,02	74,05	83,30
MUROS	0,00	100,98	302,90	27,50	152,38	580,17
CIMENTACION	143,00	272,25	411,00	105,50	206,50	388,50

En la 0, se observan los resultados gráficos de los volúmenes obtenidos en concreto en cada uno de los elementos estructurales como son vigas, columnas, muros y zapatas.

Se observa la importante variación en los muros y las zapatas de la edificación, por lo que ya se ha especificado anteriormente del incremento de las solicitudes geotécnicas y de fuerzas sísmicas aplicadas.

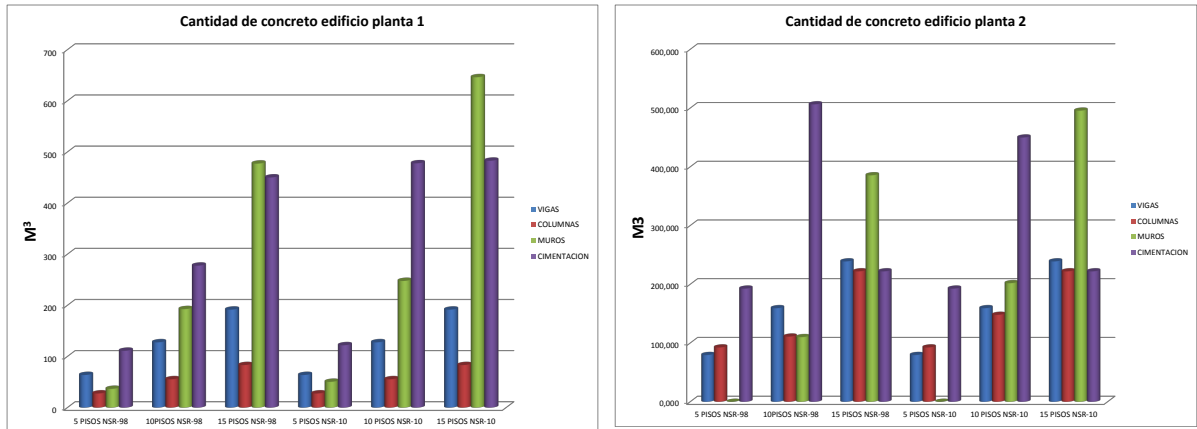
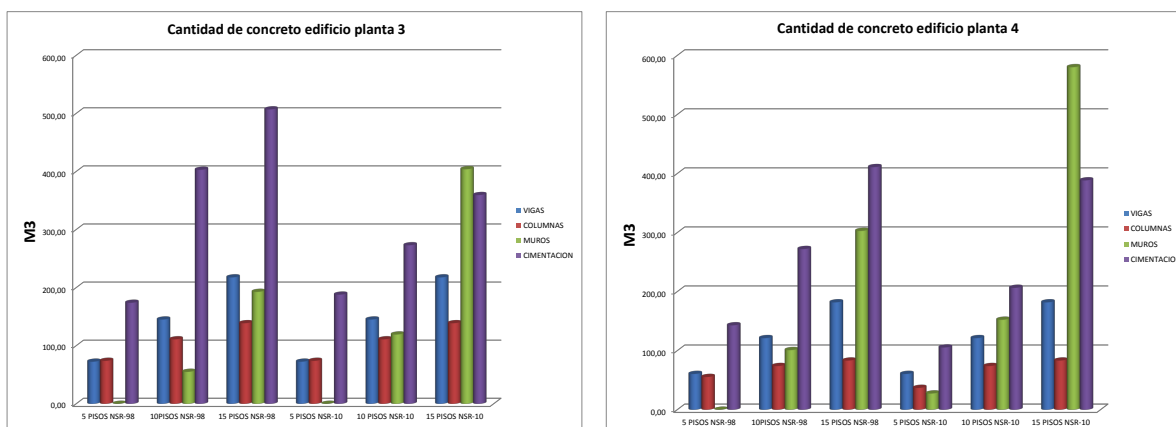


Figura 115. Cantidad de Concreto de Todas las Edificaciones.



Continuación Figura 115. Cantidad de concreto de todas las edificaciones.

10.3. Análisis de Presupuesto de todas las edificaciones.

En la Tabla 109, se observa el resultado comparativo del total del presupuesto entre las edificaciones diseñadas por la norma NSR – 98 y el reglamento NSR – 10, de tal manera que se observa un incremento entre las dos reglamentaciones. Cuando se hace un análisis específico de todas las edificaciones de cinco (5) niveles, se observa que se presenta un incremento en el presupuesto de dos punto ochenta y ocho por ciento (2.88%), cuando se analiza las plantas con altura de diez (10) pisos o niveles, se observa que se presentó un incremento entre una y otra de aproximadamente seis punto diecisiete por ciento (6.17%) y de la misma manera se presenta un incremento en las edificaciones de quince (15) niveles de aproximadamente nueve punto sesenta y cuatro por ciento (9.64%).

Tabla 109. Presupuesto Total (\$Pesos) de todas las Edificaciones.

EDIFICACIÓN PLANTA 1.					
5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
\$ 363.143.742,00	\$ 782.257.772,00	\$ 1.500.120.800,00	\$ 376.957.177,00	\$ 908.999.732,00	\$ 1.577.235.230,00
EDIFICACIÓN PLANTA 2.					
5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
\$ 477.605.830,00	\$ 1.201.304.462,50	\$ 2.109.003.310,00	\$ 527.365.225,00	\$ 1.256.929.750,00	\$ 2.130.856.075,00
EDIFICACIÓN PLANTA 3.					
5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
399.421.465	768.160.170,00	1.307.281.600,00	365.549.305	792.425.715,00	1.414.684.585,00
EDIFICACIÓN PLANTA 4.					
5 PISOS NSR-98	10PISOS NSR-98	15 PISOS NSR-98	5 PISOS NSR-10	10 PISOS NSR-10	15 PISOS NSR-10
303.773.865	722.790.615	1.303.142.325	318.603.495	730.662.325	1.353.962.565

En la Figura 116, gráficamente se observan las diferencias de presupuestos de las edificaciones diseñadas bajo los lineamientos de la norma NSR – 98 y el reglamento NSR – 10.

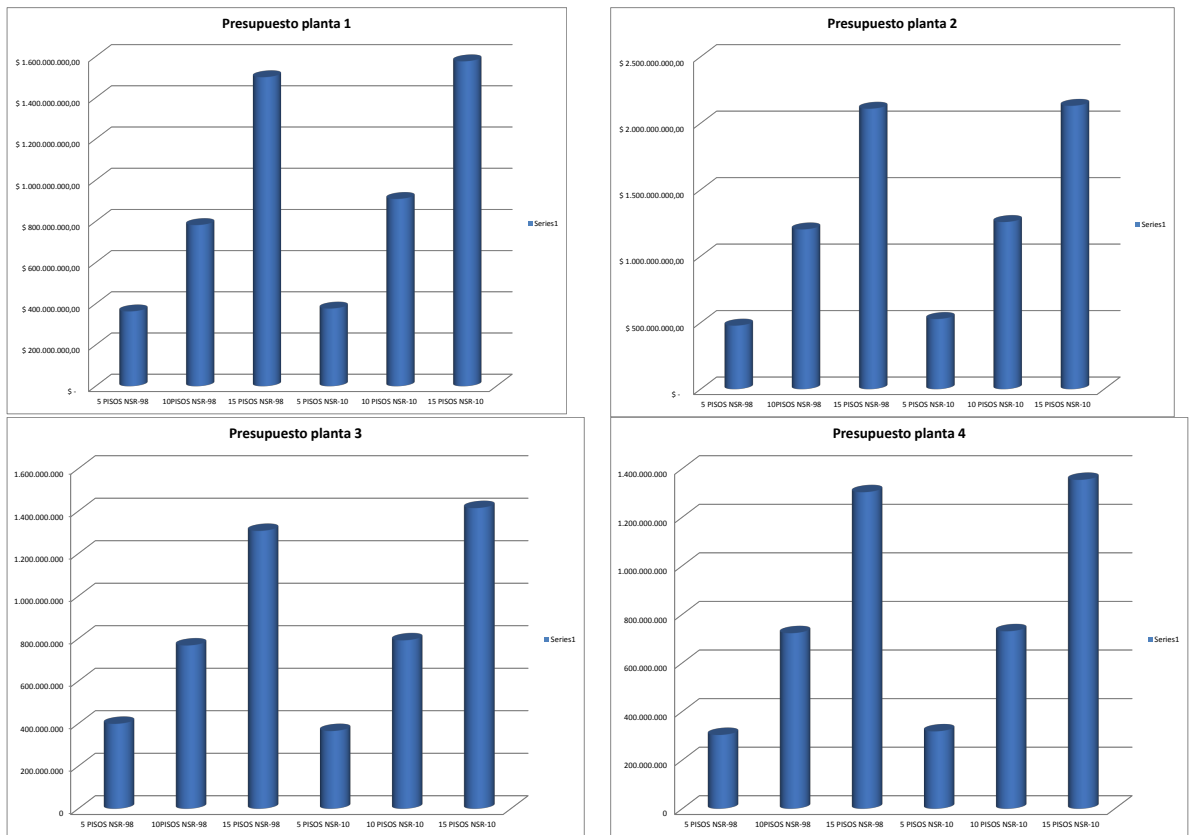


Figura 116. Presupuesto total de todas las edificaciones.

11. CONCLUSIONES

La actualización del reglamento de diseño y construcción sismo resistente NSR 98 con el actual reglamento NSR 10, afectó el diseño de los elementos de las edificaciones de forma considerable.

Los elementos en donde se presentó mayor variación en las cantidades y presupuestos de obra, fue las cimentaciones (zapatas) y los muros, esto se debe a los cambios en las combinaciones de cargas para el diseño, las fuerzas sísmicas, cambios en los coeficientes de importancia en cuanto a sus valores y su grupo de uso, la definición del espectro de diseño se ajustó para considerar el parámetro A_v . Y se agregó además del espectro de aceleraciones, espectros de velocidades y de desplazamientos.

La variación porcentual obtenida es de un incremento de 2.88% entre las edificaciones de 5 niveles, un 6.17% entre las edificaciones de 10 niveles y para finalizar, un incremento de 9.64% en las edificaciones de 15 niveles. Estos incrementos son establecidos cuando se analiza el presupuesto de estas edificaciones.

Se observa que respecto a las teorías utilizadas para el diseño de los elementos estructurales no presentan mayor variación entre una y otra reglamentación. El cambio se observa principalmente en la modificación de los parámetros geotécnicos de la cimentación de las estructuras, lo que conlleva principalmente al aumento de las fuerzas sísmicas y las dimensiones y refuerzos de las zapatas de los edificios.

Se debió realizar un cambio en el sistema estructural de edificaciones tipo pórtico a edificaciones de sistema combinado, por cuanto se requirió de la ubicación en planta de diferentes muros estructurales que soportaran las fuerzas sísmicas aplicadas en la edificación. Estos muros aumentaron sus dimensiones cuando se paso de la norma NSR – 98 al reglamento NSR – 10.

12. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los constructores, elegir una distribución de espacios arquitectónicos correcta, ya que de este depende el buen comportamiento sísmico de una estructura.

Se recomienda realizar un análisis comparativo similar al elaborado en este proyecto de grado, utilizando plantas irregulares, y diferentes zonas de amenaza sísmica.

Los constructores deben tener conciencia de estos cambios en las reglamentaciones para tener en cuenta el incremento en la realización de la estructura por las modificaciones realizadas de la norma NSR – 98 y el reglamento NSR - 10.

13. BIBLIOGRAFIA

- HIBBELER, RUSELL C. Análisis Estructural. 3a Edición. México: Prentice Hall. 1997.
- HIBBELER, RUSELL C. Mecánica De Materiales. México: Cecs. 1994.
- LLamas, C. P. (2004). Diseño Sismo Resistente de Edificios. En C. P. LLamas, *Diseño Sismo Resistente de Edificios* (pág. 2). Bucaramanga: Sic Editorial.
- Resistente, C. A. (2007). *Manual sobre Sismo Resistencia*. Bogota-Colombia: Asociacion Colombiana De Ingenieria Sismica.
- Sismica, A. C. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construccion Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construccion Sismo Resistente* (pág. ii). Bogota: Proyectos y Ediciones Ltda.
- Sismoresistente, C. A. (2007). Manual Sobre Sismo Resistencia. En C. A. Sismoresistente, *Manual Sobre Sismo Resistencia* (págs. 3-4). Bogota: Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.
- Sismica, A. C. (2010). Reglamento Colombiano de Diseño y Construccion Sismo Resistente. En A. C. Sismica, *Normas Colombianas de Diseño y Construccion Sismo Resistente* (pág. ii). Bogota: Proyectos y Ediciones Ltda.

ANEXO 1. INTRODUCCIÓN DE DATOS SAP2000.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para el uso del programa.

PASO 1.

Como primera medida se deben definir las unidades en la parte inferior, para este caso específico las unidades a trabajar son KN-m, luego se debe crear un modelo (CTRL+N), ingresando a FILE en la barra menú y se selecciona New Model, para el análisis de edificaciones se escoge la opción Grid Only como se muestra en la Figura 117.

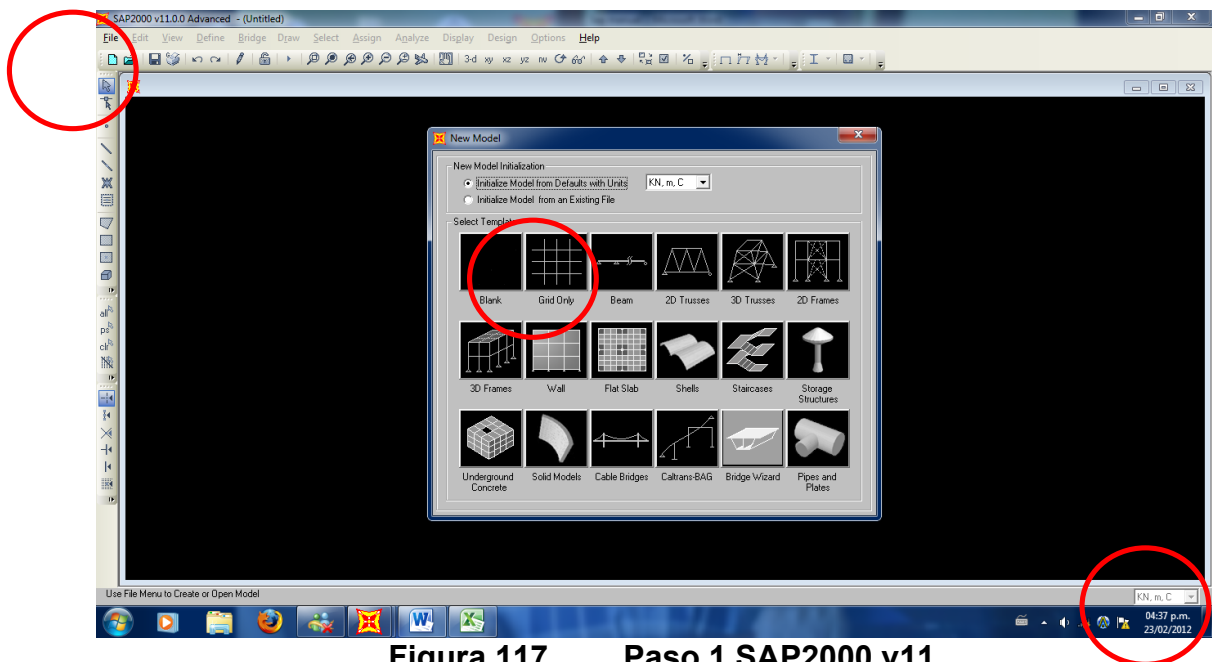


Figura 117. Paso 1 SAP2000 v11

PASO 2.

Luego de seleccionar el modelo hay que determinar el número de Grid lines y sus distancias entre ejes como lo muestra Figura 118, el número de Grid lines en X y Y depende del número de vigas en sus respectivas direcciones, en Z son la cantidad de niveles de la estructura y se adiciona un nivel mas para la cimentación; las distancias entre si (Grid spacing) se dejan en X y Y como están y más adelante se modifican; y en Z se coloca la altura entre piso.

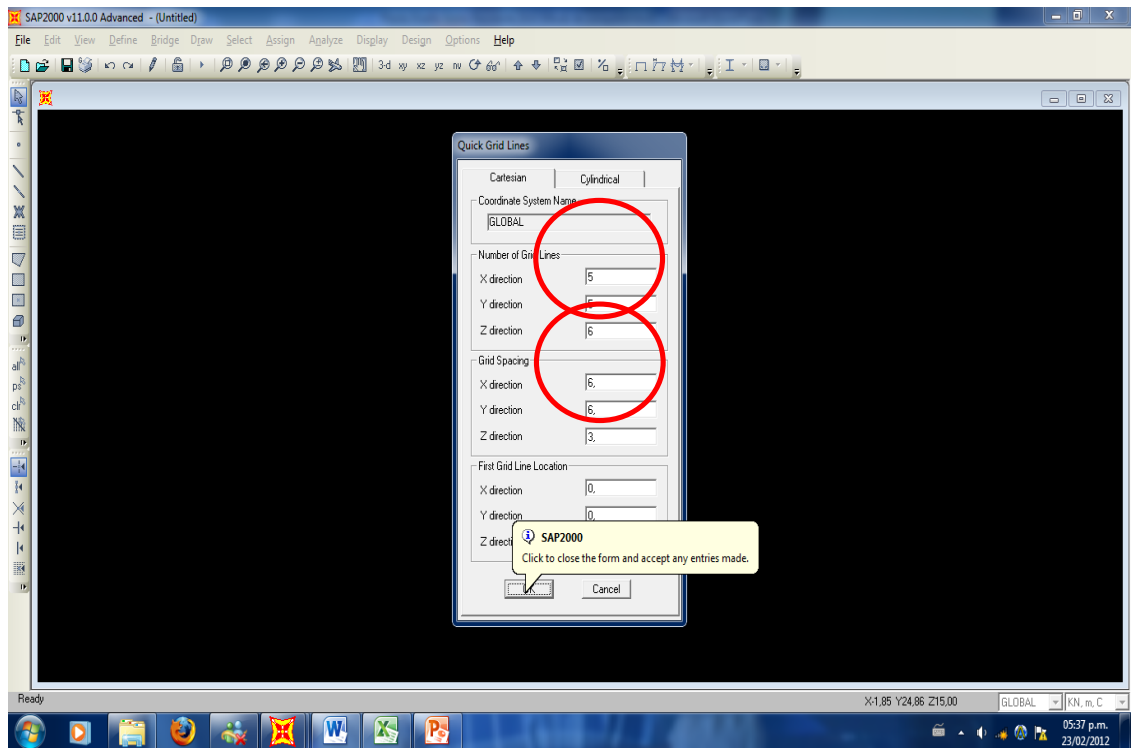


Figura 118. Paso 2 SAP2000 v11 (a)

En la siguiente Figura 119 se puede observar la plantilla sobre la cual se va a trabajar.

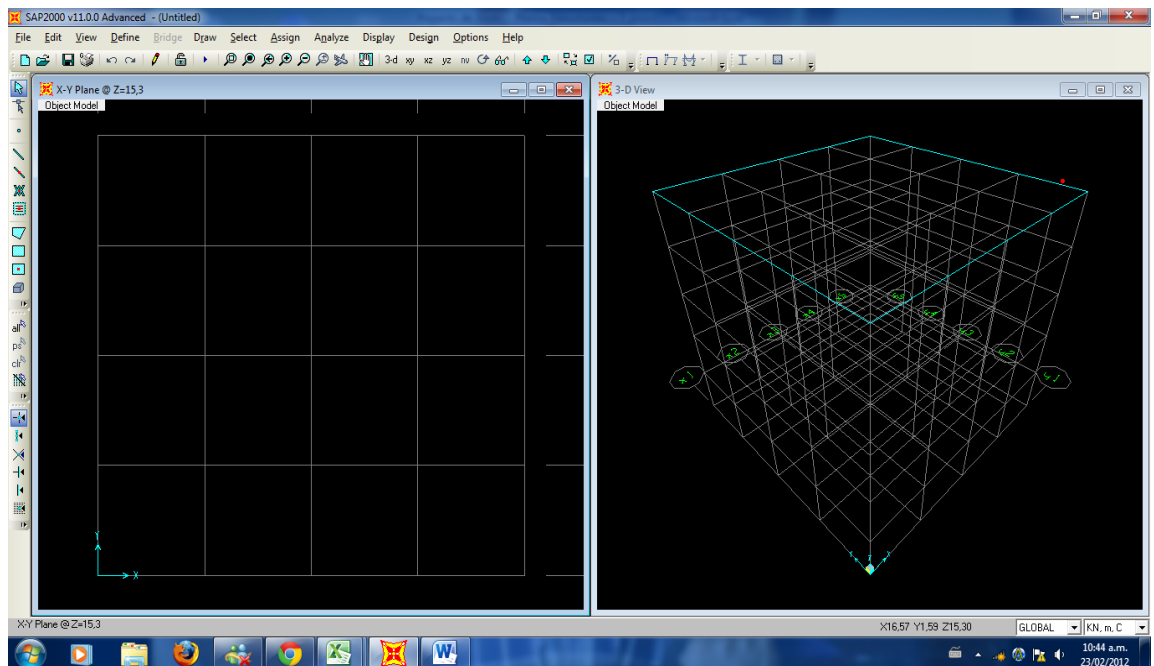


Figura 119. Paso 2 SAP2000 v11 (b)

PASO 3.

Ahora se Introducen las distancias entre líneas en el Plano X-Y y dando doble click sobre cualquier línea (ver círculo Rojo) aparecerá una ventana como lo muestra la Figura 120, en la cual se insertan las distancias entre vigas establecidas en la planta 1, es importante tener en cuenta que las distancias son acumuladas partiendo desde el eje de coordenadas (ver círculo Rojo) que se ve en la figura como el punto cero.

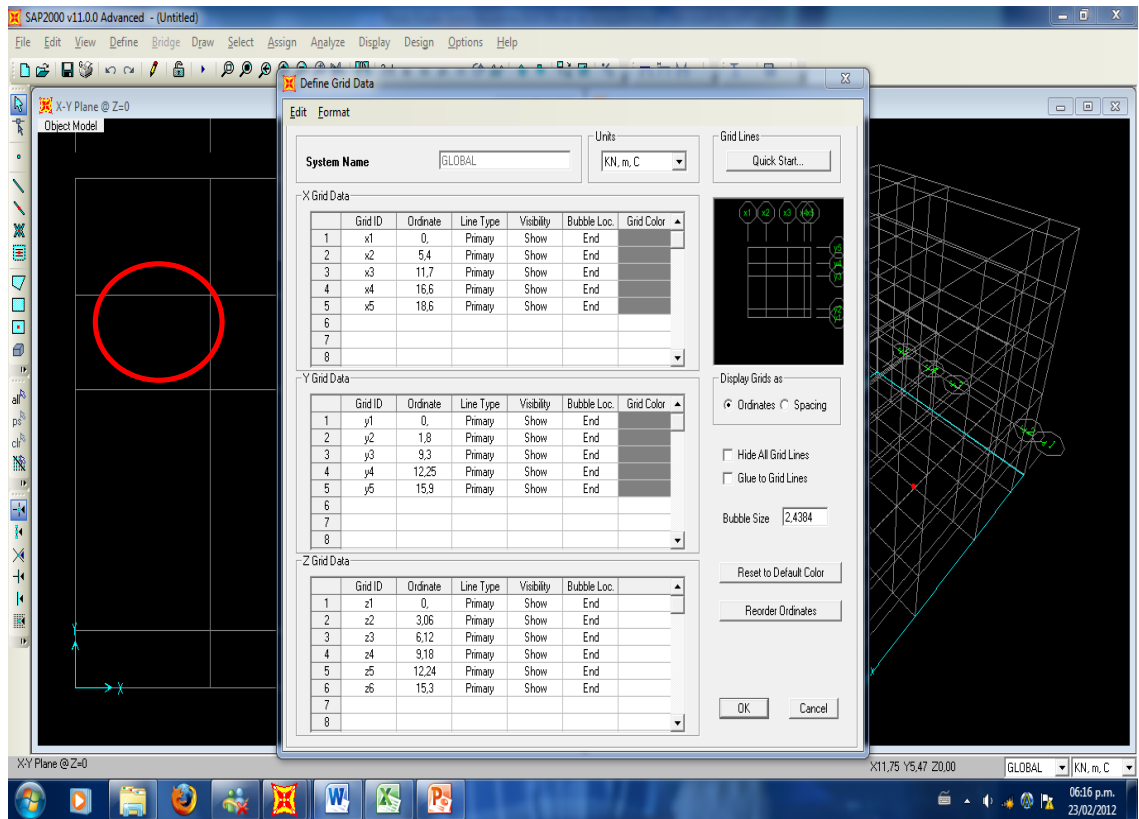


Figura 120. Paso 3 SAP2000 v11 (a)

En la Figura 121 se puede observar la plantilla con las distancias definidas entre ejes.

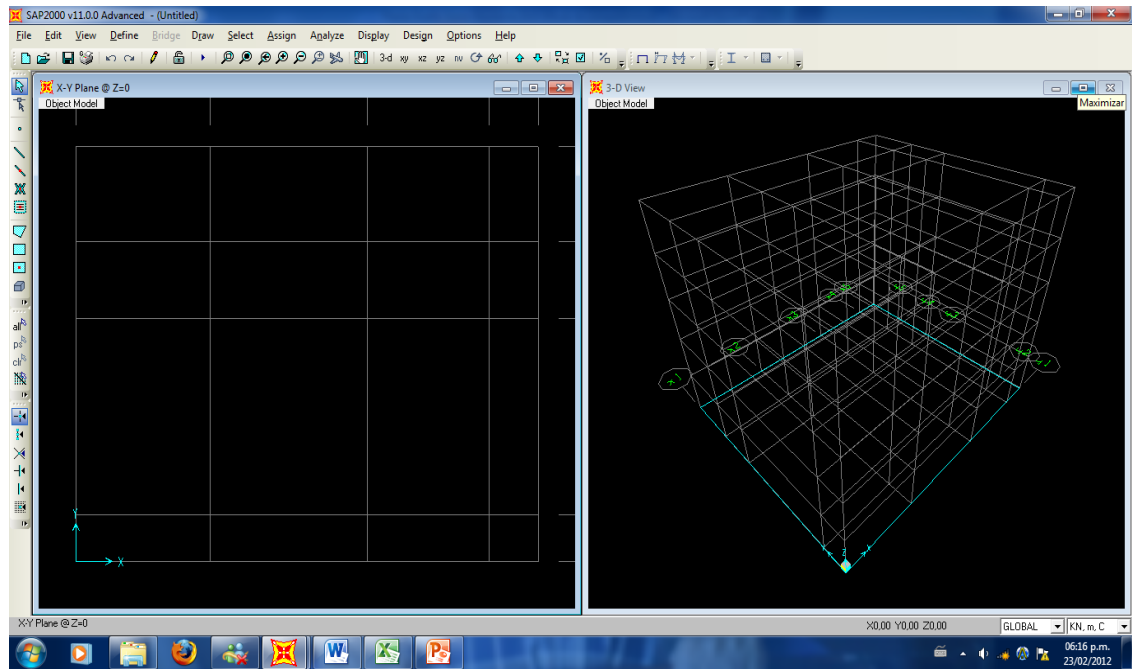


Figura 121. Paso 3 SAP2000 v11 (b)

PASO 4.

Con el puntero del mouse se ubican los nodos en el plano X-Z de arriba hacia abajo, de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás, es importante tener cuidado con la ubicación de los nodos ya que esto facilita el análisis de los resultados arrojados por el sap2000; también se debe tener en cuenta que en voladizo no hay nodos y en la escalera se comienza a partir del segundo piso. Para enumerar los nodos se va al menú View – Set Display Options como se ve en la Figura 122.

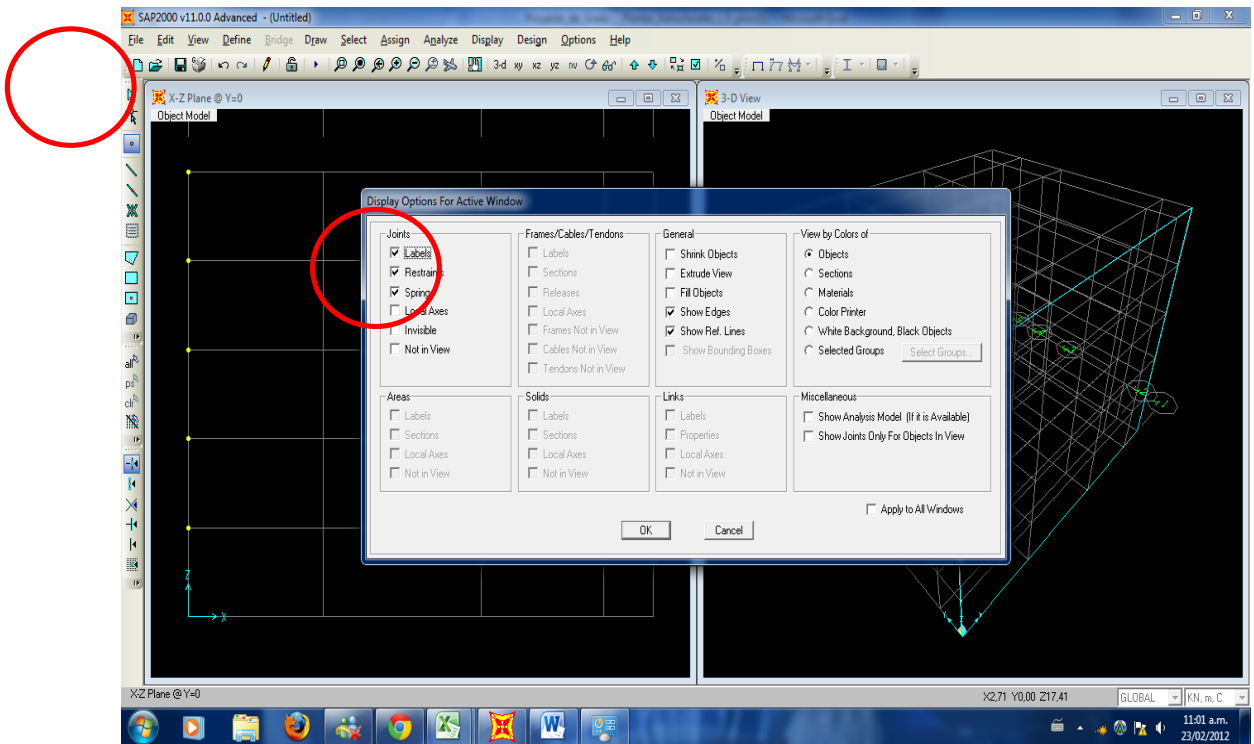


Figura 122. Paso 4 SAP2000 v11 (a)

En la Figura 123 se puede observar los nodos enumerados.

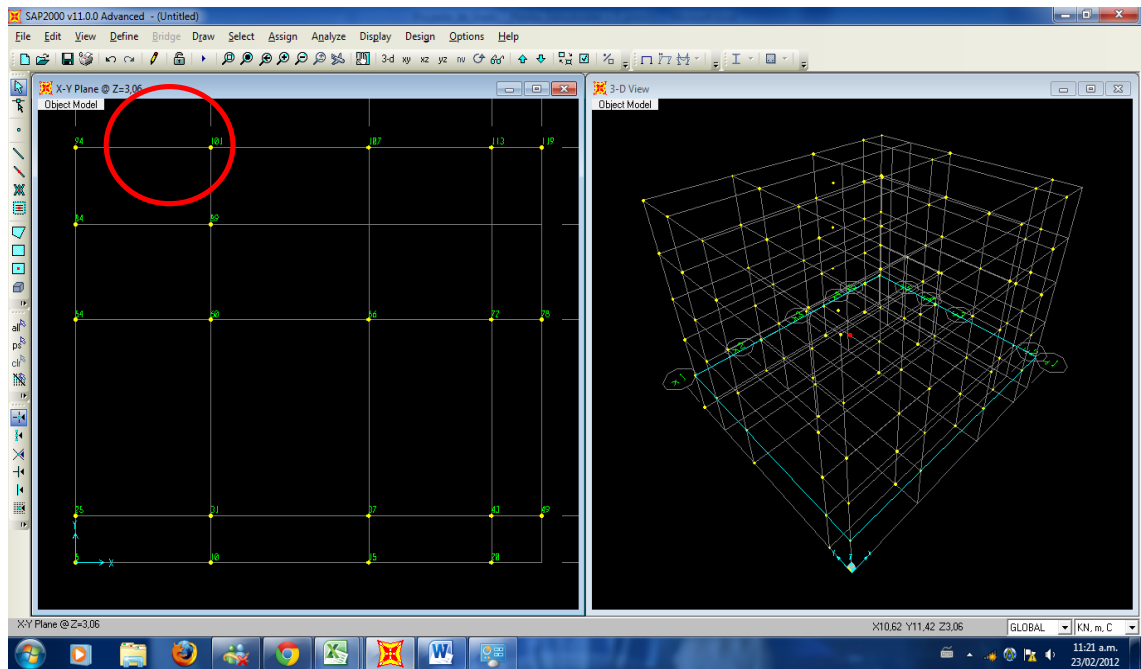


Figura 123. Paso 4 SAP2000 v11 (b)

PASO 5.

Después de colocar los nodos en el plano X-Z, se cambia al plano X-Y y se ubican los nodos como lo muestra la Figura 124, luego se designan los valores correspondientes al centro de Rigidez (Ver Tabla 31) y se coloca un nodo por piso excepto en el piso de la cimentación.

Para adicionar las coordenadas X_{CR} y Y_{CR} calculadas en la Tabla #c se da click derecho en el nodo y luego doble click en Location.

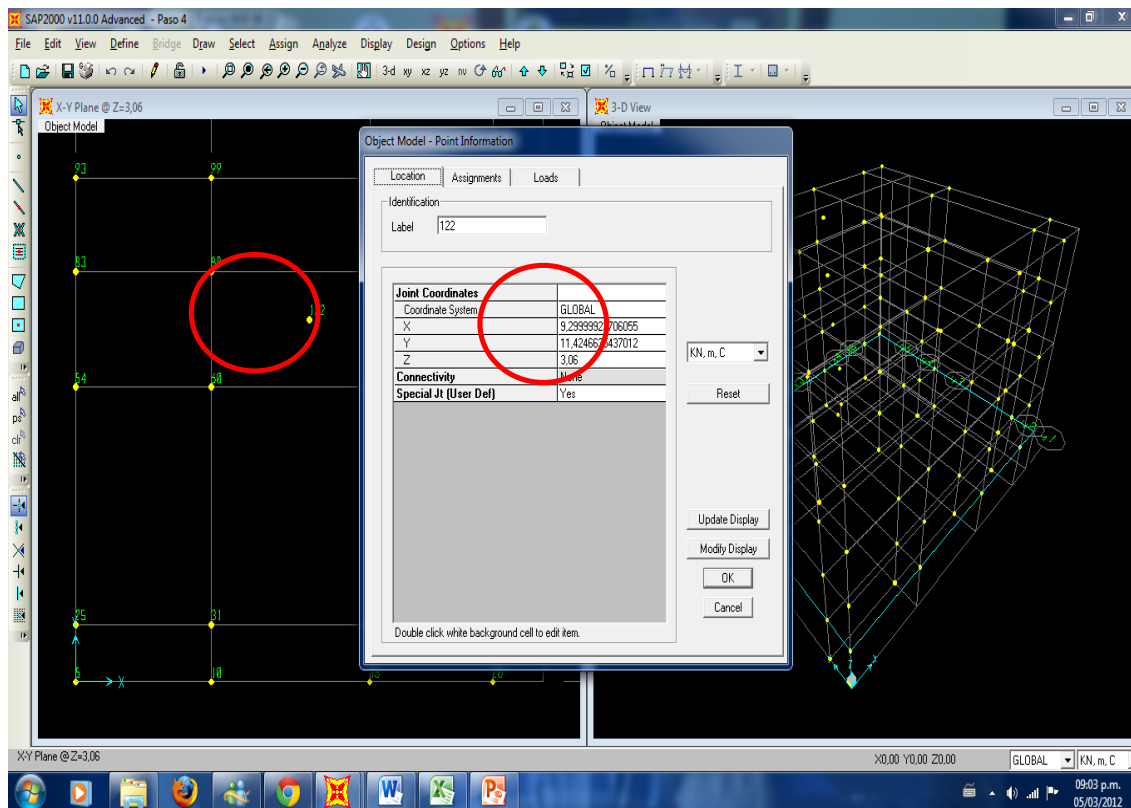


Figura 124. Paso 5 SAP2000 v11 (a)

Luego Aparece una ventana como la de la Figura 125 para colocarlas coordenadas.

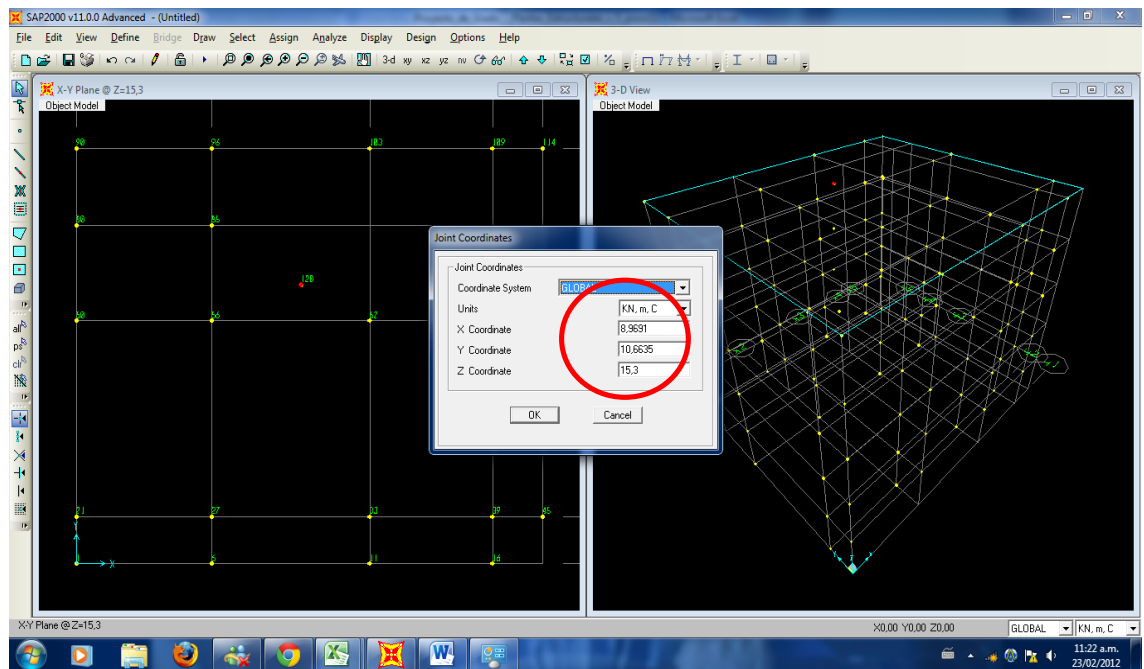


Figura 125. Paso 5 SAP2000 v11 (b)

PASO 6.

Para crear las vigas y columnas se hace uso de la herramienta Draw Frame / cable Element que se encuentra en la barra del menú lateral izquierda como se puede ver en la Figura 126. Primero se define las vigas del plano X-Z, de adelante hacia atrás, en el piso superior de izquierda a derecha y luego pasando a los pisos inferiores.

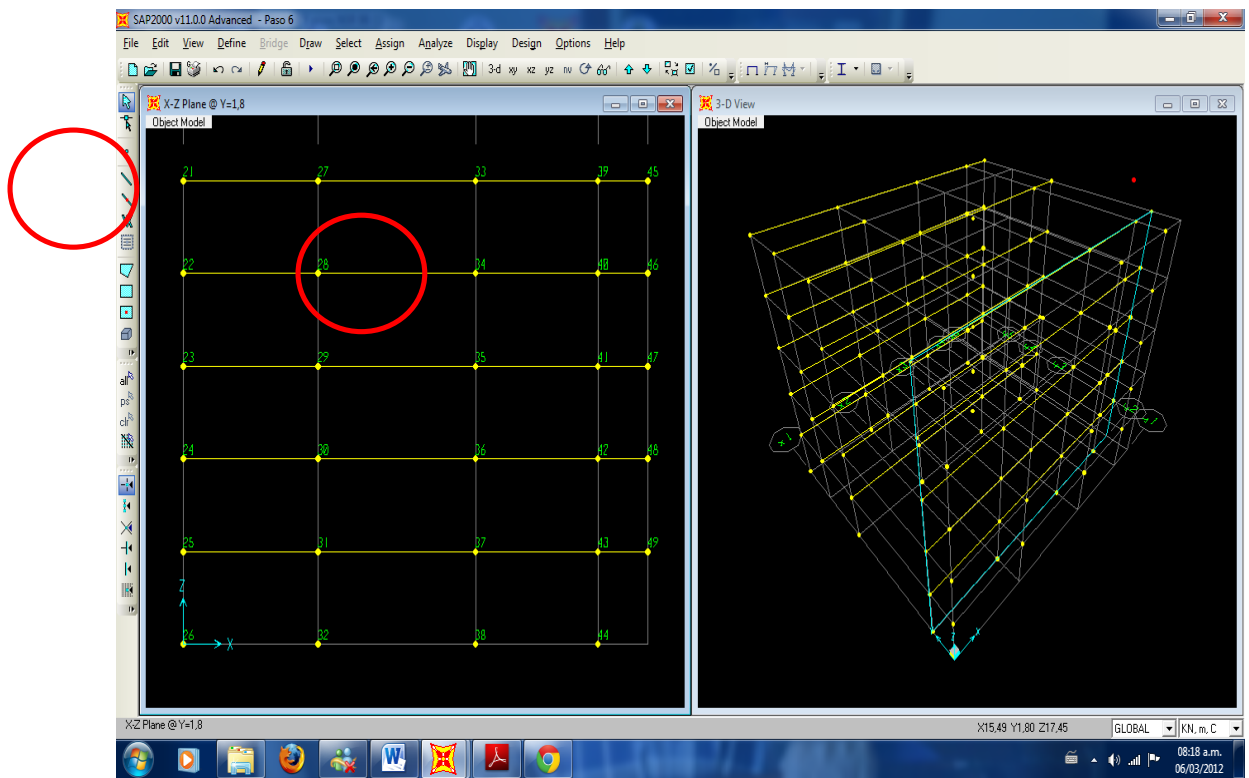


Figura 126. Paso 6 SAP2000 v11 (a)

Luego se cambia al plano Y-Z y se repite el mismo procedimiento como se ve en la Figura 127.

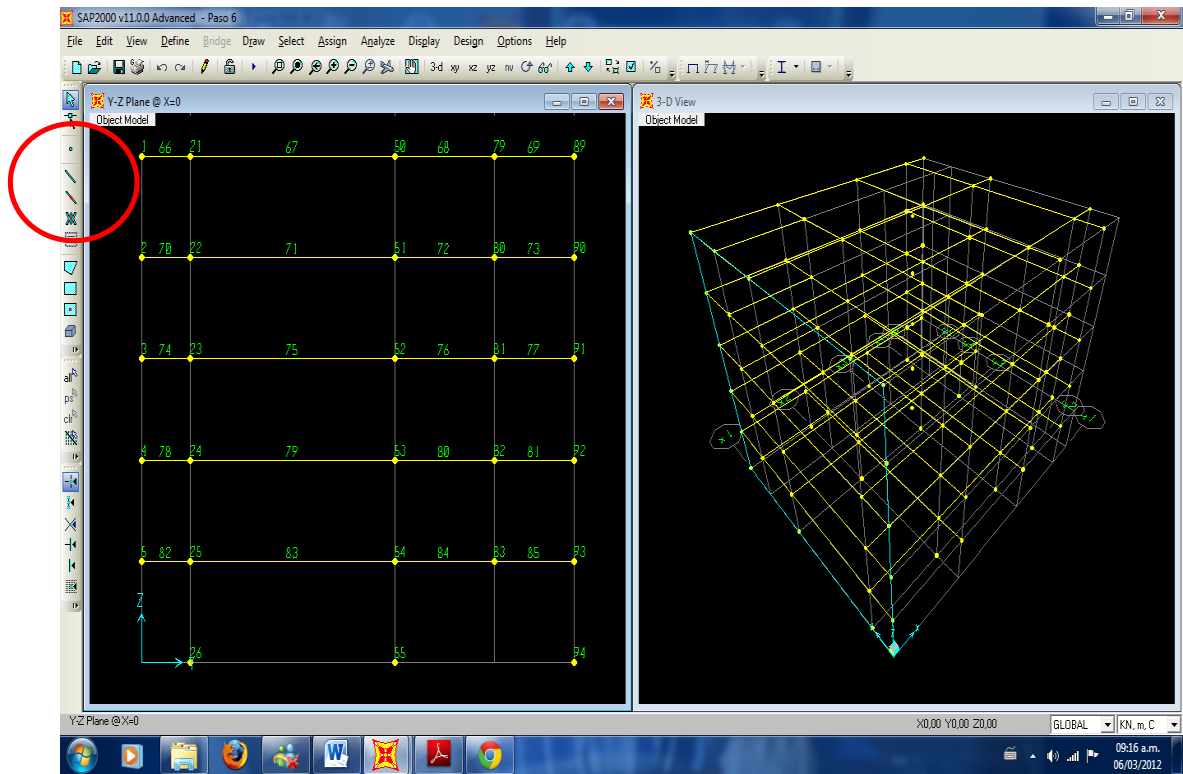


Figura 127. Paso 6 SAP2000 v11 (b)

Para enumerar las vigas y columnas se va al menú View – Set Display Options como se ve en la Figura 128.

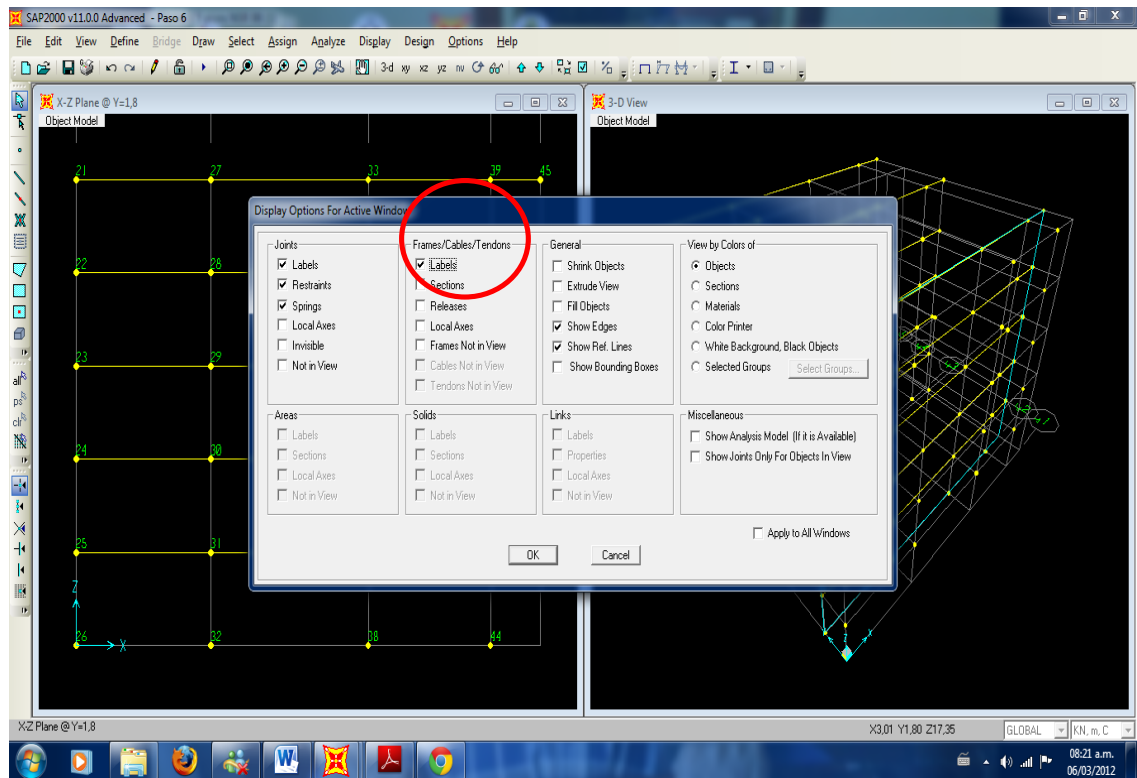


Figura 128. Paso 6 SAP2000 v11 (c)

PASO 7.

Para crear las columnas se repite el mismo procedimiento que se realizó en el paso 6; se comienza en el plano X-Z de abajo hacia arriba, de izquierda a derecha, de adelante hacia atrás, como se muestra en la Figura 129. Se debe tener en cuenta que no hay columnas en el voladizo y la escalera.

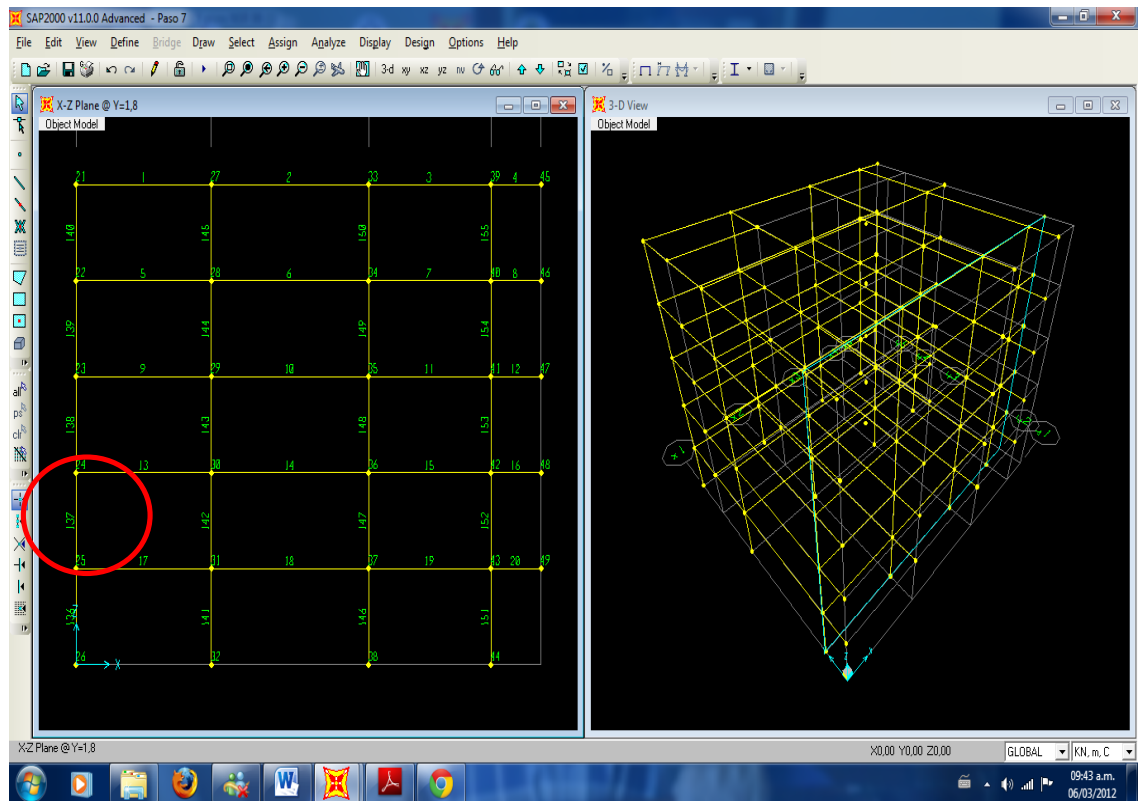


Figura 129. Paso 7 SAP2000 v11

PASO 8.

Ahora se ubica los Apoyos de la estructura. Se debe ir al plano X-Y en el piso de la cimentación seleccionar todos los nodos y Luego se va al menú Assign – Joint – Restraints y se seleccionan los mismos parámetros que se observan en la Figura 130.

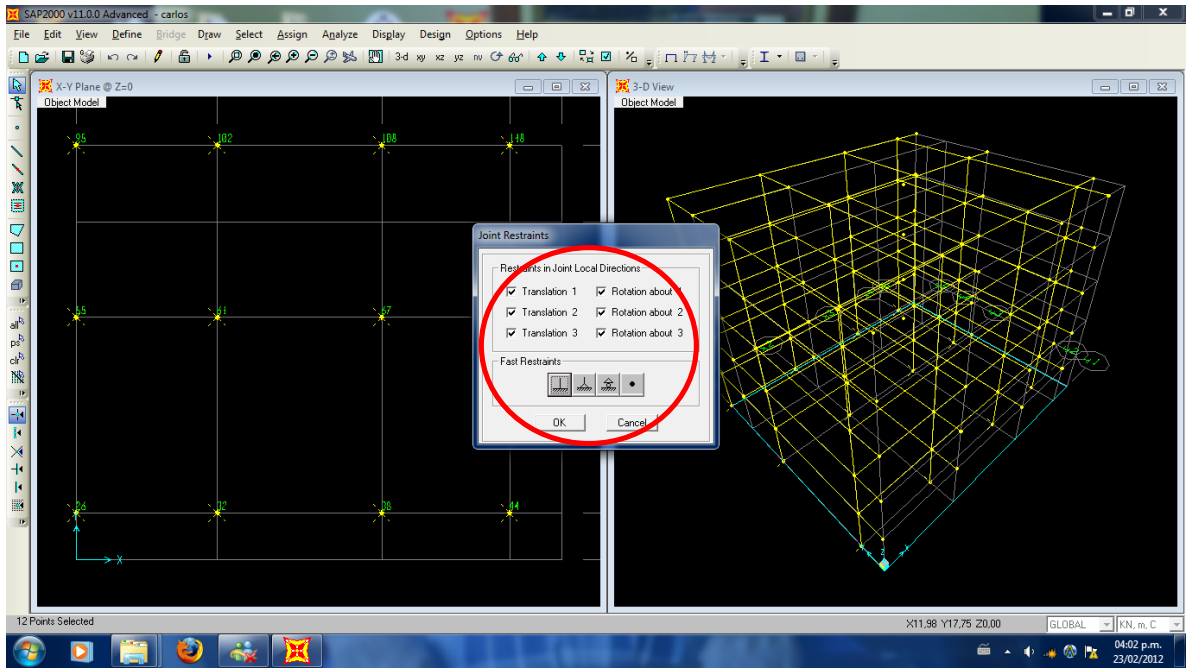


Figura 130. Paso 8 SAP2000 v11 (a)

En la Figura 131 se observa la estructura empotrada.

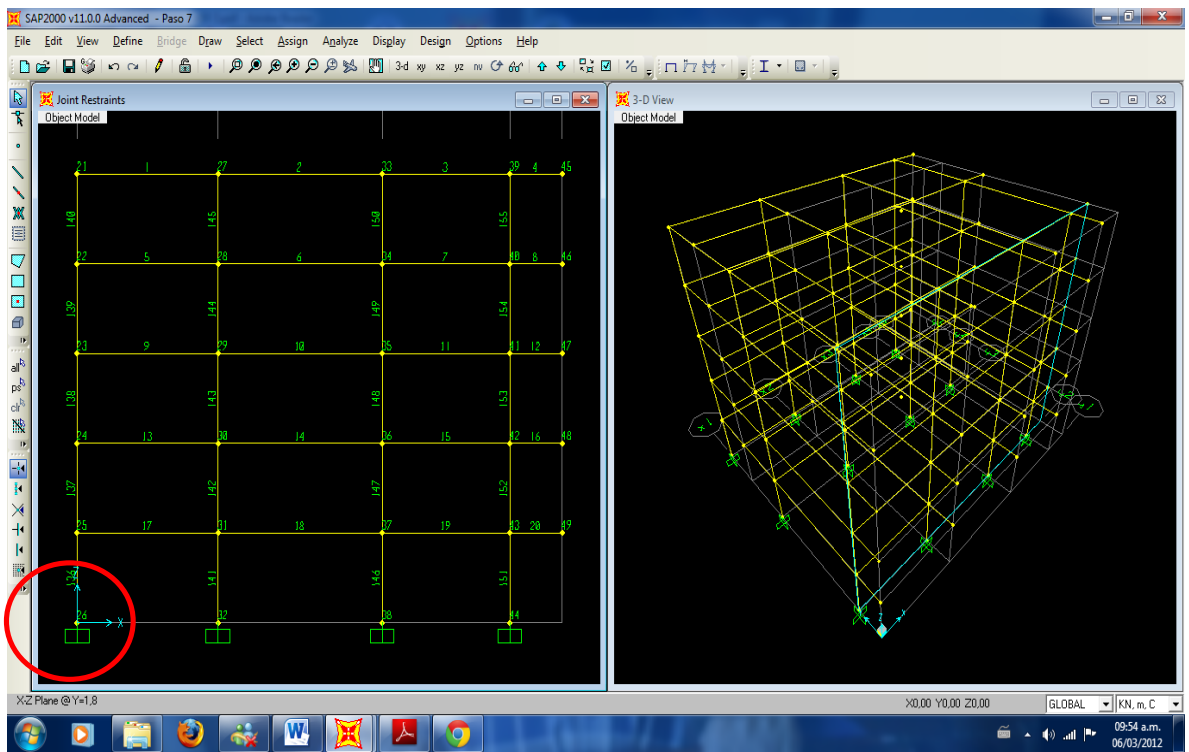


Figura 131. Paso 8 SAP2000 v11 (b)

PASO 9.

Luego de crear las vigas y columnas se debe definir la sección de las columnas y las vigas, primero se va al menú se escoge la opción Define - Frame Sections – Add New Property como se ve en la Figura 132.

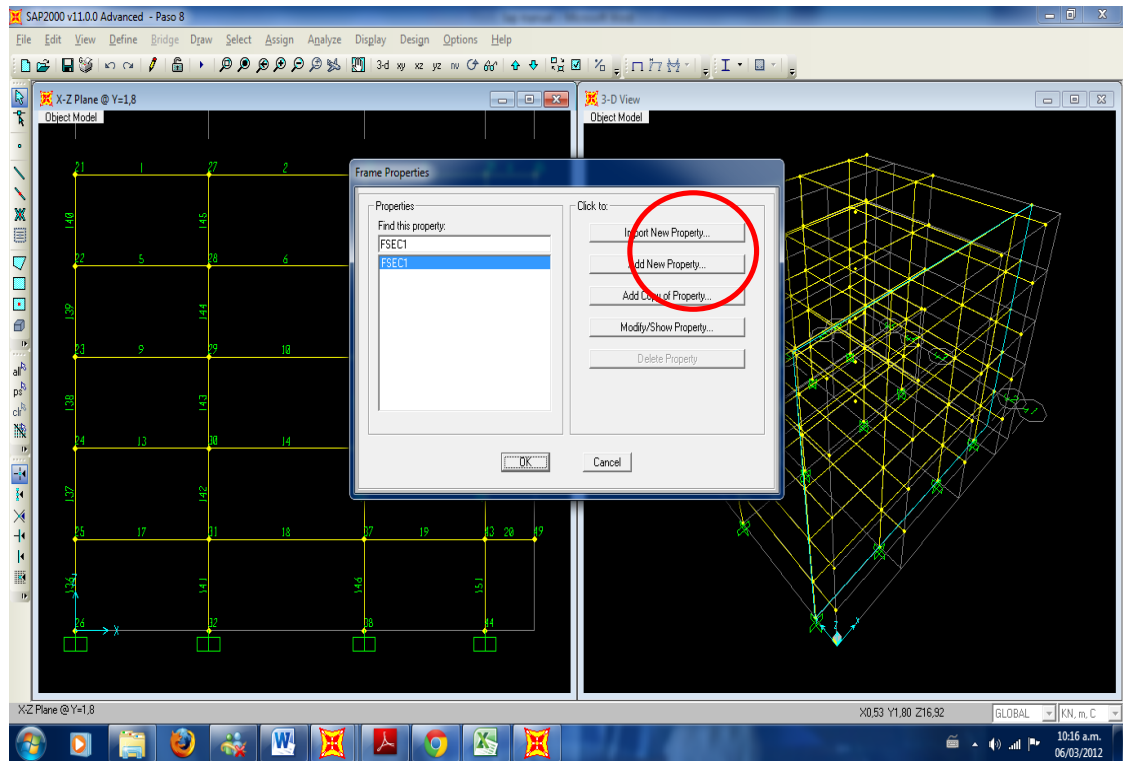


Figura 132. Paso 9 SAP2000 v11 (a)

Luego se define el tipo de material y el tipo de sección, para este caso la sección es rectangular y el material es concreto como se ve en la Figura 133.

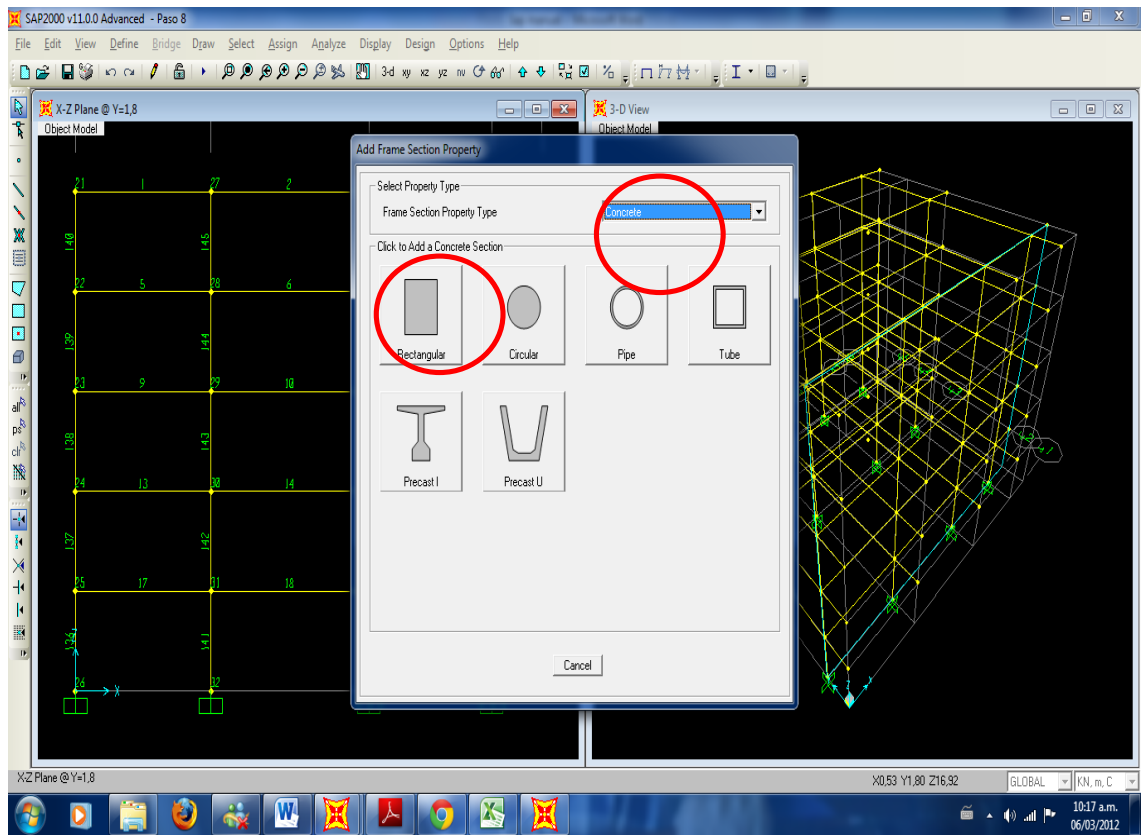


Figura 133. Paso 9 SAP2000 v11 (b)

Después se determina el nombre de la sección en este caso COLUMNA y luego las dimensiones que son 0.55 m x 0.55m como se ve en la Figura 134.

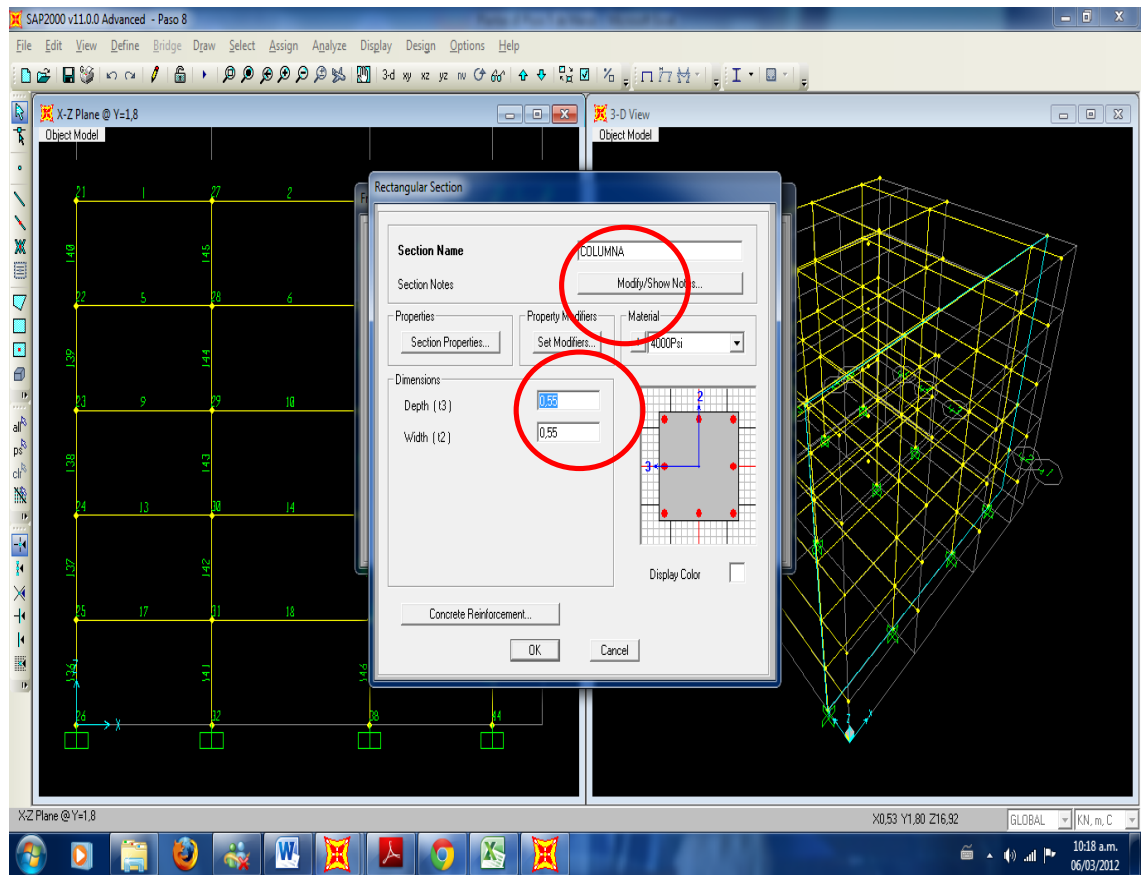


Figura 134. Paso 9 SAP2000 v11 (c)

Se repite el mismo procedimiento para las vigas como se ve en la Figura 135.

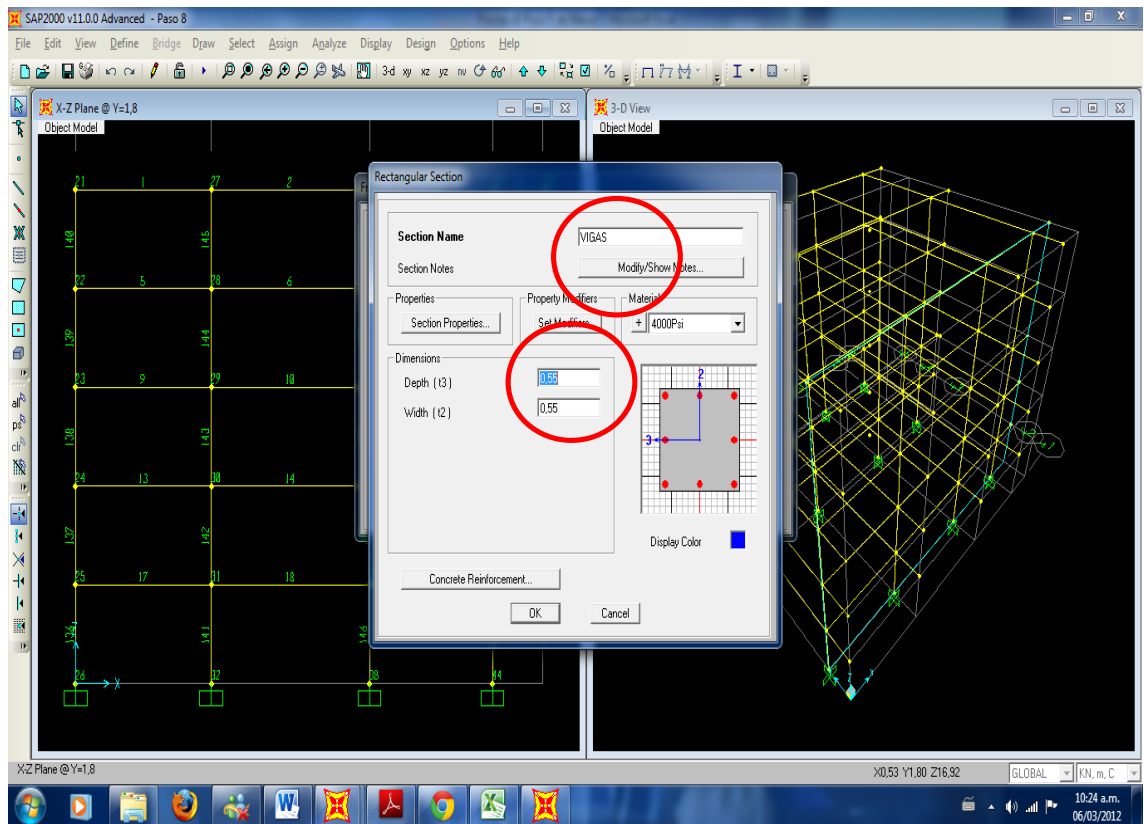


Figura 135. Paso 9 SAP2000 v11 (d)

PASO 10.

Ahora se definen las columnas y vigas, el objetivo es que el programa identifique cada elemento. Primero se definen las columnas seleccionándolas todas las con el Puntero del Mouse en el plano X-Z, como se ve en la Figura 136.

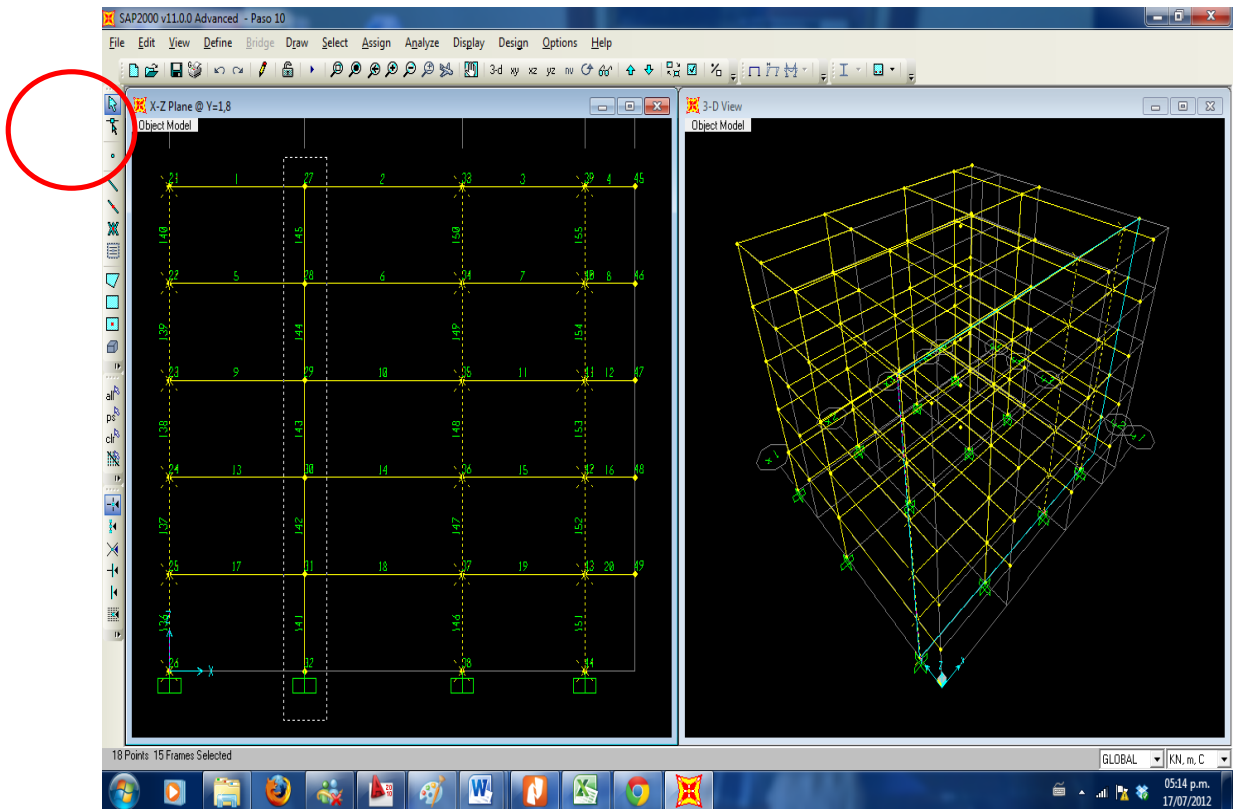


Figura 136. Paso 10 SAP2000 v11 (a)

Luego se va al menu Assign-Frame-Frame sections-Columnas-ok como se ve en la Figura 137.

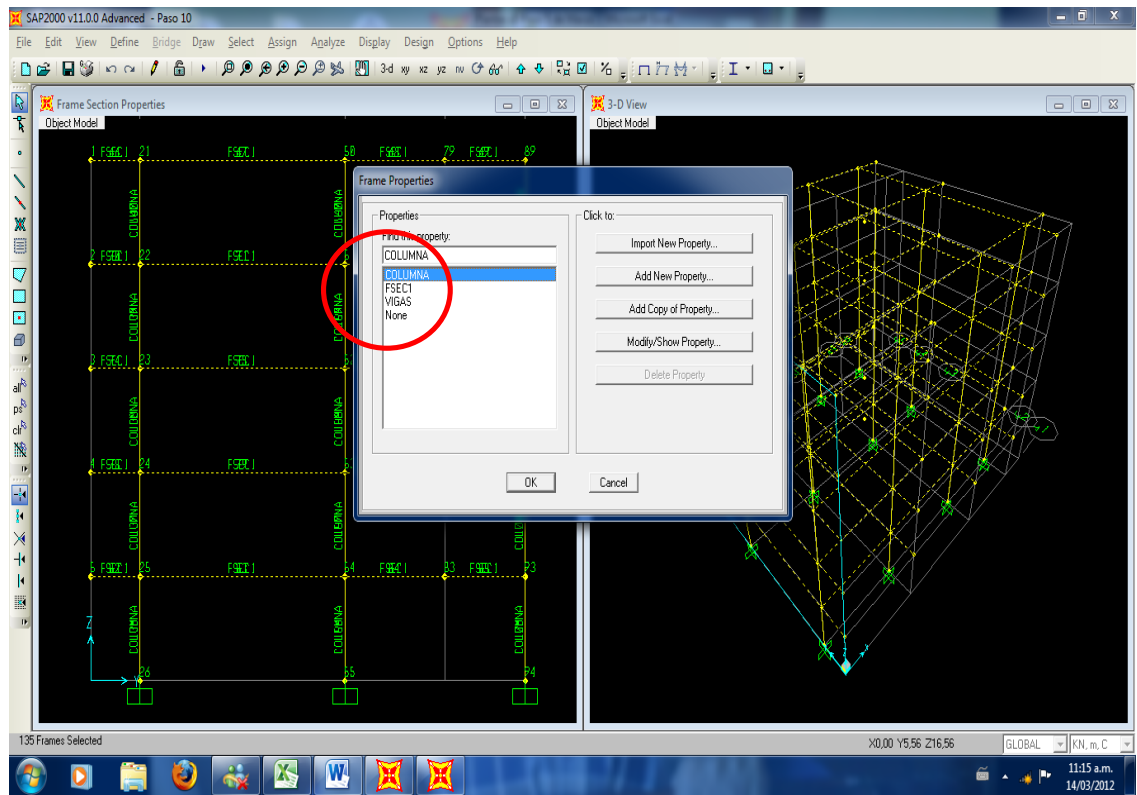


Figura 137. Paso 10 SAP2000 v11 (b)

Las columnas deben aparecer con el nombre al lado verticalmente como se ve en la Figura 138.

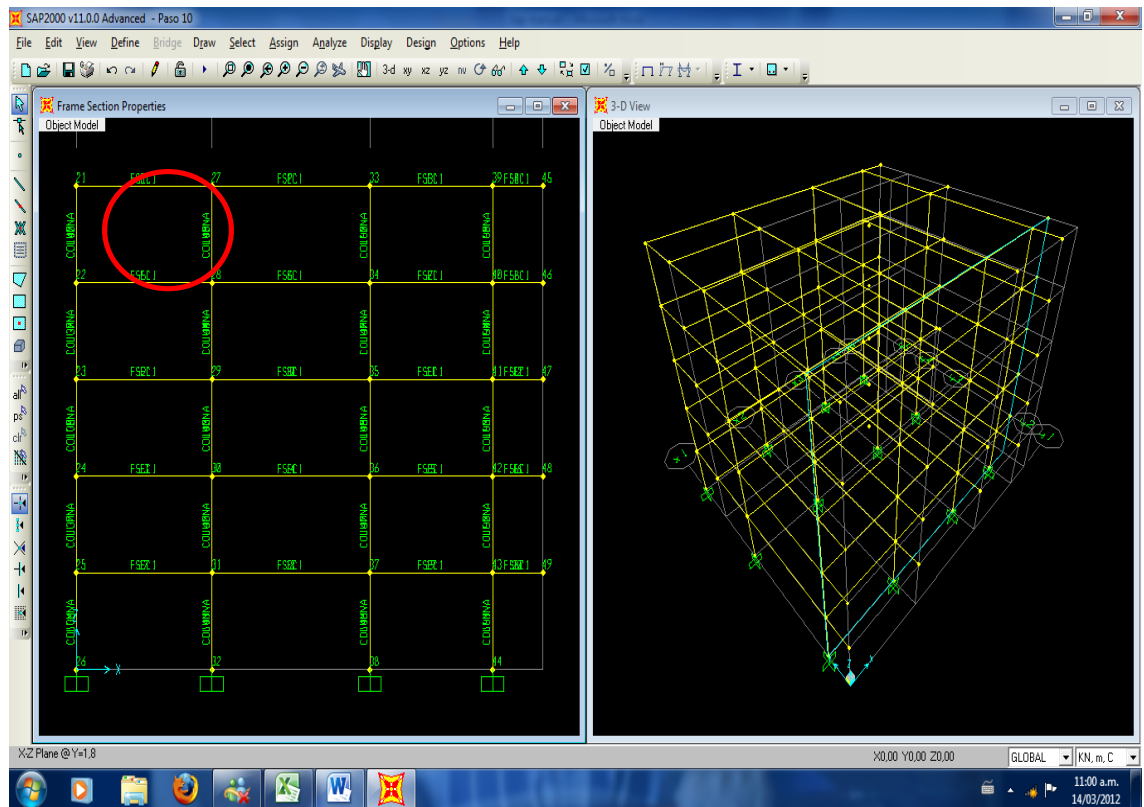


Figura 138. Paso 10 SAP2000 v11 (c)

Ahora se seleccionan las vigas en el plano X-Z, utilizando el comando Selection using intersecting line que se encuentra en la barra del menú lateral izquierda, una vez usado el comando se intersectan las vigas y se da doble click para seleccionar la viga, como lo muestra la Figura 139.

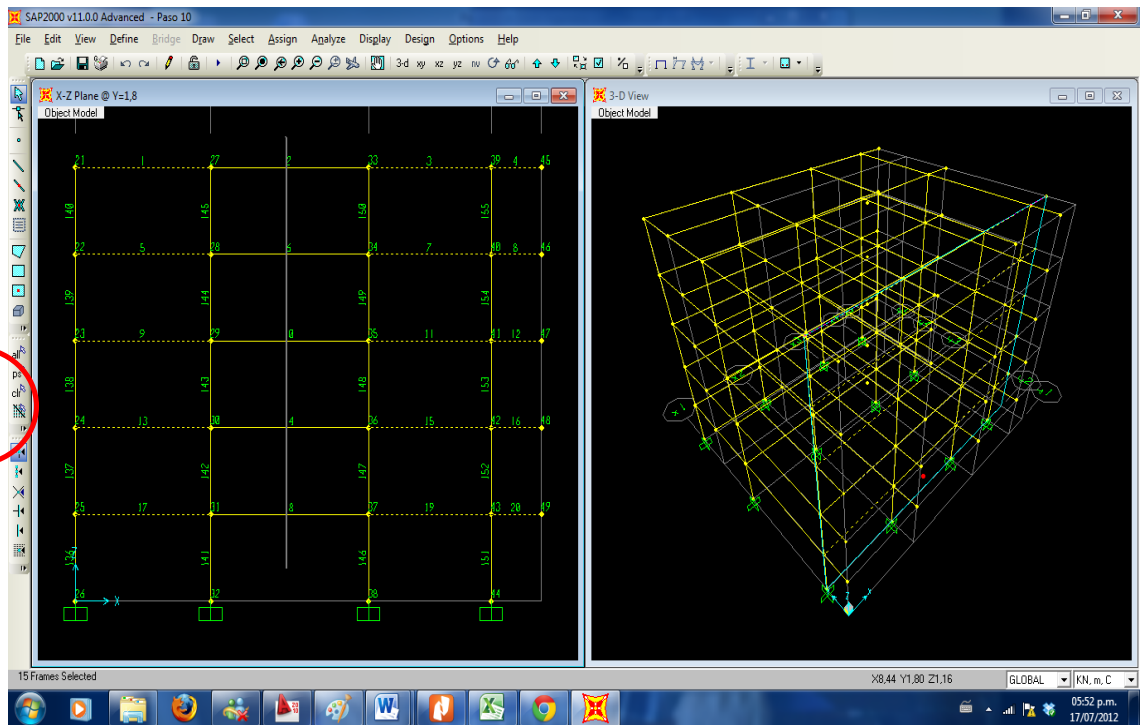


Figura 139. Paso 10 SAP2000 v11 (d)

Luego se pasa al plano Y-Z y se repite el paso anterior, como lo muestra la Figura 140.

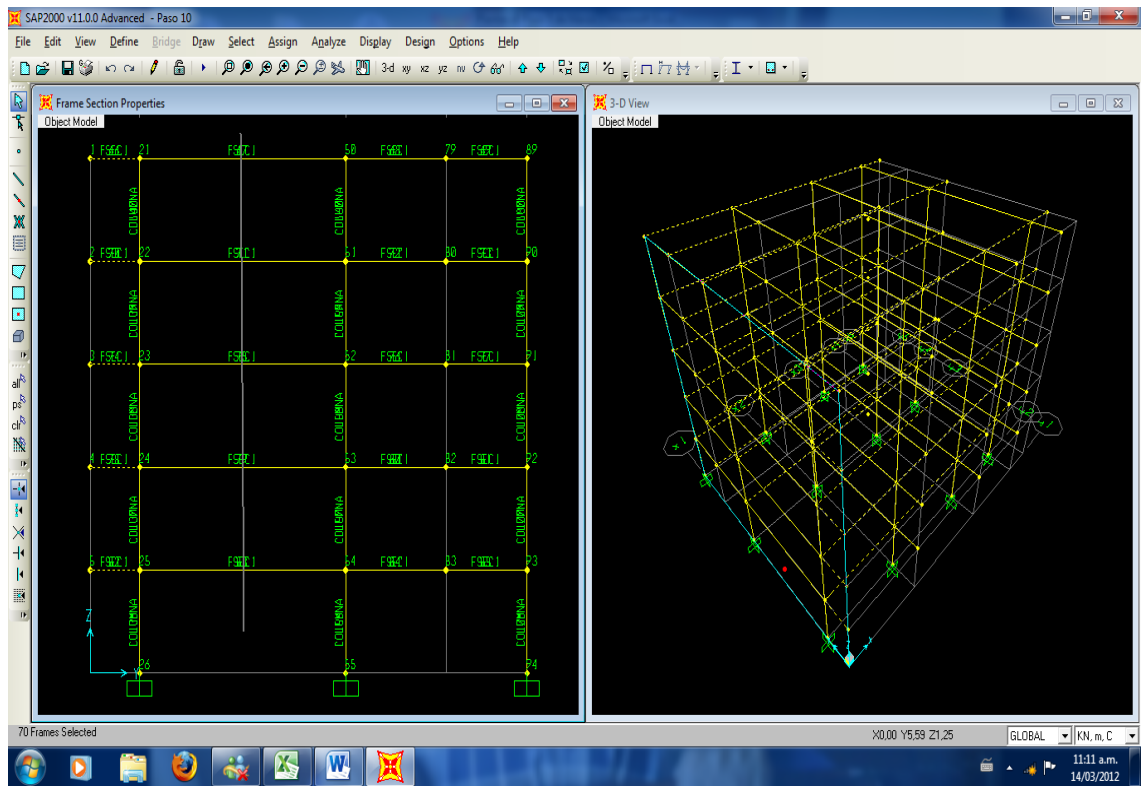


Figura 140. Paso 10 SAP2000 v11 (e)

Una vez seleccionadas todas las vigas se va al menú en la barra de herramientas y se escoge la opción Assign-Frame-Frame sections-Vigas-ok, como lo muestra la Figura 141.

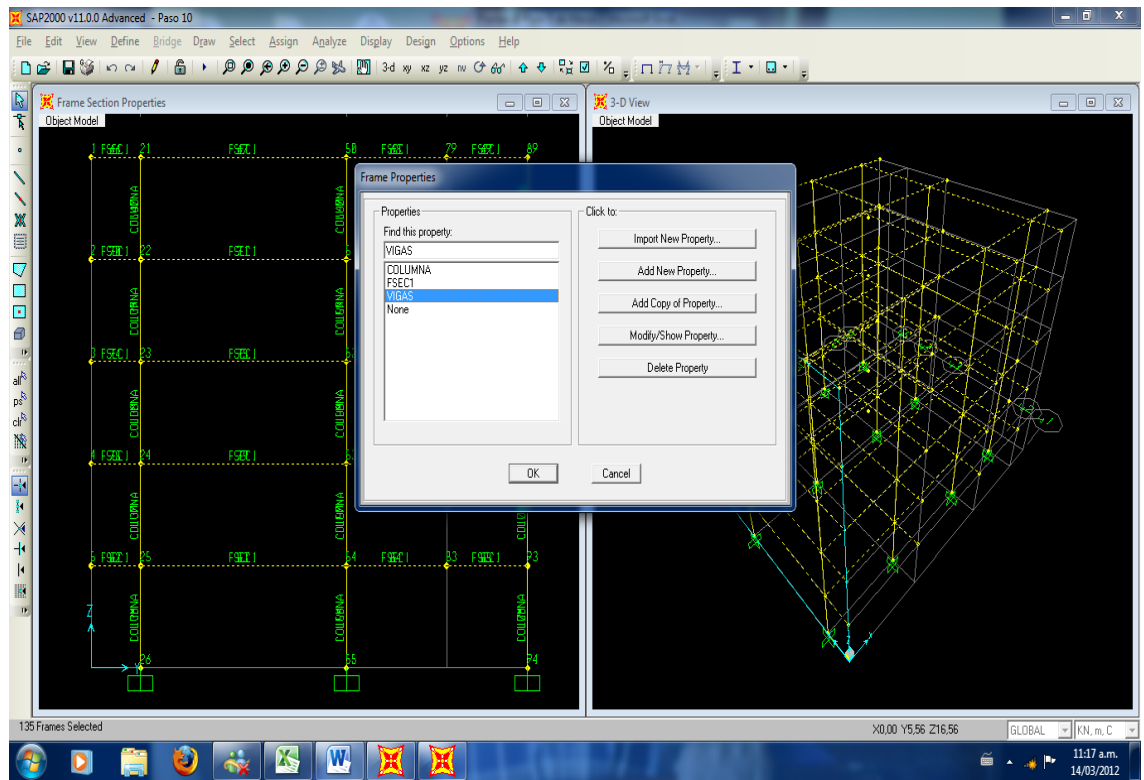


Figura 141. Paso 10 SAP2000 v11 (f)

Las Vigas deben aparecer con el nombre encima como se ve en la Figura 142.

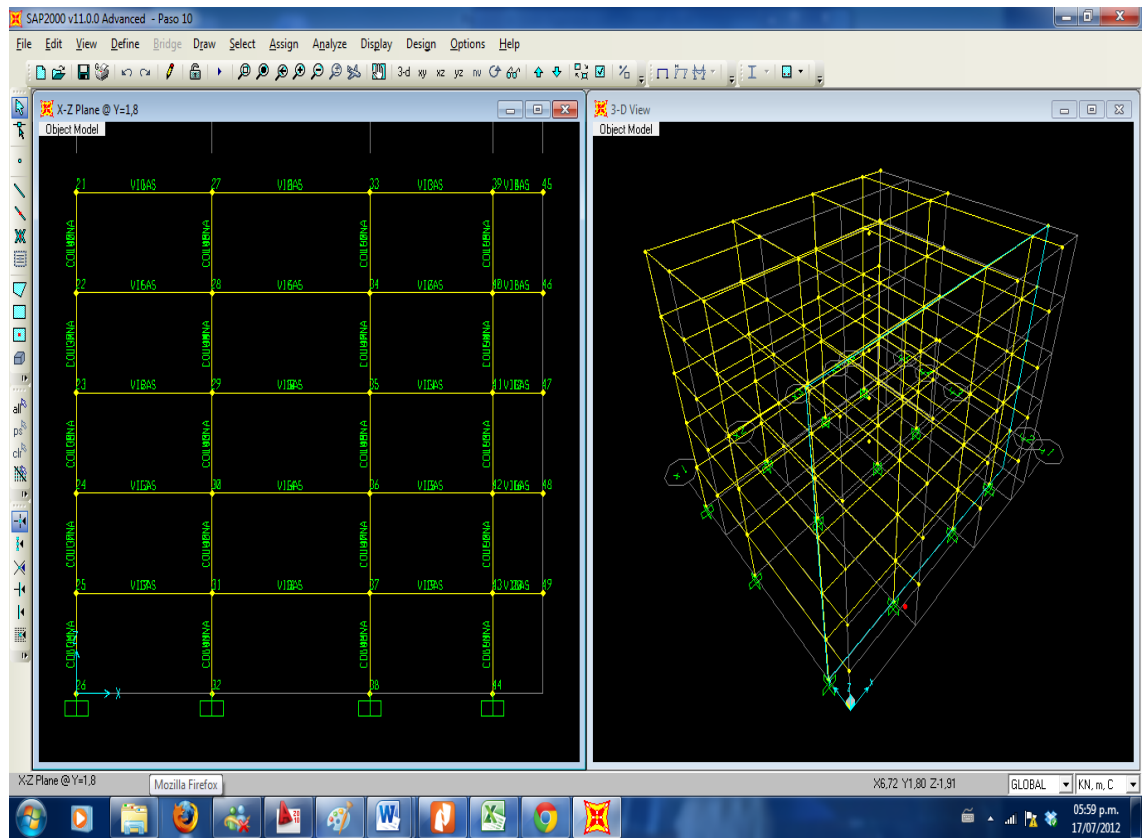


Figura 142. Paso 10 SAP2000 v11 (g)

PASO 11.

Para definir los materiales se va a la barra de herramientas y se escoge el menú Define-Materials-Modfy/Show Material como se ve en la Figura 143.

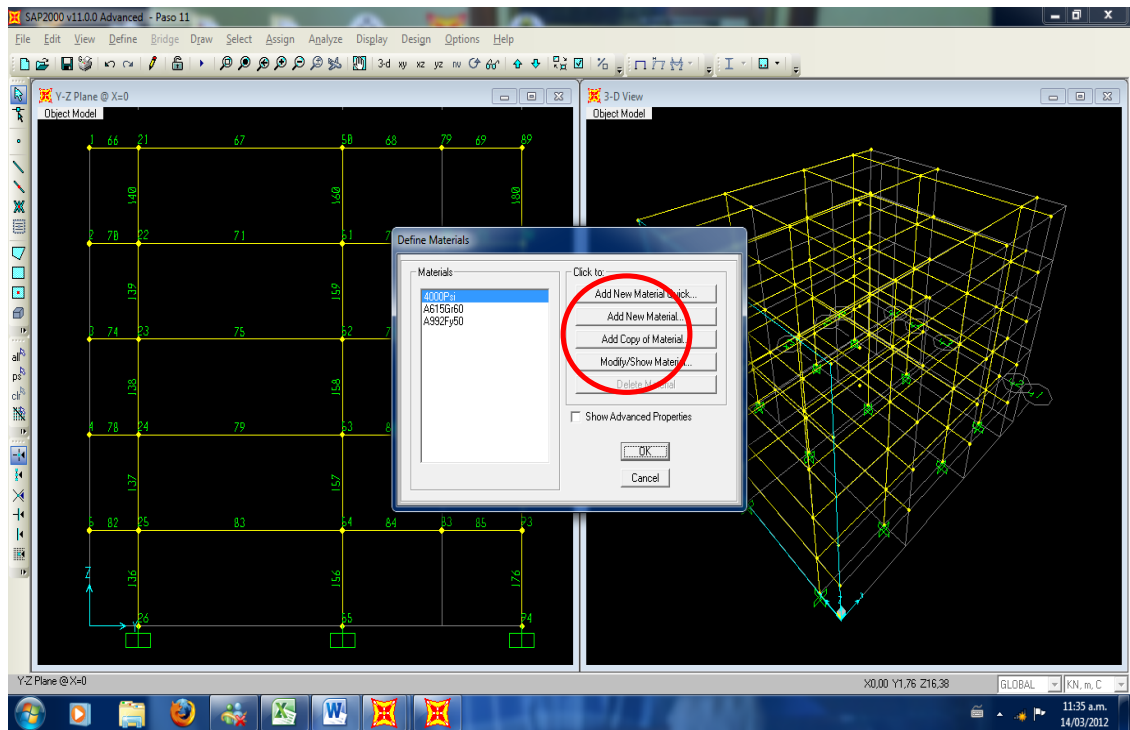


Figura 143. Paso 11 SAP2000 v11 (a)

En la ventana que aparece (Ver Figura 143), se colocan los valores del Modulo de Elasticidad y el f'_c , se debe tener en cuenta si se está diseñando con la NSR-10 o NSR-98, ya que el cálculo del Modulo de Elasticidad es diferente para ambas Normas.

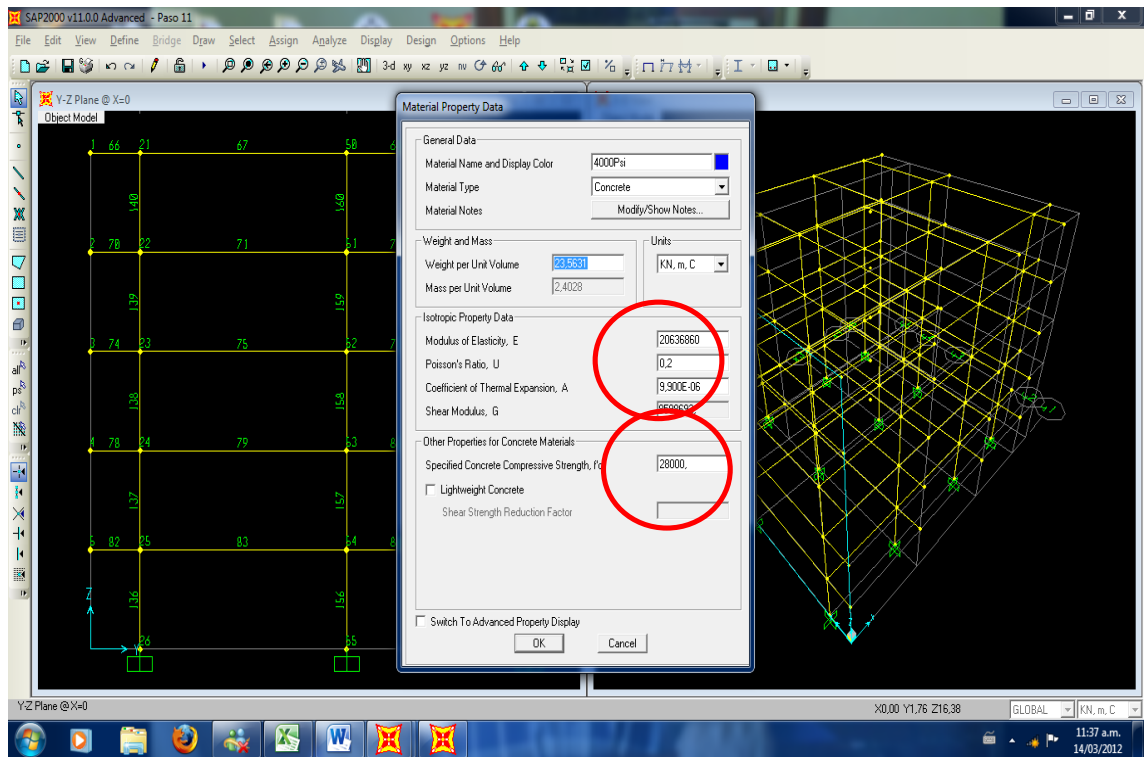


Figura 144. Paso 11 SAP2000 v11 (b)

PASO 12.

Ahora se definen las cargas Vivas, Muertas y Sísmicas (Sismo X y Sismo Y), primero se va a la barra de herramientas y se escoge el menú Define-Load Cases y se definen de acuerdo a la Figura 145.

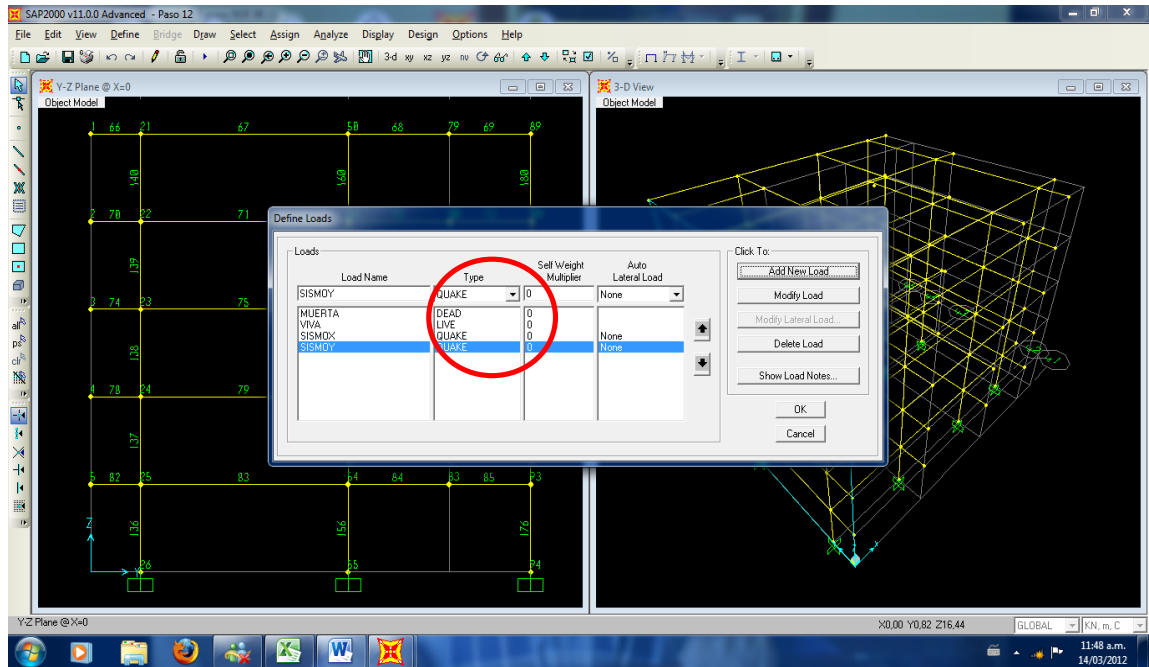


Figura 145. Paso 12 SAP2000 v11

PASO 13.

En este paso se Introducen las Cargas Muertas, y Vivas de La Estructura, es decir se configuran los pórticos en el programa exactamente iguales a los pórticos que se calcularon al comienzo de este capítulo. Primero se asignan las cargas muertas, seleccionando las Vigas del pórtico de Izquierda a derecha usando el comando Selection using intersecting line por secciones. Como lo se ve en la Figura 146.

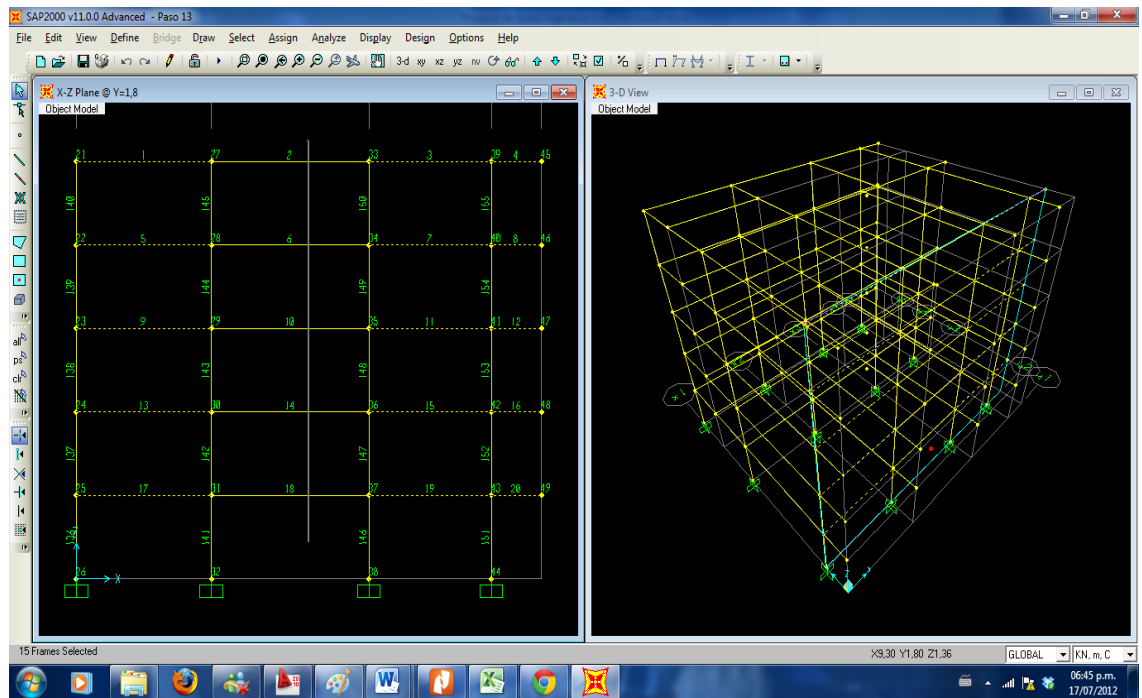


Figura 146. Paso 13 SAP2000 v11 (a)

Luego de seleccionar las vigas del pórtico se va a la Barra de herramientas y se escoge el menú Assign-Frame loads-Distributed, las cargas se introducen de acuerdo a las distancias, se debe recordar que se parte de cero y las distancias son acumulables, como se ve en la Figura 147.

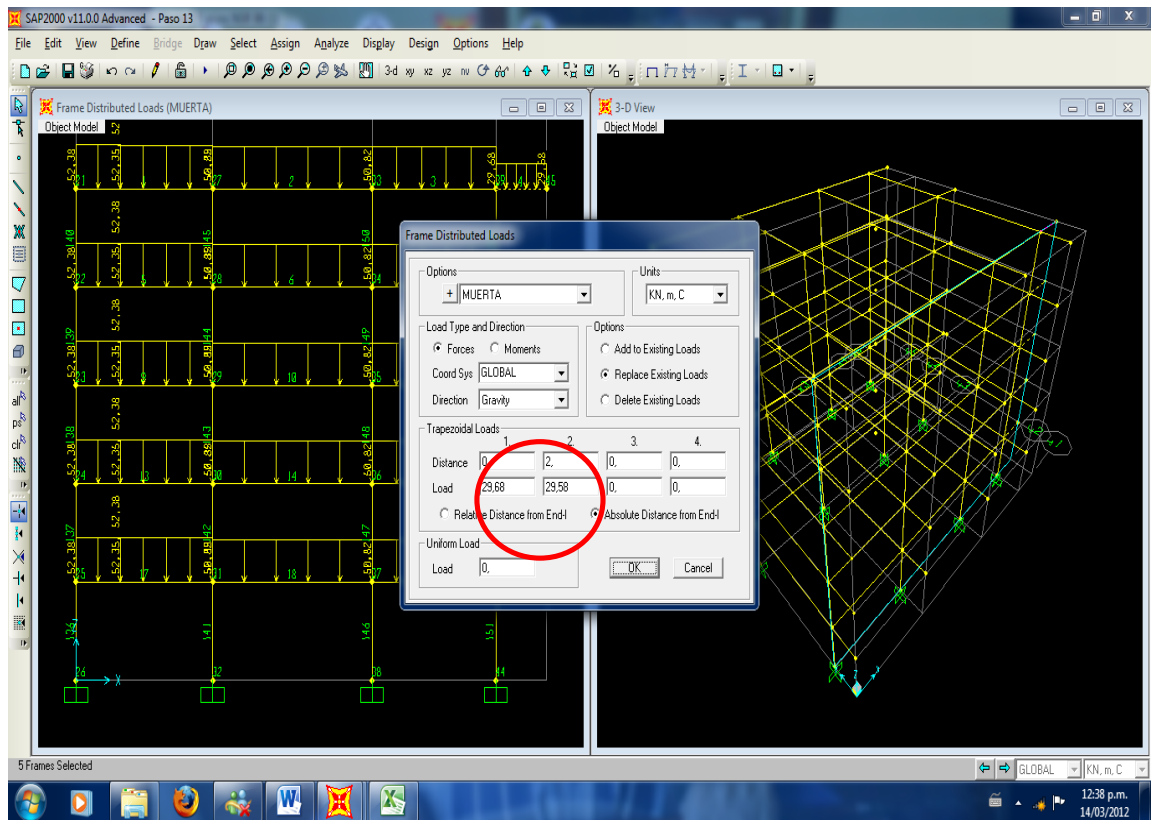


Figura 147. Paso 13 SAP2000 v11 (b)

Para Introducir las Cargas Vivas se repite el procedimiento anterior, como se ve en la Figura 148.

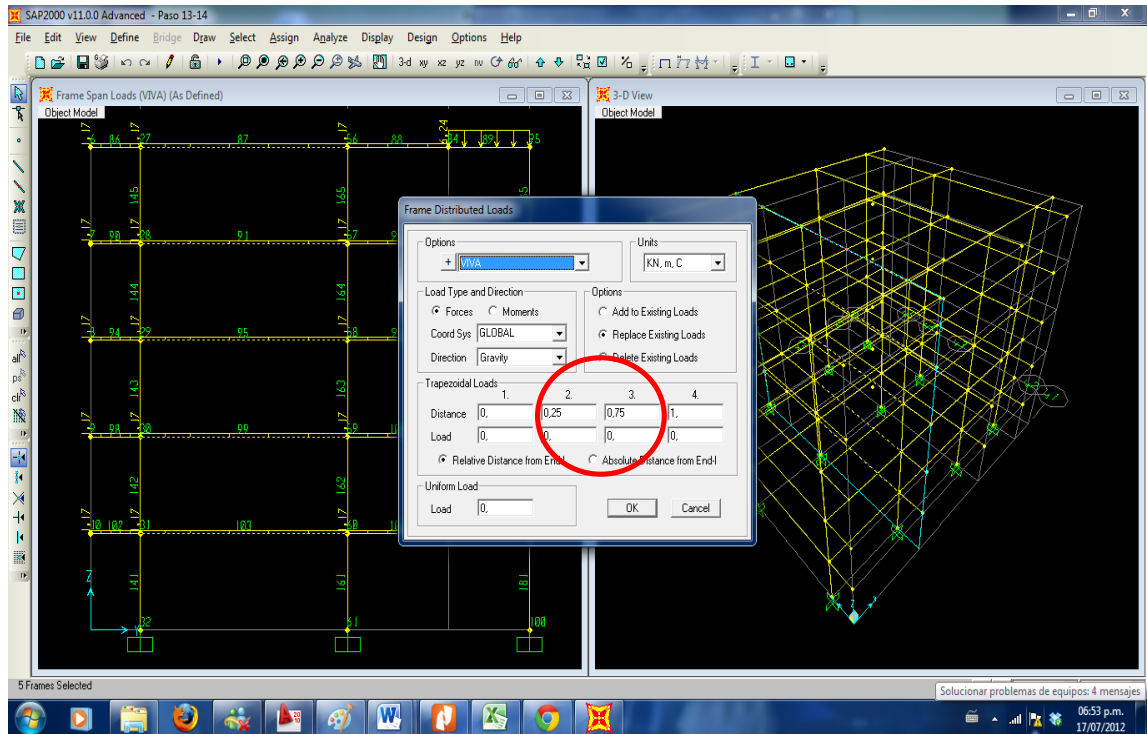


Figura 148. Paso 13 SAP2000 v11 (c)

Para mostrar las cargas en 3D y se va a la Barra de herramientas y se escoge el menú –View-Display-Show Load Assign-Frame/Cable/Tendon, como se ve en la Figura 149.

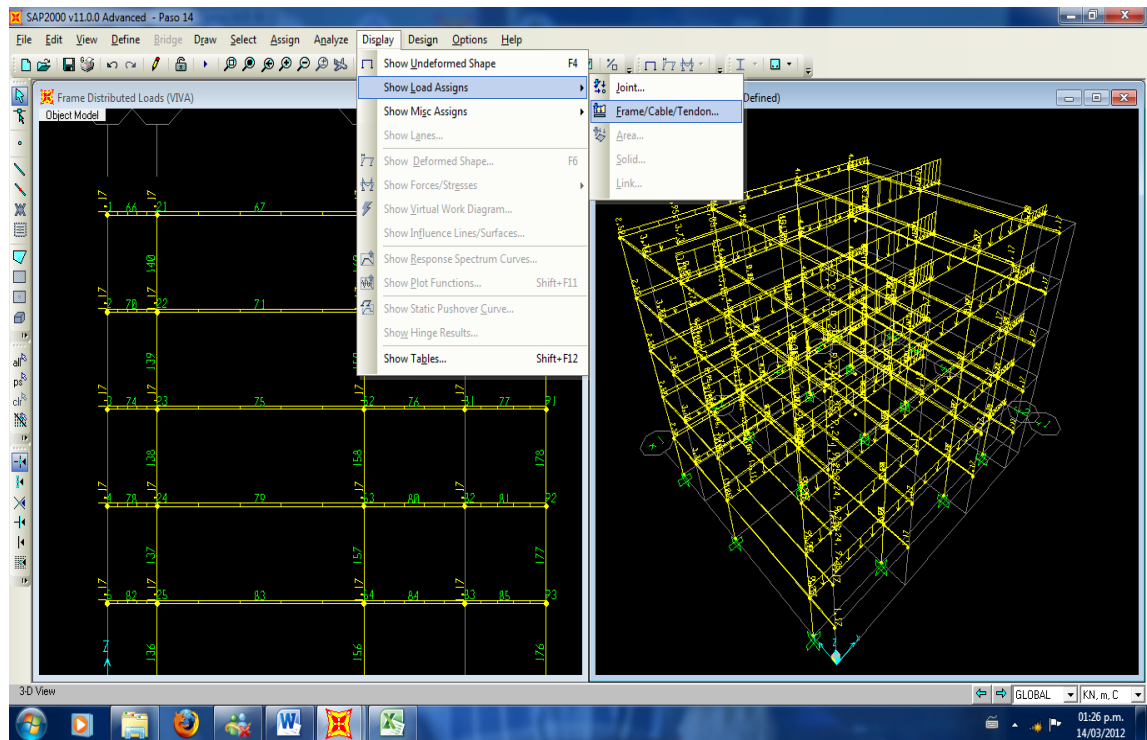


Figura 149. Paso 13 SAP2000 v11 (d)

PASO 14.

Ahora se asigna el Diafragma de Rigidez, primero se seleccionan los nodos de cada planta en el plano X-Y con el puntero del Mouse, luego vamos al comando Assign-Join-Constrain-Add New Constraint-ok y debe colocarse en Diaphragm, como se ve en la Figura 150. Este proceso se hace planta por planta excepto en el piso de la cimentación.

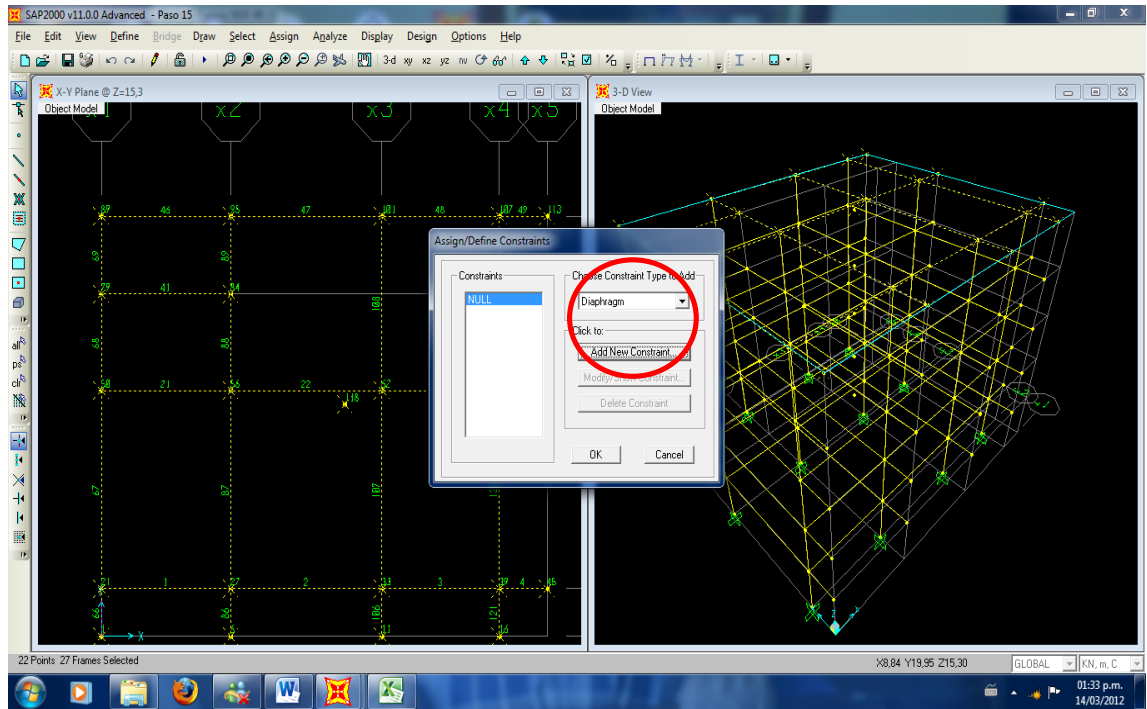


Figura 150. Paso 14 SAP2000 v11 (a)

Los nodos salen de color verde, como se ve en la Figura 151.

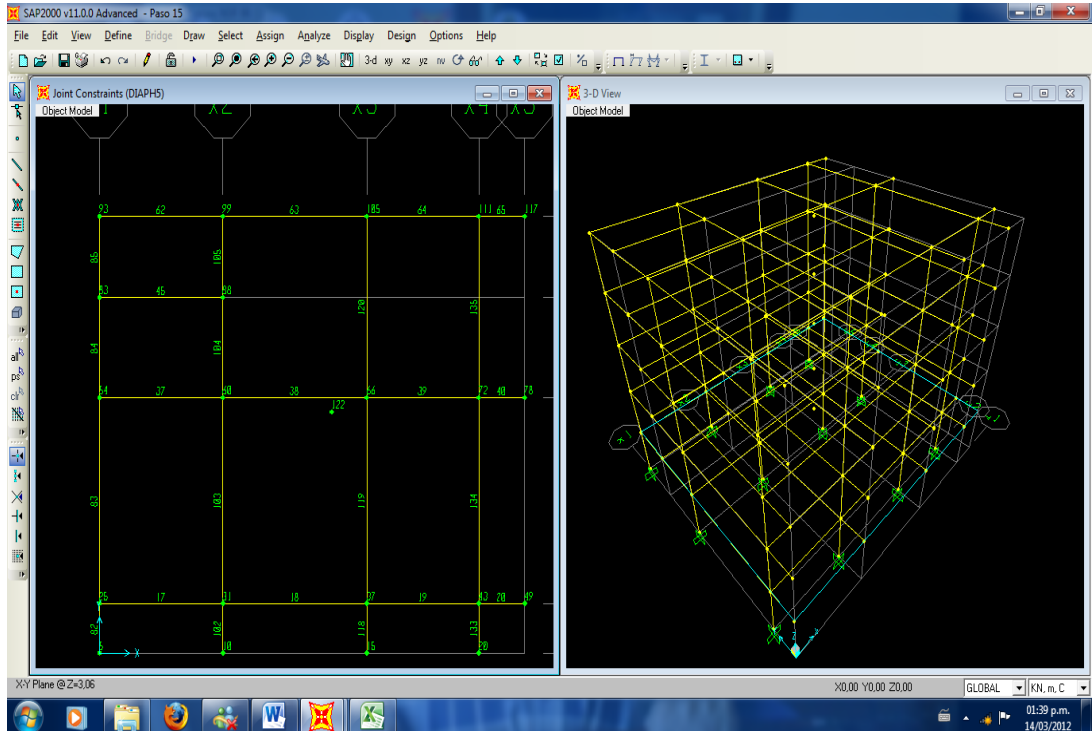


Figura 151. Paso 14 SAP2000 v11 (b)

PASO 15.

A continuación se procede a introducir los combos 1 y 2, para insertarlos los combos se va al comando Define-Combination-Add New Combo, como se muestra en la siguiente Figura 152.

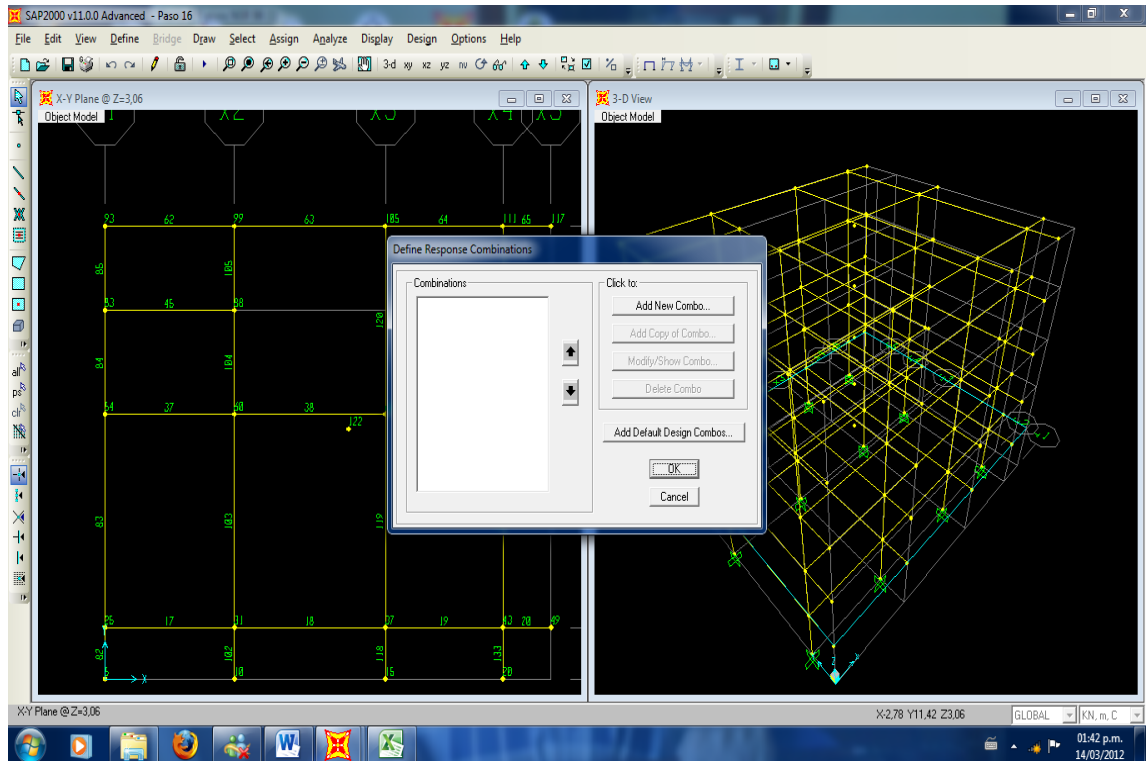


Figura 152. Paso 15 SAP2000 v11 (a)

El Combo 1 se debe introducir de acuerdo a la Figura 153.

$$\text{COMB1} = \text{DEAD} + \text{SISMOX} + 0.3 \text{ SISMOY}$$

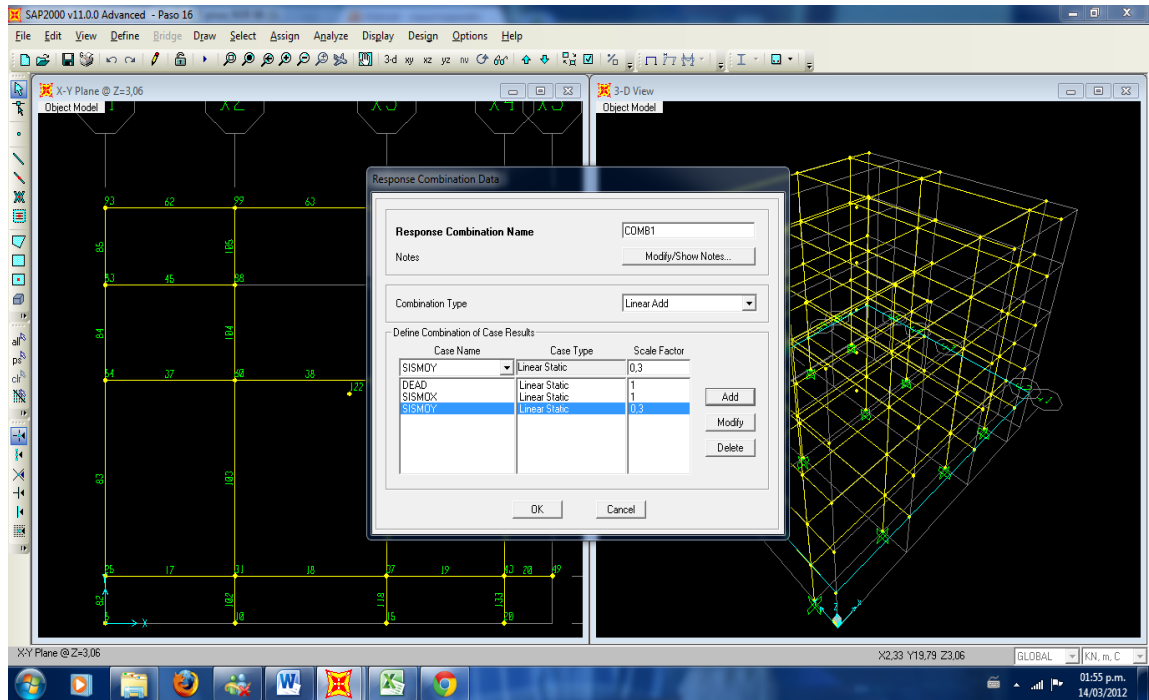


Figura 153. Paso 15 SAP2000 v11 (b)

El Combo 2 se debe introducir de acuerdo a la Figura 154.

$$\text{COMB2} = \text{DEAD} + 0.3 \text{ SISMOX} + \text{SISMOY}$$

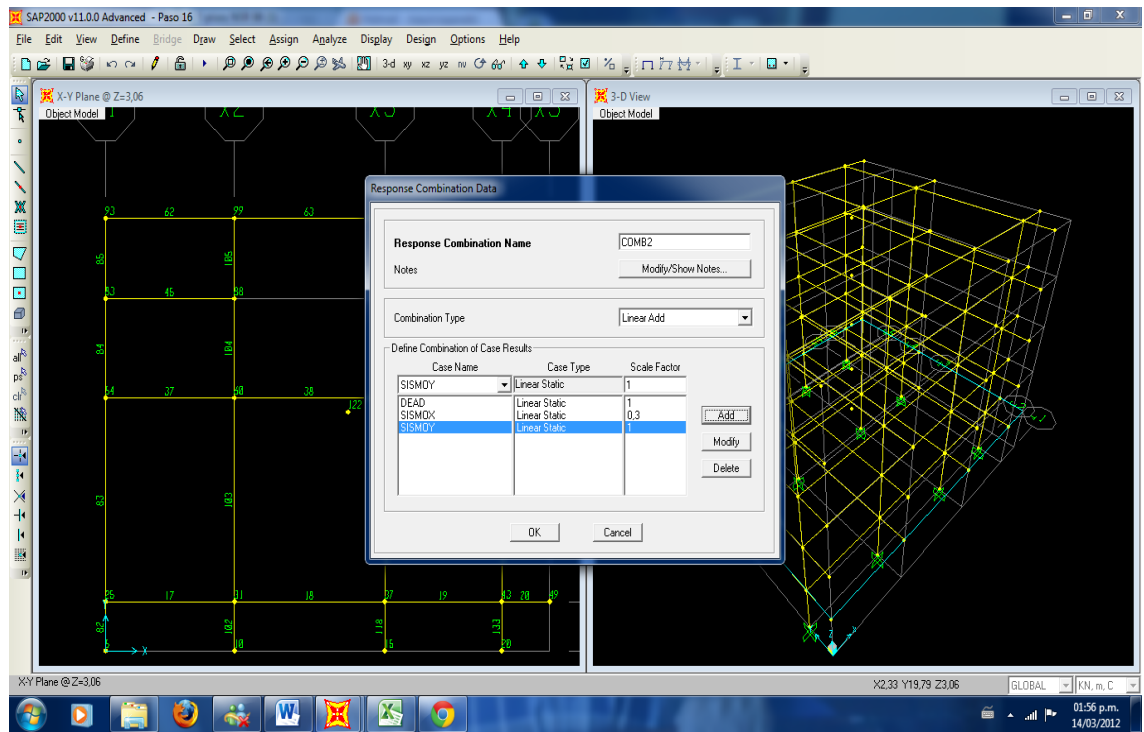


Figura 154. Paso 15 SAP2000 v11 (c)

PASO 16.

Ahora se introducen las Fuerzas sísmicas, primero se genera la tabla de la fuerza sísmica de los nodos del centro de Rigidez para ello se Exporta desde Sap2000 una hoja de cálculo en EXCEL, para importar la Hoja de cálculo de EXCEL se va al comando File-Export- To Excel, como se ve en la Figura 155.

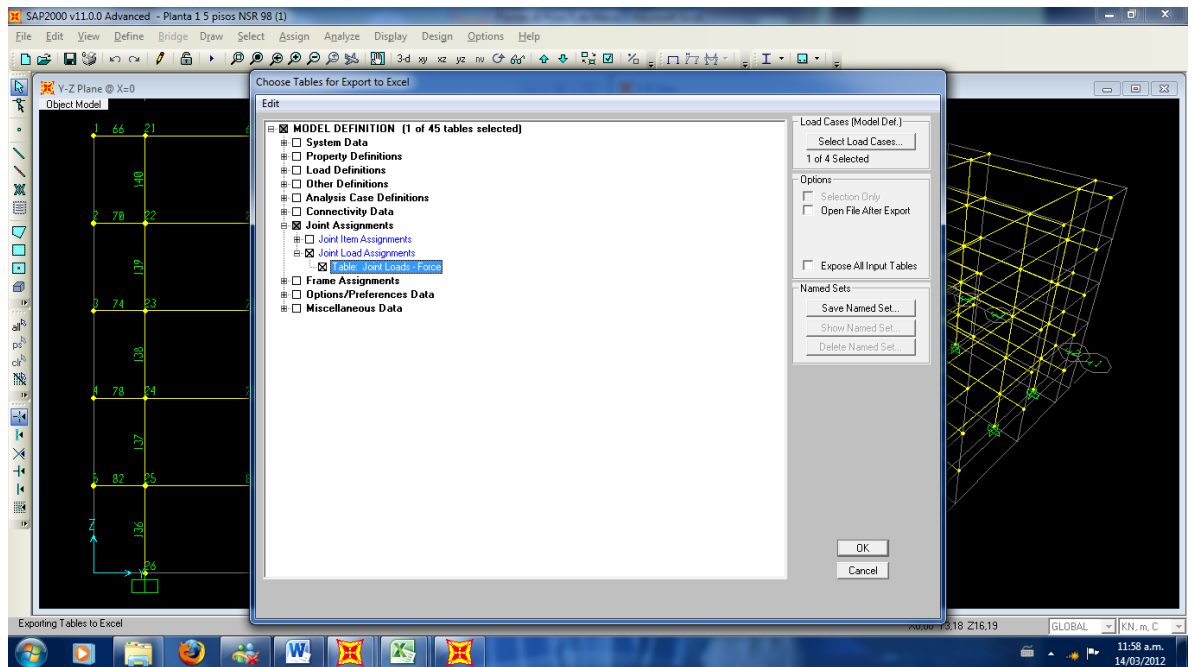


Figura 155. Paso 16 SAP2000 v11 (a)

Luego el programa genera una tabla de EXCEL a la cual se le introducen los valores de Fuerza Sísmica y Momentos acumulados Tabla 1Tabla 2 tanto para Sismo X como para Sismo Y, a continuación se muestra las Tabla 110 y Tabla 111 con los resultados del cálculo de la fuerza sísmica programada para la NSR-98 y NSR-10 respectivamente.

Tabla 110. Fuerzas Sísmicas y Momentos Acumulados SAP2000 v11 NSR-98.

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
118	SISMOX	GLOBAL	3084,984	0	0	0	0	2869,035
118	SISMOY	GLOBAL	0	3084,984	0	0	0	-2452,562
119	SISMOX	GLOBAL	2435,468	0	0	0	0	5134,021
119	SISMOY	GLOBAL	0	2435,468	0	0	0	-4388,760
120	SISMOX	GLOBAL	1795,631	0	0	0	0	6803,958
120	SISMOY	GLOBAL	0	1795,631	0	0	0	-5816,287
121	SISMOX	GLOBAL	1168,581	0	0	0	0	7890,739
121	SISMOY	GLOBAL	0	1168,581	0	0	0	-6745,309
122	SISMOX	GLOBAL	560,705	0	0	0	0	8412,195
122	SISMOY	GLOBAL	0	560,705	0	0	0	-7191,070

Tabla 111. Fuerzas Sísmicas y Momentos Acumulados SAP2000 v11 NSR-10.

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
118	SISMOX	GLOBAL	4250,482	0	0	0	0	3952,948
118	SISMOY	GLOBAL	0	4250,482	0	0	0	-3379,133
119	SISMOX	GLOBAL	3382,442	0	0	0	0	7098,620
119	SISMOY	GLOBAL	0	3382,442	0	0	0	-6068,175
120	SISMOX	GLOBAL	2519,587	0	0	0	0	9441,836
120	SISMOY	GLOBAL	0	2519,587	0	0	0	-8071,247
121	SISMOX	GLOBAL	1663,654	0	0	0	0	10989,035
121	SISMOY	GLOBAL	0	1663,654	0	0	0	-9393,852
122	SISMOX	GLOBAL	818,268	0	0	0	0	11750,025
122	SISMOY	GLOBAL	0	818,268	0	0	0	-10044,376

Luego se importan las Tabla 110 y Tabla 111 a las estructuras Modeladas en el SAP 2000, tanto para la NSR-98 como la NSR-10, para importar las Tablas de Fuerza sísmica se va al comando File-Important-Excel-Add Existent Modal, como se ve en la Figura 156.

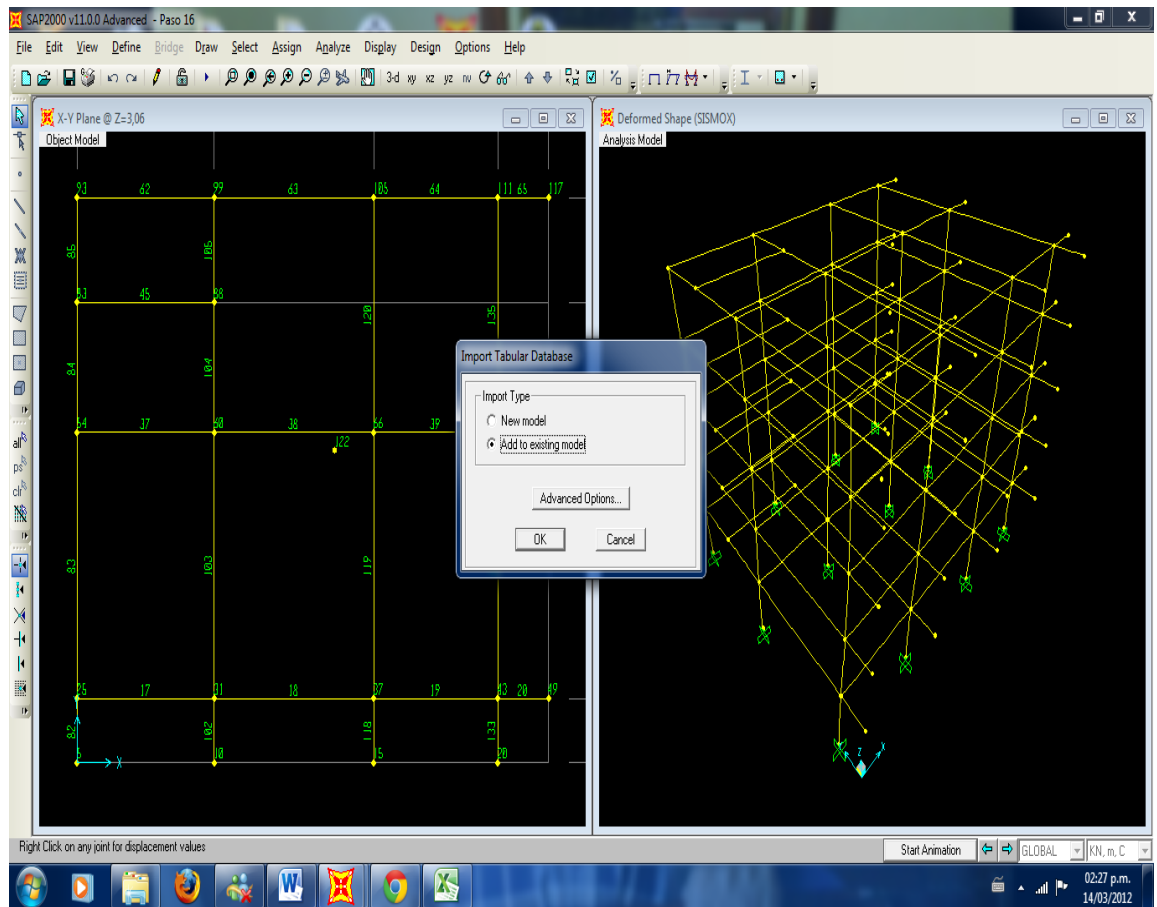


Figura 156. Paso 16 SAP2000 v11 (b)

PASO 17.

Finalmente se corre y después se pulsa Run Now como lo muestra la siguiente Figura 157.

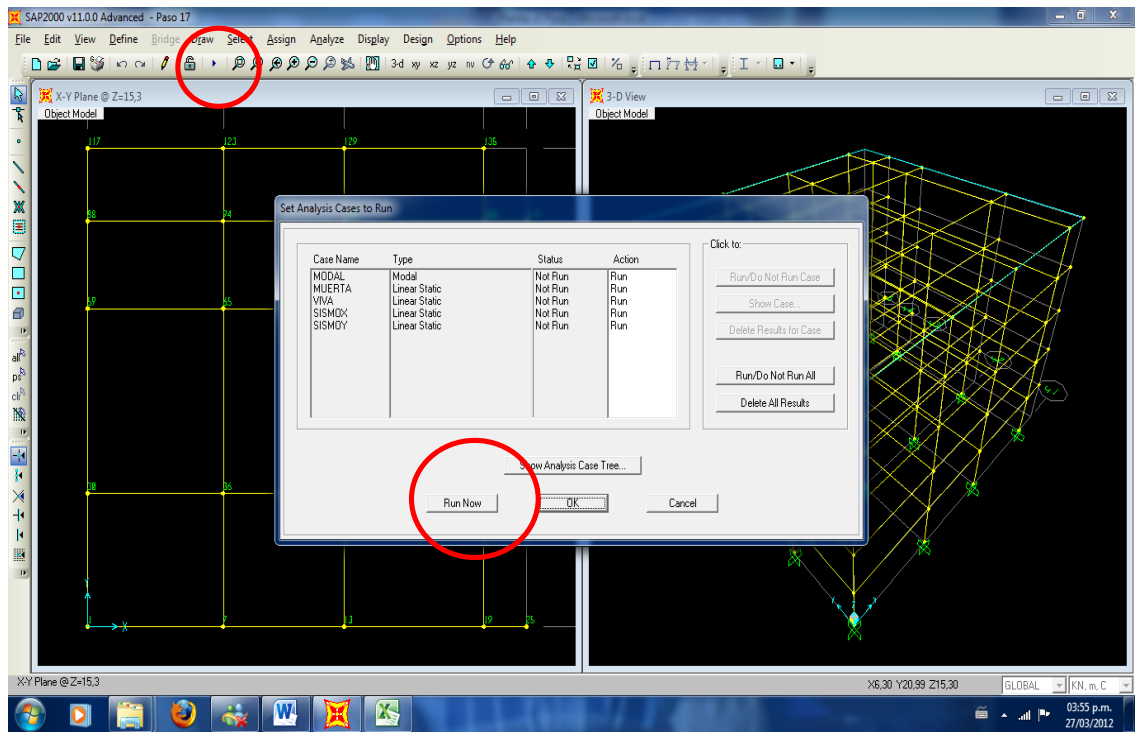


Figura 157. Paso 17 SAP2000 v11 (a)

Luego de correr el programa se va al comando Display>Show Tables, se seleccionan los comandos señalados en la Figura 158 para generar la tabla de desplazamiento.(se debe tener cuidado que esté cerrado el candado).

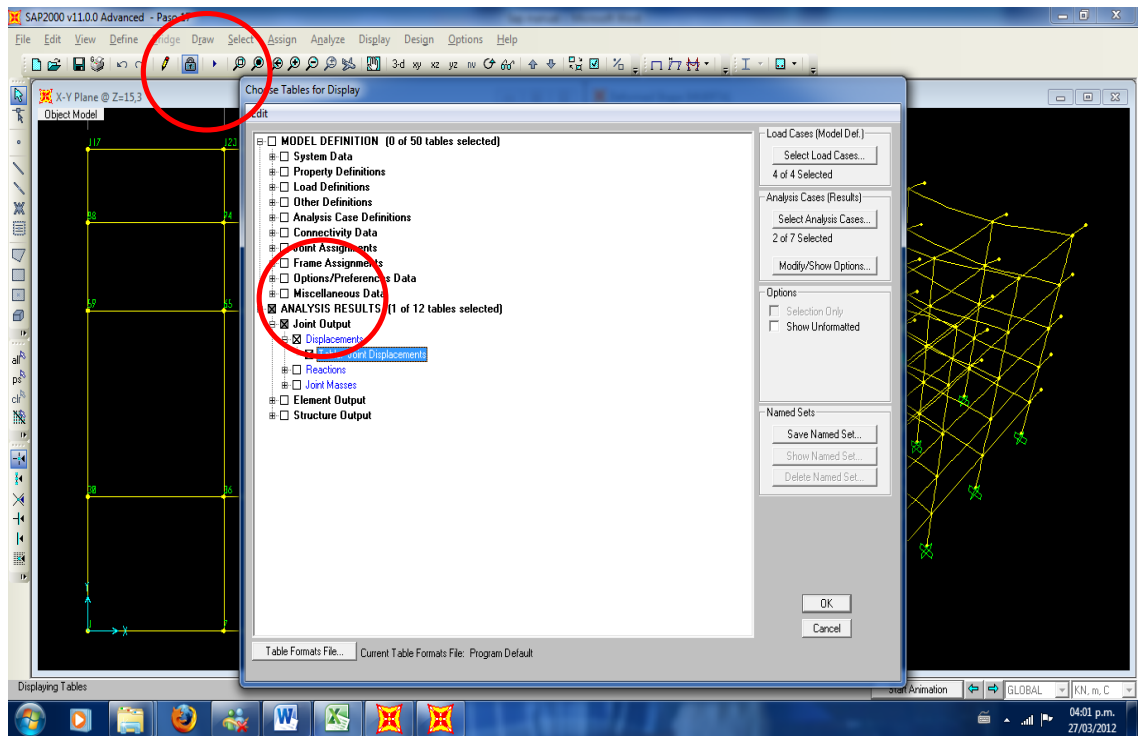


Figura 158. Paso 17 SAP2000 v11 (b)

Para filtrar los Combos 1 de los Combos 2. Se da click en Select Analysis Cases y se escoge el combo que se desea mostrar, como se ve en la Figura 159.

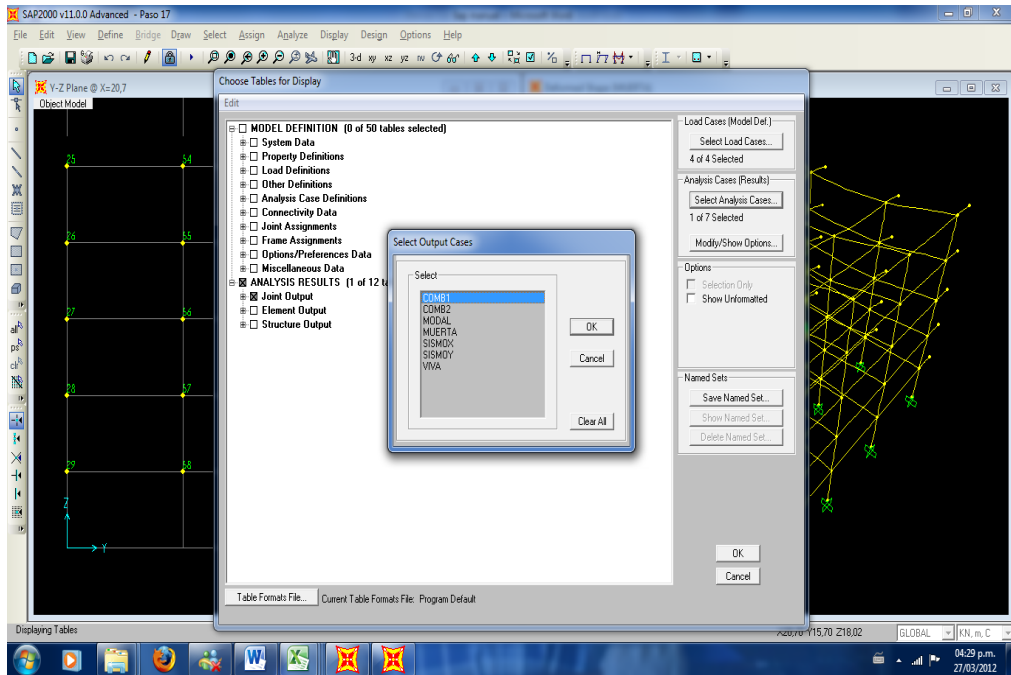


Figura 159. Paso 17 SAP2000 v11 (c)

Para filtrar los datos se va al comando Format-Filter-Short Format Table como se ve en la Figura 160.

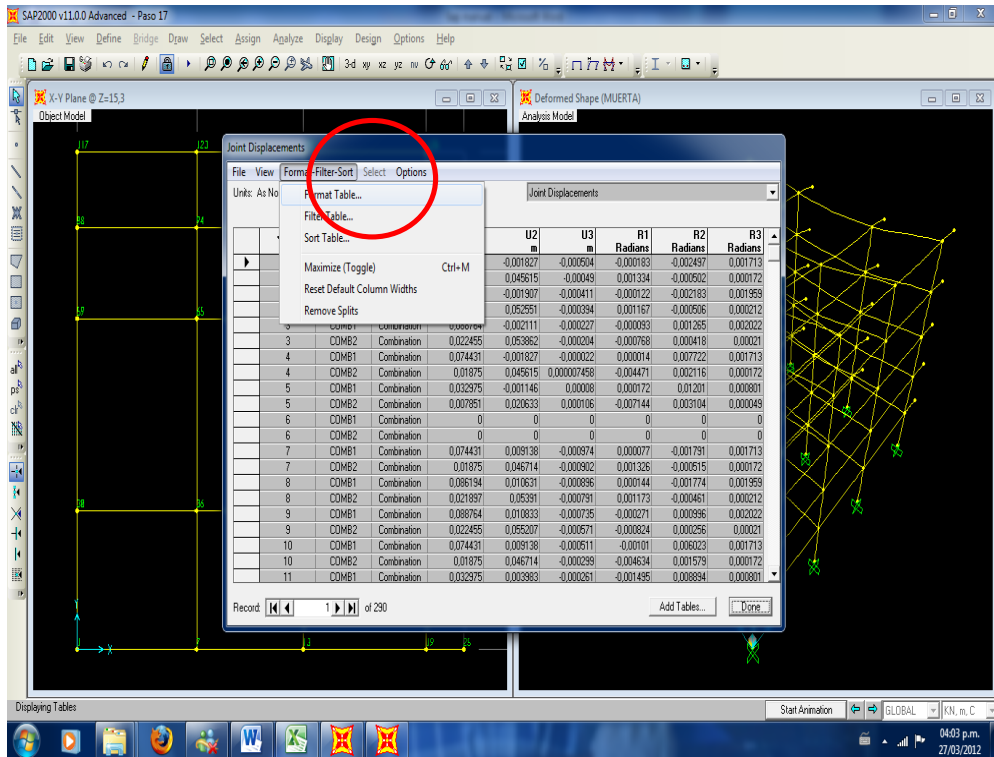


Figura 160. Paso 17 SAP2000 v11 (d)

Ahora se seleccionan los comandos señalados en rojo como se ve en la Figura 161 con el fin de filtrar y ver solo los desplazamientos y el combo al que corresponde.

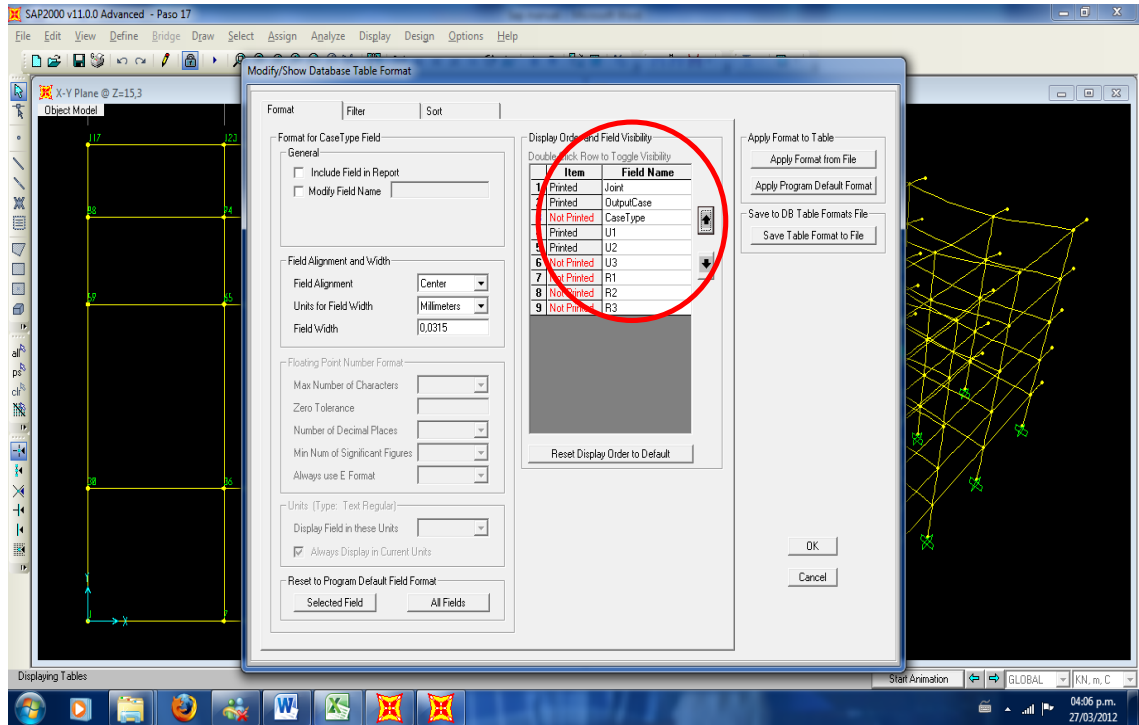


Figura 161. Paso 17 SAP2000 v11 (e)

Luego se exporta a Excel utilizando el comando que File – Export current Table – To Excel, como se ve en la Figura 162.

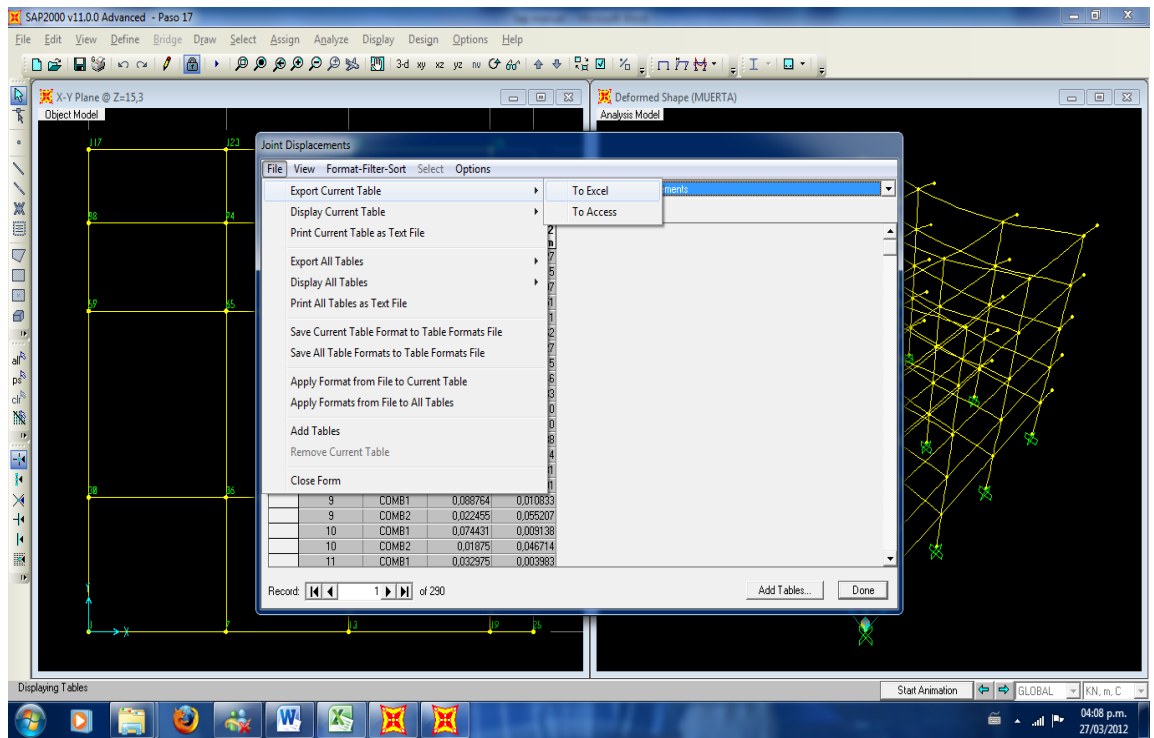


Figura 162. Paso 17 SAP2000 v11 (f)