



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DESEMPEÑO ESTRUCTURAL APLICANDO LA NORMA
ATC-40 PARA EL REFORZAMIENTO DEL PABELLÓN
“MONOBLOCK” DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DEL
NIÑO (BREÑA – LIMA)**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

ALCÁNTARA MÉNDEZ, KELLY STEPHANIE

NALVARTE GURMENDI, CARLOS EDUARDO

LIMA – PERÚ

2016

Dedicatoria

A nuestros padres, quienes siempre estuvieron a nuestro lado, brindándonos todo su cariño y apoyo incondicional que siempre nos han demostrado.

Agradecimiento

A nuestro asesor, el Ingeniero Omart Tello Malpartida por su apoyo, sus consejos y colaboración en todo momento durante el desarrollo de la presente tesis.

Al ingeniero Carlos Chavarry Vallejos, por su tolerancia para con nosotros y su guía constante, brindándonos criterios metodológicos y técnicos para el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	20
1.1 Antecedentes de la investigación	20
1.2 Bases teóricas	22
1.3 Marco conceptual	50
1.4 Hipótesis	52
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	54
2.1 Tipo de investigación	54
2.2 Nivel de la investigación	54
2.3 Diseño de investigación	54
2.4 Variables	55
2.5 Población y muestra	56
2.6 Técnicas de investigación	57
2.7 Instrumento de recolección de datos	57
2.8 Procesamiento estadístico	57
CAPÍTULO III. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	58
3.1 Contrastación de hipótesis	58
3.2 Caso de la investigación	59
3.3 Análisis e interpretación de la investigación	62
3.4 Aplicación del caso	68
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	103
4.1 Discusión	103
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	111

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1 : Nivel de desempeño de la edificación	42
Tabla 2 : Nivel de desempeño fundamental	44
Tabla 3 : Operacionalización de variables – variable independiente	55
Tabla 4 : Operacionalización de variables – variable dependiente	56
Tabla 5 : Definición operacional de las variables	56
Tabla 6 : Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde los objetivos de rendimiento, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño	62
Tabla 7 : Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde la determinación de deficiencias, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.	63
Tabla 8 : Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.	65
Tabla 9 : Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40 en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.	67
Tabla 10 : Rigidez por columnas X y Y del bloque 1	69
Tabla 11 : Rigidez de columnas del bloque 1	70
Tabla 12 : Coeficiente de rigidez por piso del bloque 1	70
Tabla 13 : Irregularidad de masa del bloque 1	70
Tabla 14 : Irregularidad de discontinuidad de diafragmas del bloque 1	71
Tabla 15 : Rigidez por columnas X y Y del bloque 2	71
Tabla 16 : Rigidez de columnas del bloque 2	72
Tabla 17 : Coeficiente de rigidez por piso del bloque 2	72
Tabla 18 : Irregularidad de masa del bloque 2	72
Tabla 19 : Irregularidad de discontinuidad de diafragmas del bloque 2	73

Tabla 20 :	Irregularidad por discontinuidad vertical del bloque 1	73
Tabla 21 :	Irregularidad por discontinuidad vertical del bloque 2	74
Tabla 22 :	Resumen del metrado de cargas total en cada piso	76
Tabla 23 :	Parámetros sismoresistentes para el bloque 1	77
Tabla 24 :	Parámetros sismoresistentes para el bloque 2	78
Tabla 25 :	Resultados del análisis dinámico en la dirección X del bloque 1	79
Tabla 26 :	Resultados del análisis dinámico en la dirección Y del bloque 1	79
Tabla 27 :	Resultados del análisis dinámico en la dirección X del bloque 2	80
Tabla 28 :	Resultados del análisis dinámico en la dirección Y del bloque 2	80
Tabla 29 :	Coeficiente en función al sistema estructural	81
Tabla 30 :	Parámetros de sitio	81
Tabla 31 :	Zona sísmica	82
Tabla 32 :	Factor del suelo (S)	83
Tabla 33 :	Factor del uso (U)	83
Tabla 34 :	Factor de reducción sísmica (R)	83
Tabla 35 :	Obtención de las fuerzas sísmicas del bloque 1	84
Tabla 36 :	Obtención de las fuerzas sísmicas del bloque 2	84
Tabla 37 :	Factores de reducción espectral	94
Tabla 38 :	Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nivel de desempeño del bloque 1	97
Tabla 39 :	Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nivel de desempeño del bloque 1	97
Tabla 40 :	Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nivel de desempeño del bloque 2	98
Tabla 41 :	Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nivel de desempeño del bloque 2	98
Tabla 42 :	Resultados bloque 1 con disipadores de energía	99
Tabla 43 :	Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nuevo nivel de desempeño del bloque 1	101
Tabla 44 :	Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nuevo nivel de desempeño del bloque 1	101

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 : Esquema de la técnica Pushover	25
Figura 2 : Espectro de aceleraciones	27
Figura 3 : Curva de capacidad	29
Figura 4 : Esquema de la técnica Pushover	30
Figura 5 : Deformación de un miembro en flexión. Izquierda: Elemento del miembro. Derecha: Distribución de deformaciones unitarias	32
Figura 6 : Diagrama del Momento – Curvatura	34
Figura 7 : Conversión de la curva de capacidad al espectro de capacidad	34
Figura 8 : Espectro de capacidad y demanda y puntos de desempeño	36
Figura 9 : Ubicación del caso en estudio	60
Figura 10: Pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño	60
Figura 11: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde el objetivo de rendimiento	63
Figura 12: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde la determinación de deficiencias	64
Figura 13: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño	66
Figura 14: Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40 en la evaluación del desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño	67
Figura 15: Porcentaje promedio de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40	68
Figura 16: Espectro de pseudoaceleración del bloque 1	77
Figura 17: Espectro de pseudoaceleración del bloque 2	78
Figura 18: Modelamiento del bloque 1	85
Figura 19: Modelamiento del bloque 2	86
Figura 20: Formulación de rótulas en vigas y columnas del bloque 1 en la dirección X e Y	87
Figura 21: Formulación de rótulas en vigas y columnas del bloque 2 en la dirección X e Y	88

Figura 22:	Curva de capacidad del bloque 1 en la dirección X	88
Figura 23:	Curva de capacidad del bloque 1 en la dirección Y	89
Figura 24:	Curva de capacidad del bloque 2 en la dirección X	89
Figura 25:	Curva de capacidad del bloque 2 en la dirección Y	90
Figura 26:	Espectro de capacidad del bloque 1 en la dirección X	90
Figura 27:	Espectro de capacidad del bloque 1 en la dirección Y	91
Figura 28:	Espectro de capacidad del bloque 2 en la dirección X	91
Figura 29:	Espectro de capacidad del bloque 2 en la dirección Y	92
Figura 30:	Espectro de demanda del bloque 1 en la dirección X	92
Figura 31:	Espectro de demanda del bloque 1 en la dirección Y	93
Figura 32:	Espectro de demanda del bloque 2 en la dirección X	93
Figura 33:	Espectro de demanda del bloque 2 en la dirección Y	93
Figura 34:	Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección X del bloque 1	95
Figura 35:	Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección Y del bloque 1	95
Figura 36:	Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección X del bloque 2	96
Figura 37:	Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección Y del bloque 2	96
Figura 38:	Ubicación del nuevo punto de desempeño en coordenadas espectrales (dirección X) del bloque 1	100
Figura 39:	Ubicación del nuevo punto de desempeño en coordenadas espectrales (dirección Y) del bloque 1	100

LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1 : Matriz de consistencia	112
Anexo 2 : Cuestionario	114
Anexo 3 : Memoria de cálculo	117
Anexo 4 : Planos del proyecto	138
Anexo 5 : Panel fotográfico	154
Anexo 6 : Guía Etabs	161

RESUMEN

El proyecto de investigación denominado “Desempeño estructural aplicando la Norma ATC-40 para el reforzamiento del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño”, tiene por objetivo determinar el aporte de la Norma ATC-40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN).

La Norma ATC-40: es un conjunto de procedimientos para la evaluación de las edificaciones existentes ante el caso de un sismo, de la Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC) – Estados Unidos. Se utilizó para plantear un adecuado sistema de reforzamiento estructural, basándose en el desempeño estructural.

La investigación es aplicada, enfoque mixto, tipo descriptiva, nivel descriptivo y diseño experimental, longitudinal y prospectivo. La población de estudio estuvo conformada por los hospitales, desde 1 piso hasta 15 pisos en Lima Metropolitana, donde se seleccionó el pabellón “Monoblock” del INSN (Breña), al cual se le aplicó como instrumento un cuestionario semi-estructurado de preguntas cerradas y de respuestas dicotómicas, acerca de los indicadores para la evaluación estructural actual con los procedimientos de la Norma ATC-40 (1996).

Con relación al desarrollo del caso en estudio, aplicando los procedimientos de la Norma ATC-40, se concluye que implementando disipadores de energía de tipo viscoso en el primer bloque, se reduce los desplazamientos máximos en 45 cm (dirección X), y 25.7 cm (dirección Y), mejorando el nivel de desempeño de la edificación de seguridad limitada a daño controlado, y respecto al segundo bloque se determinó que presenta un nivel de desempeño adecuado para su categoría de edificación (hospital) ante un sismo máximo, por lo cual no se planteó una técnica de reforzamiento.

Finalmente, de la investigación se concluye que sí se aplicó el 9 por ciento de los procedimientos de la Norma ATC-40, con lo cual se puede mejorar el nivel de desempeño estructural aplicando los objetivos de rendimiento, determinación de deficiencias y estrategias de rediseño en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Palabras Claves: Norma ATC-40, desempeño estructural y reforzamiento estructural.

ABSTRACT

The research project entitled "Structural performance applying the ATC-40 standard for the strengthening of flag "Monoblock" National Institute of Child Health" aims to determine the contribution of the ATC-40 Standard, in improving the level of structural performance to raise an adequate system of reinforcement in the pavilion "Monoblock" of the National Institute of Child Health.

The ATC-40 standard: is a set of procedures for the evaluation of existing buildings before the event of an earthquake, the Seismic Safety Commission California (SSCC) - United States. It was used to raise an adequate system of structural reinforcement, based on the structural performance.

The research is applied, mixed approach, descriptive, descriptive and experimental level, longitudinal and prospective design. The study population consisted of hospitals, from one floor to 15 floors in Lima, where the pavilion "Monoblock" of INSN (Breña), which was applied as instrument a semi-structured closed questions questionnaire, was selected and dichotomous answers, about indicators for the current structural evaluation procedures ATC-40 standard (1996).

With regard to the development of the case study, applying the procedures of the ATC-40 standard, it is concluded that implementing energy-dissipating viscous type in the first block, the maximum displacements is reduced by 29 cm (X direction), and 32 cm (direction), improving the performance level of the building limited security to controlled damage, and for the second block was determined that presents an adequate level of performance for its class building (hospital) with a maximum earthquake, so strengthening technique was not raised.

Finally, research concludes that itself applied 9 percent of the procedures of the ATC-40 standard, which can improve the level of structural performance applying performance targets, identifying deficiencies and strategies redesign

structural assessment of the pavilion "Monoblock" of the National Institute of Child Health.

Keywords: Standard ATC-40, structural performance and structural reinforcement.

INTRODUCCIÓN

El Perú está ubicado en una zona altamente sísmica por lo que necesariamente todas las edificaciones deben diseñarse y construirse con criterios de sismoresistencia, por ello los hospitales y clínicas requieren de una adecuada evaluación de su estructura, ya que este tipo de edificaciones son consideradas esenciales porque su funcionamiento es vital en condiciones de emergencia.

La presente investigación se refiere al aporte de la Norma Applied Technology Council (ATC) – 40 en la evaluación estructural de una edificación existente, para su posterior mejora empleando un reforzamiento estructural.

La aplicación del caso en estudio, busca mantener la operatividad estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño ante un evento sísmico severo, mediante la determinación del desempeño estructural actual, y proponer la mejora de las zonas críticas; y la investigación busca dar a conocer en qué magnitud se aplican los procedimientos establecidos por la Norma ATC-40 para la evaluación y rediseño estructural de edificaciones existentes.

La motivación de la investigación, es dar a conocer los beneficios de utilizar los estándares de la Norma ATC-40 que permite hacer posible un análisis estructural cada vez más cercano a como ocurre en la realidad, para garantizar la seguridad de las personas que residen y acuden a este establecimiento de salud, brindándoles una edificación segura, en especial antes, durante y después de un evento sísmico.

El objetivo general es determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para implementar un adecuado sistema de reforzamiento en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño. Los objetivos específicos son aplicar los lineamientos de la Norma ATC – 40 respecto a los tres procesos de la

evaluación estructural: Objetivos de rendimiento, determinación de deficiencias y estrategias de rediseño.

La presente tesis comprende cuatro capítulos. El capítulo I, donde se presentan los antecedentes que sustentan esta investigación, luego se desarrollan las bases teóricas que se tomaron en cuenta para el presente trabajo y se determina el marco conceptual, además de la formulación de las hipótesis; el capítulo II, muestra el tipo de investigación a utilizar, el nivel y diseño de la misma y la determinación y operación de las variables, además se detalla la población y muestra de la investigación, asimismo se señala cual es la técnica e instrumento para recolectar la información y posterior procesamiento estadístico aplicado al caso en estudio; en el capítulo III, se analizan los resultados obtenidos luego de la aplicación de los instrumentos de recolección de información, para contrastar las hipótesis y se desarrolla la aplicación del caso en estudio y sus resultados; por último en el capítulo IV, se da a conocer las discusiones de la investigación, respecto a los procedimientos utilizados en este estudio, así como también para las aplicaciones del caso.

1. Antecedentes

El Perú está ubicado en una zona altamente sísmica por lo que necesariamente todas las edificaciones deben diseñarse y construirse con criterios de sismoresistencia, por ello los hospitales y clínicas requieren de una adecuada evaluación de su estructura, ya que este tipo de edificaciones son consideradas esenciales porque su funcionamiento es vital en condiciones de emergencia.

La edificación del instituto nacional de salud del niño ha sido evaluada una vez, con el proyecto de la vulnerabilidad sísmica en los hospitales del Perú, el cual fue realizado por la Comunidad económica europea, el Ministerio de salud, la Organización panamericana de salud, y el Instituto peruano de la seguridad social, esta evaluación fue hecha por métodos cualitativos, es decir fue desarrollada por métodos probabilísticos y estadísticos, que determinaron que el nivel de vulnerabilidad es medio alto, sin embargo el Instituto Nacional de Salud del Niño (pabellón “Monoblock”) no ha tenido reforzamiento alguno en sus estructuras.

La estructura del Instituto Nacional de Salud del Niño no ha sido evaluada bajo ningún método cuantitativo (como un análisis de vulnerabilidad o desempeño de la propia edificación), estos métodos son más precisos, y nos dan una mejor idea de cómo podría desempeñarse la estructura ante un sismo severo y tener una mejor propuesta de reforzamiento en sus zonas más vulnerables.

La edificación en estudio fue diseñada en el año 1965, época en la cual aún no se había establecido un código de diseño sismoresistente, y que aún no se tomaban en cuenta diversos factores como la ductilidad de los materiales, el tipo de suelo y el control de desplazamiento de la edificación, que en la actualidad son criterios establecidos en nuestra Norma Técnica Peruana (NTP) E.030.

Los materiales más utilizados en la construcción del edificio en estudio son el acero corrugado y el concreto, donde el acero que se utilizó fue el de

grado 40, el cual tenía una resistencia a la fluencia de 2800 Kg/cm², teniendo una menor capacidad de soportar carga antes de la rotura del material, lo que hace que la edificación pueda ser vulnerable ante un sismo severo, donde hará que el elemento estructural falle o hasta que la edificación colapse.

2. Planteamiento del problema

2.1. Formulación del problema

¿Cómo la Norma ATC- 40, aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?

2.2. Problemas específicos

a) ¿Cómo la Norma ATC- 40, desde la selección del **objetivo de rendimiento**, aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?

b) ¿Cómo la Norma ATC- 40, desde el proceso de **determinación de deficiencias**, aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?

c) ¿Cómo la Norma ATC- 40, desde las **estrategias de rediseño**, aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

3.2. Objetivo Específicos

a) Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde la selección del **objetivo de rendimiento**, en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

b) Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde el proceso de **determinación de deficiencias**, en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

c) Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde las **estrategias de rediseño**, en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

4. Justificación e importancia

La presente investigación, busca mantener la operatividad estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño ante un evento sísmico severo, mediante la aplicación de los procedimientos establecidos por la Norma ATC-40 y a la vez dar a conocer en qué magnitud se aplica la misma para la evaluación y rediseño estructural de edificaciones existentes.

La importancia de nuestra investigación, es dar a conocer los beneficios de utilizar los estándares de la Norma ATC-40 que permite hacer posible, un análisis estructural cada vez más cercano a como ocurre en la realidad, para así evaluar una edificación y determinar un adecuado reforzamiento que garantice la seguridad de las personas que residen y acuden a este establecimiento de salud, brindándoles una edificación segura, en especial antes, durante y después de un evento sísmico.

5. Alcances y limitaciones

La presente tesis presenta cálculos y procedimientos que pueden tomarse en cuenta para la evaluación y mejoramiento del desempeño estructural de

edificaciones esenciales tipo A1 desde 1 piso hasta 15 pisos en Lima Metropolitana.

La presente tesis no presenta limitaciones.

6. Viabilidad

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizará el programa ETABS 2013, el cual permite desarrollar el análisis estático no lineal, además se hará uso de libros, tesis, revistas y normas, en físico y virtuales. En la parte económica se tiene los recursos necesarios para la elaboración de la investigación, en donde se emplea un estudio de gabinete, el cual permitirá desarrollarlo y culminarlo en un tiempo adecuado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Fajardo (2012)

La presente tesis se ha centrado en llevar a cabo la evaluación estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad.

El aporte más importante de esta investigación fue que, revisaron los conceptos básicos del análisis elástico tradicional y del análisis no lineal para comprender sus alcances y limitaciones. También determinaron el desempeño de la estructura haciendo uso y explicando sus procedimientos del análisis estático no lineal Pushover y el método espectro de capacidad, en el cual de acuerdo a los resultados obtenidos derivaron conclusiones sobre la necesidad de reforzamiento de la estructura.

1.1.2. Guevara, Osorio y Arturo (2006)

La presente tesis estudió el comportamiento no lineal de edificios, para ello analizaron según los procedimientos del análisis estático no lineal Pushover y normas internacionales, un edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura de el Salvador.

El comportamiento no lineal de edificios la evaluaron aplicando la técnica Pushover, que incorpora directamente las características no lineales de los materiales, que al utilizarse en combinación con la metodología de niveles de desempeño, que considera el comportamiento de una estructura para diferentes intensidades sísmicas, y que junto con el uso de un programa computarizado (SAP2000), forman una excelente metodología para conocer el comportamiento no lineal de edificios sometidos a excitaciones sísmicas de diferentes intensidades.

Al finalizar el estudio, realizaron un análisis de resultados comparando el comportamiento de la estructura con los parámetros internacionales de desempeño sísmico, es decir, compararon la respuesta estructural de los diferentes niveles de desempeño, con la respuesta esperada de la estructura.

1.1.3. Portillo, Rodríguez, y Martínez (2011)

Esta tesis estudió el desempeño de edificios de concreto reforzados, estructurados en base a marcos planos, para ello analizaron y diseñaron según los procedimientos y normativa vigente, un edificio de 4 pisos conformados por ocho marcos planos.

El desempeño de la estructura la evaluaron bajo procedimientos estáticos según Norma Técnica de Diseño por Sismo (NTDS) de El Salvador, para luego ser analizada por el método no lineal (Nonlinear Static Procedure: NSP) o análisis Pushover, con el objetivo de comparar ambos análisis. El análisis estático no lineal se basó en el uso un espectro de respuesta, basado en los parámetros de El Salvador, según la NTDS. Con el cual se generaran rotulas plásticas bajo los parámetros de modelación y criterios de aceptación numérica que definen las curvas constitutivas de las rótulas plásticas, cualquiera sea su naturaleza, y son evaluados según el documento FEMA 356 (FEMA, 2000), mientras que el análisis Pushover es ejecutado en SAP2000.

En esta investigación describieron la secuencia de fallas que afectaron a la estructura, evaluando las curvas de capacidad del edificio. Dando así un avance a los análisis de diseño estructural y llevando su aplicación al estado no lineal, y dejando las puertas abiertas para llegar a implementar los análisis dinámicos, que serían el siguiente paso en el análisis estructural.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Metodología de evaluación estructural por la Norma ATC-40

Conjunto de procedimientos para la evaluación y rediseño de edificaciones existentes ante el caso de un sismo.

a) Objetivos de rendimiento

Un objetivo de rendimiento, especifica el comportamiento sísmico esperado del edificio: el rendimiento sísmico se describe mediante la designación del estado de daño (nivel de rendimiento) máximo permitido para una amenaza sísmica identificado (movimiento telúrico de la tierra).

- **Selección del nivel de desempeño sísmico esperado**

La selección del nivel de desempeño deseado para un edificio ante un movimiento telúrico dado, describe una condición de daño: que puede ser considerada satisfactoria para un edificio ante un movimiento del suelo dado. La condición limitante es descrita por los daños físicos dentro del edificio, la amenaza a la seguridad de la vida de los ocupantes del edificio creado por el daño, y las consecuencias en el edificio posterior al terremoto.

- **Selección del nivel sísmico**

Un nivel sísmico se combina con un nivel de desempeño deseado para formar un objetivo de rendimiento. El nivel de sísmico (o movimiento de la tierra) se expresa a través de un espectro de respuesta o en un equivalente en serie de frecuencias simuladas de movimientos sísmicos que se utilizan para este propósito.

b) Determinación de deficiencias

La determinación de deficiencias, describe una sensación general del rendimiento esperado del edificio, que debe ser desarrollado antes de realizar un análisis detallado. Asimismo, presenta los procedimientos básicos de una evaluación preliminar, que consiste en la obtención de datos del edificio, la revisión de la amenaza sísmica, la identificación de los atributos

de construcción, y la caracterización de las posibles deficiencias estructurales ante la acción de un sismo.

Con datos suficientes de documentos, pruebas y visitas al lugar, un conjunto de posibles deficiencias sísmicas se pueden identificar y utilizar para tomar decisiones de ingeniería o investigaciones más detalladas.

- **Identificación de irregularidades**

Las irregularidades describen las deficiencias de configuración estructural, que se encuentran comúnmente en los sistemas estructurales de las edificaciones, tales como irregularidades verticales y/o horizontales (cambios bruscos en las dimensiones, masas, rigideces y resistencias del edificio).

- **Determinación del estado de operatividad**

El estado de operatividad describe la condición actual de la estructura, la cual dependerá de las deficiencias potenciales (más críticas) que pueden generarse ante la ocurrencia de un terremoto, ya que puede alterar la respuesta inelástica general del edificio. Asimismo, este estado será categorizado en niveles de desempeño estructural.

c) Estrategias de rediseño

Las estrategias de rediseño se presentan como una visión general del proceso utilizado para desarrollar una estrategia de adaptación y readaptación del diseño preliminar para un edificio, una vez que la evaluación se ha llevado a cabo. Incluye la discusión de estrategias modernas para las alternativas de solución, la evaluación de su aplicabilidad, dada la identificación de deficiencias sísmicas y las diversas restricciones de diseño, la selección de la estrategia más adecuada de acuerdo a las limitaciones halladas, y en el contexto de la estrategia seleccionada, se selecciona un sistema adecuado y el desarrollo de un diseño preliminar de adaptación.

1.2.2. Análisis estático no lineal

En un análisis lineal, las propiedades estructurales, tales como la rigidez y el amortiguamiento, son constantes, no varían con el tiempo. Todos los desplazamientos, esfuerzos, reacciones son directamente proporcionales a la magnitud de las fuerzas aplicadas. En un análisis no lineal las propiedades estructurales pueden variar con el tiempo, la deformación y la carga. La respuesta suele ser no proporcional a las cargas, ya que las propiedades estructurales suele variar (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).

El procedimiento de análisis no lineal estático se define en el documento FEMA-273 (1997) como una aproximación de la forma no lineal de respuesta de una estructura cuando se expone a una carga dinámica de sismo. La aproximación estática consiste en aplicar una fuerza lateral a un modelo que tiene en cuenta las no linealidades de una estructura ya diseñada, y en forma progresiva ir aumentando esa carga hasta que se obtenga el desplazamiento objetivo o se alcance el colapso.

El desplazamiento objetivo o desplazamiento límite es escogido para representar el máximo desplazamiento probable a ser experimentado durante el movimiento sísmico esperado.

a) La técnica “Pushover”

Portillo, Rodríguez y Martínez (2011) afirman que la técnica del Pushover consiste en llevar al colapso la estructura ya diseñada, de la cual se conoce su armado; esto se logra mediante la aplicación de un patrón de cargas laterales incrementales y bajo cargas gravitacionales constantes, que se aplican en la misma dirección hasta que la estructura colapse o hasta cierto valor de carga. Con esta técnica es posible evaluar el desempeño esperado de la estructura por medio de la estimación de fuerzas y demanda de deformaciones en el diseño sísmico, además se puede aplicar:

- Para verificar o revisar la proporción de sobrerresistencia.

- Para estimar mecanismos de plasticidad esperada, además de estimar una distribución de daño.
- Verificar que las conexiones críticas permanezcan con capacidad de transmitir cargas entre los elementos.
- Como Alternativa de Rediseño.

Con el uso de esta técnica es posible apreciar la secuencia del agrietamiento, la aparición de rótulas plásticas y fallas en los componentes estructurales, hasta que se excede el desplazamiento esperado o hasta que la estructura colapsa (Portillo, Rodríguez & Martínez, 2011).

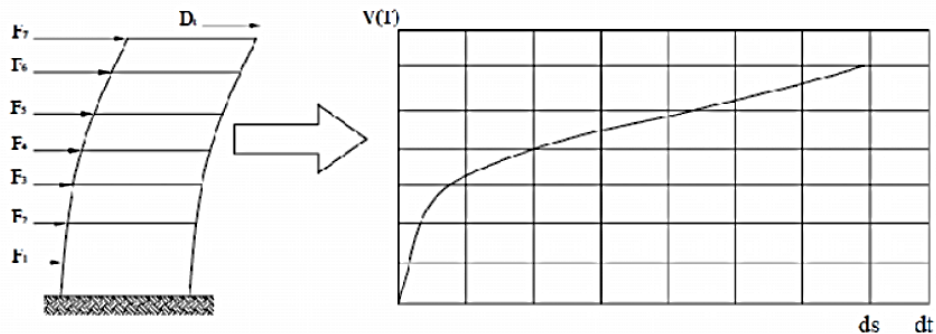


Figura 1: Esquema de la técnica Pushover
Fuente: Portillo, Rodríguez y Martínez (2011)

Para poder aplicar la técnica de Pushover primero se selecciona una carga real que se obtiene de los códigos de cada país, para que luego sea incrementada periódicamente (López, 2004).

Una rótula plástica permite la rotación de la deformación plástica de la conexión de los elementos estructurales, de manera rígida. En la teoría estructural, la rótula plástica se usa para describir la deformación de una sección donde se produce la flexión (López, 2004).

La relación que existe entre la carga incremental aplicada a la estructura y el desplazamiento que se genera el nivel superior se representa por medio de la curva de capacidad.

b) Demanda sísmica

La demanda sísmica generalmente se representa por medio de un espectro de respuesta, en el cual se presenta la respuesta máxima de sistemas de un grado de libertad como una función de sus frecuencias. Para fines prácticos, en la ingeniería se ha utilizado un espectro de respuesta de aceleraciones para procedimientos de análisis y diseño de estructuras basados en las fuerzas. Sin embargo, durante los últimos años, se ha identificado que los parámetros más relevantes en el diseño son los desplazamientos y las deformaciones. Por lo tanto se ha promovido el uso de espectros de respuesta en formato aceleración-desplazamiento para propósitos de diseño basados en el desempeño sísmico (ATC-40, 1996).

Demanda sísmica en la Norma Peruana E-0.30

El espectro elástico de respuesta de aceleraciones de la Norma Peruana E-030 (2014) corresponde a un sismo catalogado como Sismo de Diseño. Como ejemplo grafiquémoslo para los siguientes parámetros:

$$Sa_D = ZUCSg$$

Z=0.4 (Zona 3, Ubicación: Lima)

U=1.0 (edificaciones Esenciales)

S → S1=1.0 (Suelo rígido)

C=2.5 (Tp/T), C≤2.5

Si → Tp = 0.4 seg.

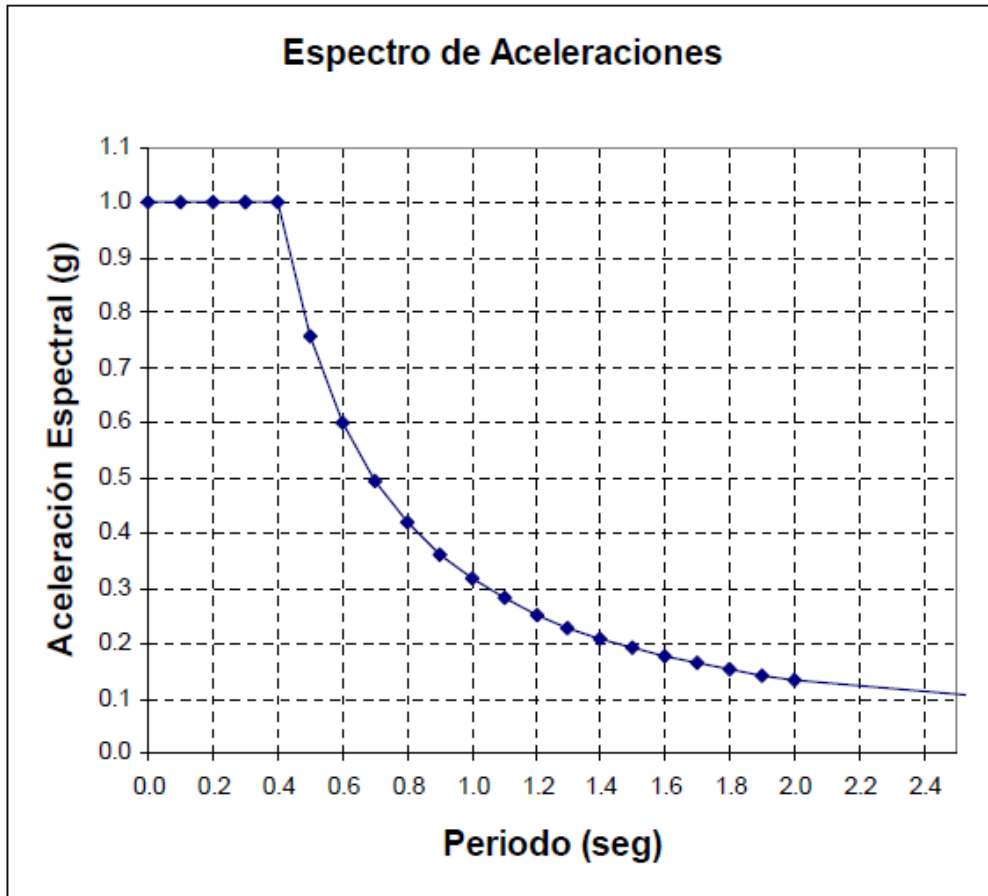


Figura 2: Espectro de Aceleraciones
 Fuente: Portillo, Rodríguez y Martínez (2011)

c) Patrón de cargas laterales

Para poder aplicar la técnica de Pushover primero se selecciona una carga real que se obtiene de los códigos de cada país, para que luego sea incrementada periódicamente. El patrón de cargas utilizado debe aproximarse a las fuerzas inerciales esperadas en el edificio durante el sismo. Es necesario mencionar que aunque la distribución de fuerzas inerciales variará con la intensidad de un sismo y con el periodo de exposición de la estructura, usualmente se usa un patrón de cargas que no varía (López, 2004).

Esta aproximación probablemente sea la más adecuada para el análisis de deformaciones (pequeñas o medianas), de los elementos para estructuras de marcos, donde su comportamiento lo determina el primer modo de vibración o modo fundamental de vibración de la estructura.

Los dos grupos de distribución de carga lateral que más se utilizan en el análisis de Pushover, propuestos por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (ASCE, 2000) y por el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-40, 1996) son:

- Un patrón de carga uniforme, basado en la fuerza lateral, proporcional a la masa de cada nivel, sin tomar en cuenta la elevación (respuesta uniforme de aceleración).
- Una distribución de fuerzas proporcional al producto de la masa y la deformación modal relacionada con el primer modo de vibración del edificio, que es un patrón modal que se determina utilizando un número suficiente de modos de vibración.

Una alternativa sería utilizar un patrón de carga lateral uniforme, donde las aceleraciones sísmicas son proporcionales al peso de cada nivel de edificio.

d) Curva de capacidad

La relación entre la fuerza cortante basal y el desplazamiento en el nivel superior de la estructura se representan en la curva de capacidad para cada incremento. Esta curva generalmente se construye para representar la respuesta del primer modo de vibración de la estructura basado en la suposición que el modo fundamental de vibración es el que predomina en la respuesta estructural. Esta suposición generalmente es válida para estructuras con un periodo fundamental de vibración alrededor de un segundo. Para edificios más flexibles con un periodo fundamental de vibración mayor de un segundo, el análisis debe considerar los efectos de los modos más altos de vibración (ATC-40, 1996).

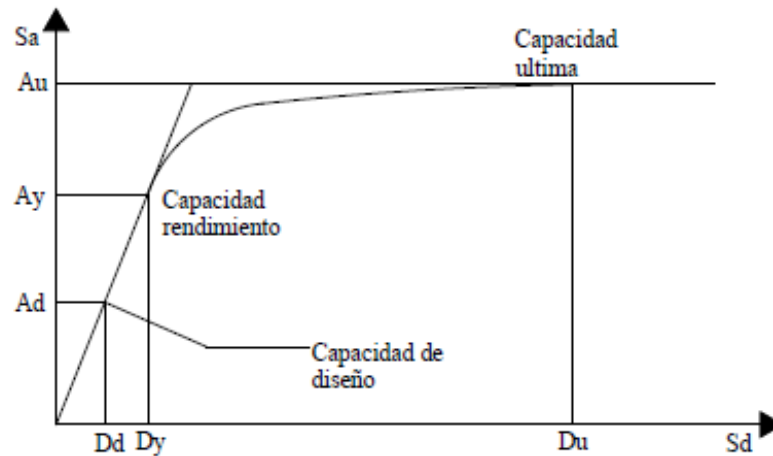


Figura 3: Curva de Capacidad
Fuente: ATC-40 (1996)

Para determinar la curva de capacidad resistente, se necesita conocer la geometría de la estructura, el detallado del acero de refuerzo para cada elemento, la calidad de los materiales constructivos y las curvas constitutivas del concreto y el acero.

e) Módulo de cálculo

El modelo numérico de cálculo del Pushover espacial considera que cada uno de los marcos es elemento de una estructura que tiene una losa rígida con tres grados de libertad, dos desplazamientos horizontales, en la dirección de los ejes X e Y, y una rotación alrededor de un eje perpendicular a la losa (Aguilar, 2008).

Sea q el vector que contiene a los desplazamientos y giros en coordenadas de piso y Q el vector de cargas aplicadas, conformado por la fuerza horizontal en sentido x , F_x ; la fuerza horizontal en sentido y , F_y ; y el momento torsor. Cuando se desee obtener la curva de capacidad resistente con relación al eje x , únicamente tendrá valor F_x y los restantes valores de Q son cero. Para el caso en que se desee encontrar la curva de capacidad resistente con relación al eje y , la cantidad diferente de cero será F_y . La matriz KE relaciona el vector de cargas Q , con el vector de coordenadas q , de la siguiente manera (Portillo, Rodríguez & Martínez, 2011).

$$Q = KEq \tag{1.1}$$

Por otra parte la relación que existe entre el vector de coordenadas de piso q y el desplazamiento lateral de un marco t , viene dado por el vector de compatibilidad de deformación A para el marco i , es de la siguiente manera (Portillo, Rodríguez & Martínez, 2011).

$$dt = Aq \tag{1.2}$$

En la siguiente figura (4), se presenta una estructura espacial compuesta por cuatro marcos, se denomina α el ángulo que forma la orientación positiva del marco con relación al eje x .

Por otra parte r es la distancia que existe desde el centro de masas hasta el marco, será positivo si la orientación positiva del marco rota con relación al centro de masas en forma anti horaria. La orientación positiva de los marcos es aquella que es paralela a los ejes x e y (Portillo, Rodríguez & Martínez, 2011).

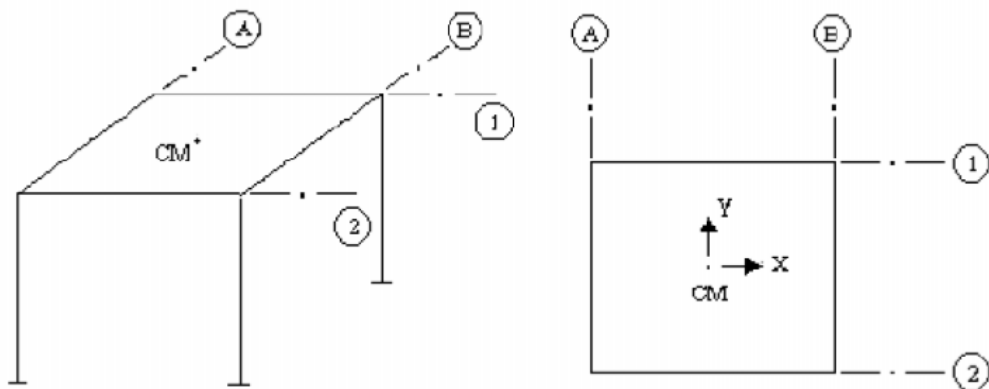


Figura 4: Esquema de la Técnica Pushover
Fuente: Portillo, Rodríguez y Martínez (2011)

La forma del vector de compatibilidad de deformaciones A para el marco i , es la siguiente:

$$A(i) = [Cosa \ Sena \ r] \tag{1.3}$$

La matriz de rigidez KE , se obtendrá del triple producto matricial:

$$KE = \sum_{i=1}^n A^{(i)t} K^{(i)} A^{(i)} \tag{1.4}$$

Donde n es el número de marcos de la estructura. La matriz KE va cambiando de acuerdo al desplazamiento lateral de cada marco, inicialmente todos los marcos trabajan con la misma rigidez elástica, pero mientras van ingresando en el rango no lineal, cambian la rigidez elástica por una rigidez plástica (Portillo, Rodríguez & Martínez, 2011).

El cálculo se realiza de forma incremental, aplicando el patrón de cargas laterales en el centro de masas, hasta llevar al colapso a la estructura. Si se desea encontrar la curva de capacidad para la dirección X , las cargas laterales se aplicarán en la misma dirección X . El cálculo de la curva capacidad de carga para la dirección Y , se realiza aplicando cargas en la dirección Y (Aguar, 2008).

f) Momento curvatura

Una de las herramientas básicas para el diseño sísmico basado en desempeño es la relación Momento – Curvatura ($M - \phi$) para secciones de estructuras de concreto reforzado, análoga a la relación fuerza axial – deformación unitaria de una sección (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).

Esta relación es usada para definir lo siguiente:

- La capacidad nominal a la flexión de la sección.
- Capacidad máxima o sobrerresistencia de la sección.
- Curvatura a la primera fluencia.
- Curvatura última y ductilidad de la sección (o ductilidad de curvatura).
- Curvaturas correspondientes a límites de desempeño de los materiales.

En las regiones donde la actividad sísmica es parte de la realidad el entendimiento sobre el comportamiento de las estructuras cobra mayor importancia. En la actualidad, muchas estructuras son diseñadas para soportar los embates de la demanda sísmica permitiéndose que éstas experimenten deformaciones plásticas que se traducen en la disipación de la

energía absorbida. La medida de estas deformaciones puede ser traducida en rotaciones o desplazamientos por flexión de los miembros que componen la estructura. La deformación de los miembros a flexión en la cedencia y en el momento último depende principalmente de la relación Momento-Curvatura (Fajardo, 2012).

La figura (5) muestra un elemento inicialmente recto de un miembro de concreto reforzado con momentos de extremos y fuerzas axiales iguales. El radio de curvatura R se mide hasta el eje neutro. El radio de curvatura R , la profundidad del eje neutro kd , la deformación del concreto en la fibra extrema a compresión (ϵ_c) y la deformación del acero a tensión (ϵ_s), varían a lo largo del miembro debido a que entre las grietas el concreto toma cierta tensión (Fajardo, 2012).

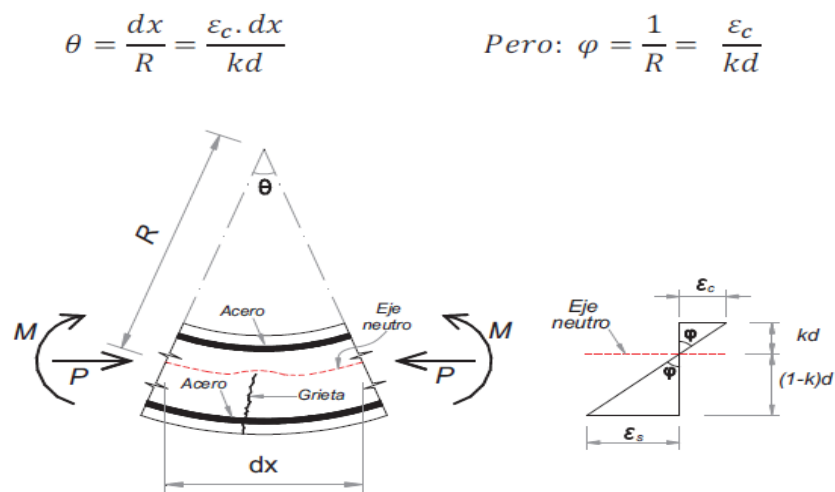


Figura 5: Deformación de un miembro en flexión. Izquierda: Elemento del miembro. Derecha: Distribución de deformaciones unitarias.

Fuente: Fajardo (2012)

Considerando únicamente un pequeño elemento de longitud dx del elemento, las siguientes relaciones proporcionan la rotación entre los extremos del elemento:

Entonces, $1/R$ es la curvatura (la rotación por unidad de longitud) y está dada por el símbolo φ .

Es posible deducir curvas Momento-Curvatura para secciones de concreto reforzado con flexión y carga axial, en base a suposiciones semejantes a las

utilizadas para la determinación de la resistencia a flexión. Se supone que la secciones planas antes de la flexión permanecen planas después de la flexión y que se conocen las curvas esfuerzo-deformación para el concreto y el acero (Fajardo, 2012).

Las curvaturas asociadas con un rango de momentos flexionantes y cargas axiales pueden determinarse utilizando estas suposiciones y a partir de los requerimientos de compatibilidad de deformación y equilibrio de las fuerzas (Fajardo, 2012).

1.2.3. Método espectro capacidad

Según Sigmund Freeman (1995), el método espectro capacidad constituye un procedimiento para determinar el punto de desempeño de una estructura cuando se ve sometida a movimientos sísmicos de diferente intensidad. Mediante un procedimiento gráfico, se compara la capacidad para resistir fuerzas laterales con la demanda sísmica, representada por medio de un espectro de respuesta reducido.

a) Obtención de la curva de capacidad de la estructura

La capacidad de la estructura puede ser representada por una curva Pushover. Ésta representa la relación entre la fuerza cortante en la base de la estructura y el desplazamiento máximo asociado en el tope de la misma. Por lo general se usa un patrón de distribución de la fuerza lateral, a lo largo del eje vertical del edificio, que corresponde a la primera forma modal (Fajardo, 2012).

El modelo matemático de la estructura es modificado para tomar en cuenta la reducción de la resistencia de la estructura debido a la fluencia de algunos de los componentes estructurales. Una distribución de la fuerza lateral es aplicada, nuevamente, hasta la ocurrencia significativa de la fluencia de otros componentes estructurales. Este proceso es continuado hasta que la estructura se vuelve inestable o hasta que límites preestablecidos son alcanzados (Aguiar, 2008).

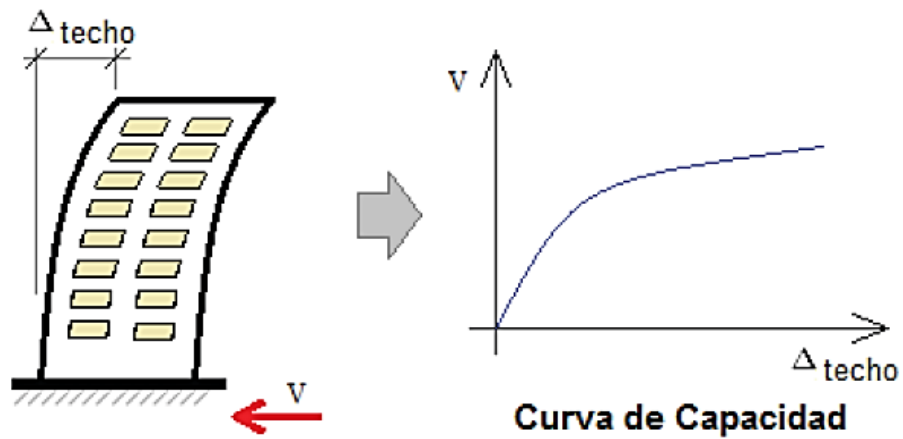


Figura 6: Diagrama del Momento – Curvatura
Fuente: Aguiar (2008)

b) Conversión de la curva de capacidad al espectro de capacidad

Para usar el método del espectro de capacidad es necesario convertir la curva de capacidad, la cual está descrita en términos de la fuerza cortante en la base de la estructura y el desplazamiento (asociado a dicha fuerza) en el tope de la misma, en un espectro de respuesta en el formato de aceleración - desplazamiento (ver figura 7) (ATC-40, 1996).

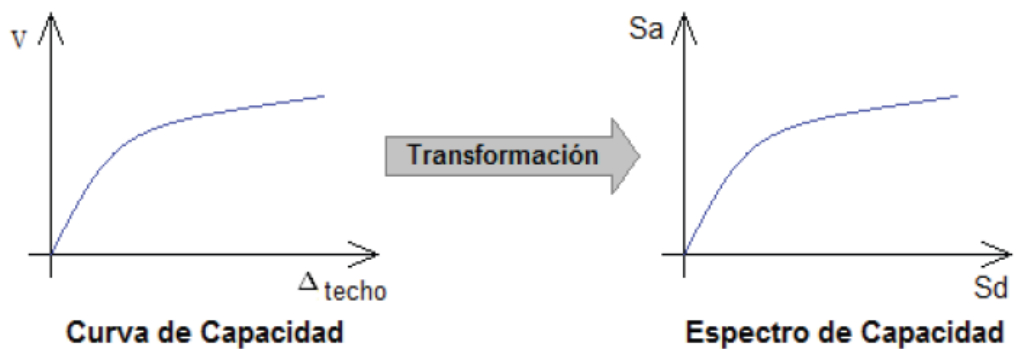


Figura 7: Conversión de la curva de capacidad al espectro de capacidad
Fuente: Fajardo (2012)

Para esto será necesario recurrir a las siguientes transformaciones:

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g}{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g} \quad \alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g]^2}{[\sum_{i=1}^N (\omega_i) / g] \cdot [\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g]}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \cdot \Phi_{techo,1}} \quad S_a = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

(1.7)

Donde:

PF_1 = Factor de participación modal para el primer modo natural

α_1 = Coeficiente modal de masa para el primer modo natural

g = Aceleración de la gravedad

w_i = Peso correspondiente al nivel "i"

$\Phi_{i,1}$ = Coeficiente de forma modal del nivel "i" en el modo "1"

v = Fuerza cortante en la base

w = Carga permanente más un porcentaje de la carga viva, total del edificio

Δ_{techo} = Desplazamiento en el tope de la estructura

S_a = Aceleración espectral

S_d = Desplazamiento espectral

c) Obtención del espectro de demanda

A partir del conocimiento de las condiciones de sitio es posible establecer parámetros que representen dichas condiciones para construir, posteriormente, el espectro de demanda correspondiente a la zona en la que se va a realizar la evaluación estructural. Para el uso del espectro de demanda, éste se debe construir, en primera instancia, sin ningún tipo de reducción, considerando únicamente un amortiguamiento inherente del sistema en su fase elástica (típicamente del 5%). Luego se construirá una familia de espectros que, partiendo del primero, ayudarán a encontrar el punto de desempeño de la estructura; esta reducción se puede realizar

según distintos criterios usados en la actualidad. La explicación de algunos de los procedimientos usados para la reducción del espectro de demanda elástico se presenta con más detalle en la sección siguiente (ATC-40, 1996).

d) Obtención del punto de desempeño

Superponiendo el espectro de capacidad y el de demanda se obtiene la respuesta máxima del edificio, en el punto de intersección de ambos espectros. Este punto es conocido como punto de desempeño, o bien en la literatura inglesa como performance point. El punto de desempeño (PD) representa el máximo desplazamiento estructural esperado para el terremoto de demanda (Ver figura 8) (Moreno, 2006).

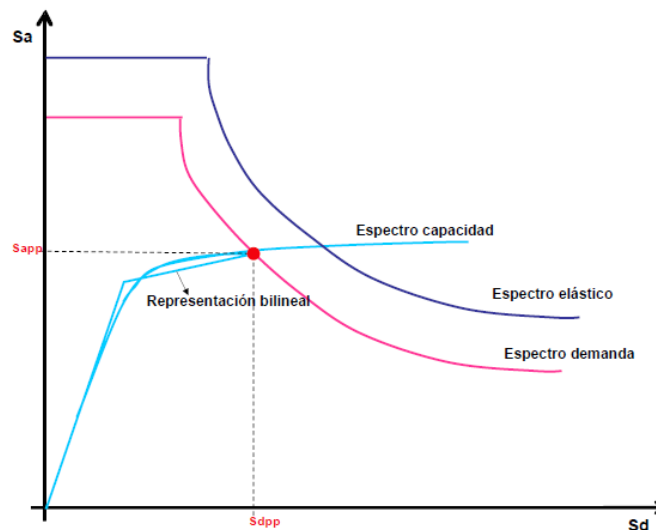


Figura 8: Espectro de capacidad y demanda y puntos de desempeño
Fuente: Moreno (2006)

Obsérvese que los factores de reducción del espectro dependen del nivel de no linealidad a la que la estructura está trabajando, el cual, a su vez, depende de la intersección del mismo espectro de demanda con el espectro de capacidad. Lo que significa que el cálculo del PD es un proceso iterativo.

Existen varios métodos para calcular el PD, a continuación se explican los pasos a seguir para calcular el espectro de demanda y el punto de desempeño, siguiendo el procedimiento A del ATC-40 (1996).

El método de obtención del punto de desempeño se basa en un proceso iterativo que puede ser programado. Los pasos a seguir para llevar a cabo este procedimiento son:

1. Obtener el espectro de respuesta elástico (5% de amortiguamiento).
2. Transformar la curva de capacidad a espectro de capacidad.
3. Seleccionar un punto de prueba (a_{pi} , d_{pi}). Se recomienda tomar, como punto de partida d_{pi} , el punto donde siguiendo con la misma pendiente inicial de la curva de capacidad, esta corte al espectro de respuesta. La ordenada a_{pi} será la correspondiente al d_{pi} en la curva de capacidad.
4. Construir una representación bilineal del espectro de capacidad para estimar el amortiguamiento efectivo y tener una apropiada reducción del espectro de demanda. La representación bilineal del espectro de capacidad se realiza de forma que el área bajo y sobre la curva de capacidad sean iguales.
5. Calcular los factores de reducción SR_a y SR_v y dibujar los espectros de demanda y de capacidad sobre un mismo gráfico.
6. Determinar si d_{pi} está dentro del intervalo de tolerancia. La Norma ATC-40 (1996), recomienda el rango: $0.95d_{pi} \leq d_{pi} \leq 1.05d_{pi}$. Debe haber una intersección entre el espectro de demanda y el espectro de capacidad dentro de esta tolerancia, si esto no ocurre, se debe seleccionar un nuevo punto de prueba y repetir el proceso, se tiene que iterar hasta encontrar un d_{pi} dentro de la tolerancia dada.

Así, en la actualidad varias propuestas han sido hechas para obtener un valor apropiado del factor de reducción espectral. Una de éstas, presentada por Miranda y Bertero (1994), usada en el método N2 de Fajfar, propone factores de reducción que dependerán del periodo de evaluación " T ":

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R_\mu} ; \quad S_d = \mu \frac{T^2}{4.\pi^2} . S_a$$

(1.8)

$$\begin{aligned}
 R_{\mu} &= (\mu - 1) \frac{T}{T_C} + 1 && \dots \dots \dots \text{si } T < T_C \\
 R_{\mu} &= \mu && \dots \dots \dots \text{si } T \geq T_C
 \end{aligned}
 \tag{1.9}$$

Donde:

R_μ = Factor de reducción por ductilidad

S_{ae} = Aceleración espectral elástica

T_c = Periodo de transición entre el dominio de aceleración constante y velocidad constante.

u = Factor de ductilidad

1.2.4. Desempeño estructural

De manera general, cuando hablamos del desempeño estructural, nos referimos al nivel de movimiento especificado o esperado con diferentes niveles de confiabilidad, en donde la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites. Cada edificación tiene una categoría las cuales pueden ser las edificaciones comunes, importantes y esenciales, cada una de ellas tiene un desempeño esperado diferente, el cual se puede cuantificar en términos de la cantidad de daño sufrido por un movimiento sísmico y el impacto que tiene estos daños en las actividades posteriores al evento sísmico.

El desempeño del comportamiento esperado de la estructura debe establecerse en la fase conceptual, la cual está orientada al diseño estructural, donde debemos dimensionar y colocar el área de acero necesaria para que nuestra edificación cumpla con el objetivo planteado, sin dejar de lado la arquitectura establecida para la estructura.

Para establecer el desempeño sísmico de una edificación nos tenemos que basar en tres conceptos fundamentales los cuales son:

- Niveles de desempeño.
- Nivel de amenaza.
- Desempeño esperado de la edificación.

a) Nivel de desempeño

El nivel de desempeño describe un estado límite de daño. Representa una condición límite o tolerable establecida en función de los posibles daños físicos sobre la edificación, la amenaza sobre la seguridad de los ocupantes de la edificación inducidos por estos daños y la funcionalidad de la edificación posterior al terremoto (ATC-40, 1996).

Los niveles de desempeño suelen expresarse en términos técnicos ingenieriles para el diseño o evaluación de edificaciones existentes, como también en términos cualitativos de significación pública (ATC-40, 1996).

b) Propuesta ATC-40

La propuesta del ATC-40 (1996) especifica separadamente el nivel de desempeño para la estructura y el nivel de desempeño para los componentes no estructurales de manera que su combinación conduce a la definición del nivel de desempeño de la edificación.

Describen los posibles estados de daño sobre la estructura. Para tal fin, se definen tres estados de daño discretos o límites: inmediata ocupación, seguridad y estabilidad estructural, y dos rangos intermedios: daño controlado y seguridad limitada, los cuales se designan con la abreviación SP-n, (“Structural Performance”, donde n es un número).

- SP-1. Inmediata ocupación; el sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, puede haber ocurrido daño estructural muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.
- SP-2. Daño controlado; corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad. La vida de los ocupantes no está en peligro aunque es posible que sean afectados.
- SP-3. Seguridad; pueden haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se

mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes interiores y exteriores e incluso, puede haber afectados. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales.

- SP-4. Seguridad limitada; corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de seguridad y estabilidad estructural, con alto peligro para los ocupantes.
- SP-5. Estabilidad estructural; corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Han sucedido daños sustanciales, con una significativa degradación de rigidez y resistencia del sistema resistente a cargas laterales, aun cuando los componentes del sistema resistente a cargas verticales mantengan la capacidad suficiente para evitar el colapso. Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas. Estas edificaciones requieren reparaciones estructurales significativas.
- SP-6. No considerado; no corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual sólo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales. Se limita a considerar el desempeño de los elementos no estructurales.

c) Nivel de amenaza

De acuerdo a la propuesta del ATC-40 (1996) se definen tres niveles de amenaza correspondientes a movimientos sísmicos identificados como:

- Sismo de servicio (SS); correspondiente a movimientos de baja a moderada intensidad, de ocurrencia frecuente, generalmente asociados con un 50% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años, con un periodo medio de retorno de aproximadamente 72 años, de manera que puede llegar a ocurrir de varias veces durante la vida útil de una edificación.

- Sismo de diseño (SD); correspondiente a movimientos de moderada a severa intensidad, de ocurrencia poco frecuente, generalmente asociados con un 10% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, con un período medio de retorno de aproximadamente 475 años. Se corresponde con el nivel de movimiento tradicionalmente especificado por la mayoría de los códigos de diseño para edificaciones convencionales.
- Sismo Máximo (SM); correspondiente a movimiento de intensidad entre severos o muy severos, de muy rara ocurrencia, generalmente asociados con un 5% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, con un período medio de retorno de aproximadamente 975 años. Se corresponde con el nivel de movimiento tradicionalmente especificado por los códigos de diseño para edificaciones esenciales y representa cerca de 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento asociado al mismo sismo de diseño tradicionalmente especificado en los códigos esenciales, por tratarse de sismos menos frecuentes de mayor severidad.

d) Desempeño esperado de la edificación

El desempeño esperado de la edificación describe un comportamiento sísmico que pueden considerarse satisfactorio para una edificación sometida a movimientos sísmicos de diferentes intensidades (ATC-40, 1996). Es una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico. Pueden definirse múltiples niveles de desempeño esperado, seleccionando diferentes niveles de desempeño de la edificación para cada uno de los niveles de movimientos especificados. Su selección debe estar basada en las características de ocupación de la edificación, la importancia de la función de sus instalaciones las consideraciones económicas relacionadas con los costos de reparación de daño y de interrupción de servicios (ATC-40, 1996).

El nivel de desempeño esperado de la edificación, se establece una vez identificados los límites de daños tolerables en una edificación y los niveles de movimientos del terreno debido a sismos. Para el ATC-40 (1996), la decisión sobre el nivel de desempeño esperado para una edificación depende básicamente de consideraciones funcionales, políticas, económicas (de costos), de preservación. Existe una amplia variedad de combinaciones, atendiendo a las características particulares de uso, función e importancia de cada edificación. Como muestra de ello, la tabla (1) presenta a título de ejemplo, un nivel dual de desempeño esperado, asociado al llamado criterio de seguridad básica, generalmente empleado en edificaciones convencionales, donde se espera que la edificación presente un nivel de desempeño de seguridad vital (3-C) para un sismo de diseño (SD) y un nivel de desempeño de estabilidad estructural (5-E) para un sismo máximo (SM).

Tabla 1. Nivel de desempeño esperado de la edificación: criterio de seguridad básica

Nivel de movimiento del terreno	Nivel de desempeño de la edificación			
	Operacional	Inmediata ocupación	Seguridad Vital	Estabilidad estructural
Servicio (SS)				
Diseño (SD)		X		
Máximo (SM)				X

Fuente: ATC-40 (1996)

1.2.5. Desempeño No Estructural

Dependiendo de los objetivos de rendimiento para una edificación particular, la construcción, el alcance del campo de investigación de los elementos no estructurales variará. Algunos elementos no estructurales son relativamente sensibles a aceleraciones y otros se ven más afectados por el desplazamiento o deriva. Esta debe tenerse en cuenta en el análisis de aceptabilidad en componentes no estructurales.

a) Nivel de desempeño no estructural

Se consideran 4 niveles de desempeño correspondientes a estados discretos de daño para los elementos no estructurales: operacional,

ocupación inmediata, seguridad y amenaza reducida. Estos niveles se representan con la abreviación NP-n. NP, son las siglas de "Nonstructural Performance" y n es una letra que toma valores entre A y E.

- Operacional NP-A: los elementos no estructurales, maquinarias y sistemas del edificio continúan en su sitio y funcionando con Normalidad después del sismo.
- Ocupación inmediata NP-B: a pesar de que los elementos no estructurales y sistemas permanecen en su sitio, pueden presentarse algunas interrupciones en el funcionamiento de las maquinarias y equipos. Algunos servicios externos pueden no estar disponibles, aunque esto no compromete la ocupación del edificio.
- Seguridad NP-C: pueden presentarse daños severos en algunos elementos no estructurales tanto dentro como fuera del edificio, sin que se llegue al colapso, ni se ponga en peligro la seguridad de los ocupantes. Los sistemas, equipos y maquinaria pueden verse seriamente afectados, requiriendo, en algunos casos, ser reparados o, en el peor de los casos, remplazados.
- Amenaza reducida NP-D: se presentan daños severos en elementos no estructurales, contenidos y sistemas, pero sin llegar al colapso o al fallo de grandes elementos, como por ejemplo parapetos y muros exteriores de mampostería, entre otros, que puedan ocasionar heridas a grupos de personas.
- No considerado NP-E: no es un nivel de desempeño y se usa para indicar que no se han evaluado los elementos no estructurales, a menos que tengan un efecto directo sobre la respuesta estructural, como por ejemplo los muros de mampostería de relleno o las particiones.

Tabla 2. Niveles de desempeño fundamentales de la edificación

Niveles de desempeño no estructural	Niveles de desempeño estructural					
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
NP-A	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B	1 - B Ocupación Inmediata	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
NP-D	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad estructural	No Aplicable

NR: combinación No Recomendada

Fuente: ATC-40 (1996)

1.2.6. Reforzamiento estructural

Muchas veces un diseño o una construcción pueden ser deficiente, por motivo de, la corrosión del refuerzo, el cambio de uso de una edificación o un incremento en las cargas de diseño original, sumados a innumerables efectos ambientales crean la necesidad de pensar en reforzar una estructura.

En el Perú, históricamente el reforzamiento se ha hecho de manera convencional, ya sea agrandando las secciones estructurales o colocando elementos metálicos que ayuden a tomar las cargas.

El refuerzo supone la mejora del rendimiento estructural, con el fin de permitir que el edificio cumpla nuevos requisitos funcionales (por ejemplo, condiciones de cargas más pesadas relacionadas con un cambio de uso) o condiciones ambientales (tales como la ubicación en un área recientemente declarada como sujeta a condiciones sísmicas).

Las operaciones de refuerzo se pueden subdividir en:

- Modificaciones en los elementos estructurales particulares de un edificio, con el fin de alcanzar un grado de seguridad más alto, pero sin modificar significativamente el rendimiento global.

- Modificaciones en la estructura global, por ejemplo, en el caso de alargamientos verticales u horizontales, o siempre que las modificaciones den lugar a una forma estructural diferente a la original.

a) Técnica de refuerzo

La selección de una técnica de refuerzo debe estar basada en los principios de conservación y los criterios modernos para el análisis y restauración de estructuras (ICOMOS, 2003). Cabe hacer notar que, cualquier técnica de refuerzo produce normalmente cambios drásticos en la estructura existente, puesto que implica un cierto cambio en los materiales y elementos originales. Debido a esto, cada técnica se debe juzgar con base en su posible costo (pérdida del valor intrínseco) y beneficio (incremento de la vida útil, aumento en su capacidad sísmica, reducción de la probabilidad del daño parcial o total tanto de la estructura como de su contenido artístico). Por lo que es responsabilidad del profesional encargado elegir la solución que proporcione la mejor relación costo – beneficio (Lourenco & Peña, 2007).

Así mismo, la selección de la técnica de refuerzo dependerá de la forma en que se quiera mejorar el comportamiento sísmico del edificio histórico.

El comportamiento sísmico de una estructura se puede mejorar si se reduce la demanda sísmica, si se aumenta su capacidad o mediante una combinación de ambas acciones (Eu-india Economic Cross Cultural Program, 2006).

Reducción de la demanda sísmica

La demanda sísmica se puede reducir por medio de:

- Modificar el periodo natural para obtener una menor amplificación de la aceleración del suelo. Esto conlleva un cambio (aumento, supresión o redistribución) en la masa o rigidez de la estructura. Estos cambios modificarán las propiedades dinámicas, principalmente el periodo natural de vibración, lo que permitiría mejorar su comportamiento sísmico. Sin embargo, hay que tener cuidado con esta técnica, pues se corre el riesgo

de modificar irremediablemente los valores arquitectónicos e históricos del edificio (Laurenco y Peña, 2012).

- Mejorar las características del suelo o aislar la estructura del movimiento del suelo. Para la conservación de los valores intrínsecos estas podrían ser las mejores soluciones, pues su modificación ocurre a nivel de suelo y cimentación. Sin embargo, no todos los suelos son propicios para un mejoramiento sísmico. Por otro lado, el uso de aisladores puede ser una buena solución para edificios que no sean muy esbeltos para evitar que tengan problema de volteo, que se encuentren en terreno firme pues es en estos suelos donde el aislamiento es efectivo debido a las altas frecuencias dominantes del terreno. Así mismo, es necesario dejar una holgura alrededor de todo el perímetro del edificio y que la cimentación sea adecuada para insertar los aisladores y la estructura de transmisión de carga (Meli, 1998). Por lo que esta técnica no se puede aplicar a todos los edificios.
- Cambiar el uso de la estructura. Con el cambio de uso se estarían modificando las cargas gravitacionales y la masa de la estructura. También se podría modificar la estructura (espacios, rigidez, resistencias) para cumplir con los nuevos requerimientos de uso. Sin embargo, se podría requerir una intervención mayor, que en muchos casos no sería necesaria o sería imposible de llevar a cabo (Laurenco & Peña, 2012).

Aumento de la capacidad sísmica

La capacidad sísmica de la estructura se puede aumentar al reforzar los elementos estructurales existentes y/o añadiendo elementos estructurales nuevos. Existen diversos criterios para clasificar las técnicas de refuerzo, uno de los más comunes y que aquí se utilizará es el de dividir las técnicas de refuerzo en tradicionales y modernas. Las técnicas tradicionales son aquellas que han sido aplicadas con métodos y materiales similares a los originales y que han sido utilizadas en el pasado (Laurenco & Peña, 2012).

Las técnicas modernas son aquellas que utilizan materiales y dispositivos que se utilizan generalmente en la construcción actual o reparación de edificios nuevos.

Las principales desventajas que presentan las técnicas modernas es que no se tiene, en algunos casos, la experiencia suficiente para validar la efectividad, durabilidad y compatibilidad con la estructura y materiales originales. Por lo que, estas técnicas se deberían utilizar cuando los procedimientos tradicionales no sean aplicables o no proporcionen el nivel de refuerzo sísmico deseado. Sin embargo, el uso de cualquier técnica de refuerzo (tanto histórica como moderna) necesita ser acompañada de un estudio detallado sobre los posibles efectos en la estructura y materiales originales (Laurenco & Peña, 2012).

Los refuerzos locales, son aquellos que se realizan a los elementos estructurales por separado, ya sea columna, viga, cimentación, techo. Los cuales pueden ser los siguientes (Laurenco & Peña, 2012):

- **Conexiones locales de confinamiento de columnas y muro**, el confinamiento de elementos permite incrementar su capacidad para resistir compresión, su capacidad de deformación e incrementar su rigidez. Esta técnica incrementa la capacidad del elemento, pero tiene poca influencia en la capacidad global de la estructura. El confinamiento de columnas se da principalmente con placas de acero colocadas en las zonas críticas del elemento. Mientras que el confinamiento de muros se hace, principalmente, mediante barras de acero inoxidable colocadas transversalmente.
- **Anclaje**, El anclaje de un elemento, mediante barras o cables de acero, ayuda a mejorar la estabilidad de la estructura o impedir deformaciones excesivas.
- **Reconstrucción local**, la mampostería dañada es retirada y reemplazada por mampostería nueva que tenga propiedades mecánicas similares a la original. Esta técnica contribuye a preservar las propiedades mecánicas

originales y a dar continuidad a la estructura. Esta técnica puede considerarse parcialmente reversible.

- **Substitución de elementos**, esto es la substitución completa de un elemento estructural. Los materiales y tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales o si se utilizan soluciones alternativas (modernas) deben de cumplir con los requisitos de diseño. El objetivo principal de esta técnica es que el elemento recupere tanto su función original como la corrección de algunos defectos. Un ejemplo típico es la substitución de pisos y techos.
- **Costura armada**, Esta técnica se basa en la realización de oquedades en los elementos a reforzar, en donde se introducen barras de metal (acero inoxidable, titanio, etc.), las cuales son después inyectadas, generalmente con mortero. Esta técnica no es muy recomendable, debido a que es altamente invasora y no es reversible.
- **Encamisados de concreto**, en caso de que un elemento presente altos niveles de esfuerzos de compresión, una excesiva deformación lateral o se requiera mejorar la continuidad de los elementos, se puede construir una estructura de concreto armado que recubra al elemento original. Se ha observado que para obtener un trabajo eficiente de los elementos de concreto, éstos se deben colocar a ambos lados del muro, así como que tengan una buena conexión entre ellos mediante la distribución de varios conectores. Esta técnica se recomienda principalmente para reforzar cimentaciones, ya que es altamente invasora, pues al recubrir el elemento original se pierde parte de la identidad arquitectónica del inmueble. Obviamente, esta técnica no se puede aplicar cuando el elemento contenga pinturas murales u otro tipo de adorno arquitectónico o artístico.
- **Inyección**, el objetivo de esta técnica consiste en inyectar mortero o resinas epóxicas a través de grietas o agujeros previamente realizados, para rellenar las cavidades y vacíos al interior de los elementos tratados; así como para rellenar grietas. Esto permite mejorar las características mecánicas del material. Sin embargo, esta técnica no es reversible y

debería realizarse con materiales que hayan mostrado su compatibilidad con los materiales originales, como el mortero de cal y arena. Cabe recordar que no se debe utilizar esta técnica cuando el elemento presente frescos u otro tipo de pintura mural, pues el material de inyección puede llegar a dañarlos irremediablemente.

Los refuerzos globales, son aquellos que se realizan a toda la estructura, en la cual se busca estabilizar toda la estructura y aumentar su capacidad sísmica, entre ellas tenemos (Laurenco & Peña, 2012):

- **Placas**, La colocación de placas en las zonas críticas de la estructura ayuda a incrementar la capacidad lateral de la estructura. El papel que juega este tipo de elementos consiste en impedir los mecanismos de falla relacionados con las deformaciones laterales, al tomar parte de las fuerzas horizontales.
- **Tensores**, son barras o cables de acero que trabajan a tensión y se encuentran anclados a la estructura mediante placas u otros dispositivos. Tienen diferentes aplicaciones pero todas tienen la función de dar estabilidad o continuidad entre diferentes partes de la estructura, por lo que son usados para mejorar el comportamiento global del edificio. Esta técnica no es invasora y puede ser fácilmente removida.
- **Refuerzo externo**, la aplicación de refuerzo en las caras externas de los elementos utilizando material de alto rendimiento (como son las FRP, mallas de acero, polímeros, etc.) permite incrementar su capacidad. Este refuerzo se une con el elemento original mediante resinas epóxicas, morteros o pegamentos. Para que este tipo de refuerzo tenga un buen rendimiento es necesario que la superficie en la que se aplique sea regular. Sin embargo esta técnica no es reversible y obviamente no se puede aplicar en superficies que deban ser conservadas en su forma original (pinturas murales, frescos, adornos, etc.).

- **Aisladores sísmicos**, esta tecnología es ahora ampliamente usada en muchas partes del mundo, protege a la estructura de los efectos destructivos de un sismo, reduciendo la respuesta de la superestructura, “aislando” la estructura de los movimientos del suelo y proporcionándole mayor amortiguamiento. El aislamiento hace que la estructura sea más flexible y la adición de amortiguamiento permite que la energía sísmica sea absorbida por el sistema de aisladores, reduciendo de esta forma la energía transferida a la estructura.
- **Disipadores de energía**, similar a la tecnología de aislamiento sísmico, la función básica de los disipadores fluido viscoso cuando se incorporen a la estructura es la de absorber o consumir una porción de la energía externa debido al sismo, reduciendo así la demanda de disipación de energía primaria en los elementos estructurales y la minimización de los daños estructurales posibles.

El diseñador debe analizar cuidadosamente las soluciones propuestas, tomando en cuenta la “unicidad” del problema a resolver, como son: las características de la estructura, la naturaleza de los problemas estructurales o del material que la afectan, el propósito de la intervención, su valor intrínseco, etc. (Laurencó & Peña, 2012).

Así mismo, el diseñador debe hacer un estudio crítico sobre la aplicabilidad de las soluciones propuestas y escoger así la mejor opción posible. La cual debe estar acorde con los principios generales de restauración.

1.3. Marco Conceptual

- a) Capacidad estructural:** En una representación de la habilidad que posee la estructura para resistir la demanda sísmica. La capacidad de la estructura depende de la resistencia y la capacidad de deformación de los componentes individuales de la estructura (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).
- b) Demanda (desplazamiento):** Para una estructura dada y un movimiento del suelo, la demanda de desplazamiento es un

estimado de la máxima respuesta esperada del edificio durante el movimiento del terreno (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).

- c) Análisis lineal:** Es aquel análisis donde las propiedades estructurales, tales como la rigidez y el amortiguamiento, son constantes, no varían con el tiempo. Todos los desplazamientos, esfuerzos, reacciones son directamente proporcionales a la magnitud de las fuerzas aplicadas (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).
- d) Análisis no lineal:** Es aquel análisis donde las propiedades estructurales pueden variar con el tiempo, la deformación y la carga. La respuesta suele ser no proporcional a las cargas, ya que las propiedades estructurales suele variar (Chávez, Meléndez, Sinchi & Hurtado, 2013).
- e) Fallas estructurales por rigidez lateral:** Son las fallas originadas por la inadecuada capacidad de soportar las cargas de la estructura y del sismo, produciendo un desplazamiento lateral excesivo.
- f) Fallas estructurales por rotación de elementos:** Son las fallas que describen la deformación plástica de las conexiones de los elementos estructurales, las cuales presentan una rotación en su sección transversal producido por los esfuerzos a flexión.
- g) Desempeño esperado por la edificación:** Es una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico.
- h) Desempeño estructural:** Designa el comportamiento global de la estructura, en relación con los principales aspectos envueltos:

protección de la vida de sus ocupantes y posibles daños estructurales (Hernández, 2004).

- i) Objetivo de rendimiento:** Nivel de rendimiento sísmico esperado de una edificación, descrito en general especificando el máximo daño estructural permitido para especificar el nivel de peligro sísmico (ATC - 40, 1996).
- j) Determinación de deficiencias:** Se refiere a la determinación de la capacidad estructural ineficiente para una demanda sísmica, debido a las fallas estructurales, sistema estructural, irregularidades, etc, que pueda presentar la edificación
- k) Estrategias de rediseño:** El enfoque general básico adoptado para mejorar el rendimiento sísmico probable del edificio o para reducir de otro modo el riesgo existente a un nivel aceptable (ATC-40, 1996).
- l) Norma ATC-40:** Es una norma americana, la cual establece procedimientos para la evaluación y rediseño de edificaciones, basándose en el desempeño estructural de la estructura.
- m) Niveles de desempeño:** Son los niveles que indican cómo debería comportarse una estructura para la seguridad de las personas durante y después del sismo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al aplicar la Norma ATC-40 para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se mejora el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

1.4.2. Hipótesis específicas

a) Al aplicar la Norma ATC-40, desde la selección del **objetivo de rendimiento**, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se mejora el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

b) Al aplicar la Norma ATC-40, desde el proceso de **determinación de deficiencias**, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se mejora el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

c) Al aplicar la Norma ATC-40, desde las **estrategias de rediseño**, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se mejora el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de la investigación

- a) **Aplicada**, porque busca dar solución al problema de la investigación, el cual es determinar el aporte de la Norma ATC-40 para mejorar el desempeño estructural del caso en estudio.

- b) **Mixta**, porque surge por la forma en cómo se miden los indicadores para la investigación, es cualitativa porque el nivel de desempeño será definido en una escala ordinal y es cuantitativo porque las estrategias de rediseño serán evaluadas en rango de valores numéricos.

- c) **Descriptiva**, porque manifiesta la toma de datos para el caso en estudio, tal como fueron observados en el momento de su recolección.

2.2. Nivel de la investigación

- a) **Descriptivo**, porque los resultados se mostrará en cuadros estadísticos y gráficos (tipo pasteles y barras).

2.3. Diseño de la investigación

- a) **Experimental**, porque se realiza manipulando los valores de las variables, para el caso mediante técnicas y métodos, se determina y mejora el nivel de desempeño estructural del caso en estudio.

- b) **Prospectivo**, porque aplicando los lineamientos de la norma se analiza y se manipula los indicadores en el presente.

- c) **Longitudinal**, porque la recolección de datos son tomados a lo largo de un periodo de tiempo, su propósito es mejorar el desempeño estructural del caso en estudio.

2.4. Variables

La variable dependiente será el desempeño estructural, ya que se medirá para ver el efecto que la variable independiente tiene en ella. Es una variable cualitativa debido a que se refiere al comportamiento estructural que presenta la estructura existente que no se podrá medir con números, y es del tipo ordinal porque establece categorías en el nivel de desempeño estructural presentado en el caso de estudio.

La variable independiente es la utilización de la Norma ATC - 40, al no poderse modificar solo se regirá a seguir sus lineamientos.

“Desempeño estructural aplicando la Norma ATC-40, para el reforzamiento del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño”.

- **Desempeño estructural:** Variable dependiente de tipo cualitativo ordinal.
- **La Norma ATC-40:** Variable independiente de tipo cualitativo ordinal.

2.4.1. Operacionalización de variables

- Variable independiente

Tabla 3. Operacionalización de variables – variable independiente

Variable	Indicadores	Índices	Instrumentos
Norma ATC-40	Objetivos de Rendimiento	* Selección del nivel de desempeño. * Uso de niveles sísmicos.	Cuestionario (Norma ATC-40)
	Determinación de Deficiencias	* Identificación de irregularidades estructurales. * Identificación del estado de operatividad del edificio.	Cuestionario (Norma ATC-40)
	Estrategias de Rediseño	* Determinación de la estrategia de solución. * Aplicación del análisis estático no lineal pushover. * Aplicación del método espectro - capacidad. * Identificar las fallas estructurales local y global. * Verificar el nivel de desempeño esperado. * Alternativas económicamente factibles de reforzamientos estructurales.	Cuestionario (Norma ATC-40)

Fuente: Elaborado por los autores

- Variable dependiente

Tabla 4. Operacionalización de variables – variable dependiente

Variable	Indicadores	Indices	Instrumentos
Desempeño estructural	Determinación de la Operatividad del edificio	* Irregularidad en planta. * Irregularidad en altura. * Curva de Capacidad estructural de la edificación. * Punto de Desempeño de la edificación.	ETABS/ EXCEL
	Estrategias de Rediseño de la edificación	* Curva de Capacidad estructural de la edificación. * Reforzamiento Estructural. * Punto de Desempeño esperado de la edificación. * Nivel de Desempeño esperado de la edificación.	ETABS/ EXCEL/ AUTOCAD

Fuente: Elaborado por los autores

2.4.2. Definición operacional de variables

- **Desempeño estructural:** Variable dependiente de tipo cualitativo ordinal.
- **La Norma ATC-40:** Variable independiente de tipo cualitativo ordinal.

Tabla 5. Definición operacional de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Desempeño estructural	Determinar el nivel de desempeño estructural actual y esperado de la edificación en estudio.
La norma ATC-40	Determinar los procedimientos para el mejoramiento del desempeño estructural del caso en estudio.

Fuente: Elaborado por los autores

2.5. Población y muestra

- **Población**

Las edificaciones esenciales Tipo A1 (hospitales) desde 1 piso hasta 15 pisos en Lima Metropolitana. Al presente año, existen 25 hospitales y 8 institutos especializados en Lima y Callao, oficialmente reconocidos por el Ministerio de Salud (MINSA).

- **Muestra**

La muestra para la presente investigación, es el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño, debido a que fue diseñada antes del año 1970 (año del primer código de sismoresistencia), el número de pisos (mayores a 6 pisos) y su sistema estructural (sistema porticado), el aforo de la edificación y también se consideró que la edificación no haya sido reforzada.

2.6. Técnicas de investigación

Para la presente investigación se aplicará la estadística descriptiva basada en recolectar, ordenar, analizar y representar un conjunto de datos; para el caso de estudio los obtenidos del cuestionario, con el fin de describir apropiadamente las características de este. Asimismo, para la aplicación del caso en estudio, se desarrolla la técnica Pushover, el método espectro-capacidad y los procedimientos de la Norma ATC – 40 para el análisis estructural y la obtención de resultados.

2.7. Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se aplicará como instrumento, un cuestionario semiestructurado de respuesta dicotómica (la encuesta solo tiene respuestas SÍ y NO), acerca de los procedimientos de evaluación y mejora en edificaciones existentes de la Norma ATC – 40.

2.8. Procesamiento estadístico

El procesamiento se efectuará, incorporando los datos recolectados a los programas computarizados tales como el ETABS 2013, que proporciona gráficos y cuadros de datos estructurales; EXCEL, que en conjunto con los procedimientos de cálculo de la Norma ATC – 40 proporcionan gráficos y hojas de cálculo; y el AUTOCAD, el cual se empleará para plasmar las alternativas de reforzamiento mediante planos estructurales.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Contrastación de hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Hipótesis alterna (Ha):

Al aplicar la Norma ATC-40 para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis nula (Ho):

Al aplicar la Norma ATC-40 para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **no se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

3.1.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

Hipótesis alterna 1 (H1):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde la selección del objetivo de rendimiento, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis nula 1 (Ho):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde la selección del objetivo de rendimiento, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **no se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis específica 2:

Hipótesis alterna 2 (H2):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde el proceso de determinación de deficiencias, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis nula 2 (Ho):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde el proceso de determinación de deficiencias, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **no se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis específica 3:

Hipótesis alterna 3 (H3):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Hipótesis nula 3 (Ho):

Al aplicar la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, **no se mejora** el nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño.

3.2. Caso de la investigación

3.2.1. Ubicación

El Instituto Nacional de Salud del Niño, se encuentra ubicado en la Avenida Brasil N°600, Distrito de Breña, Provincia y Departamento Lima.

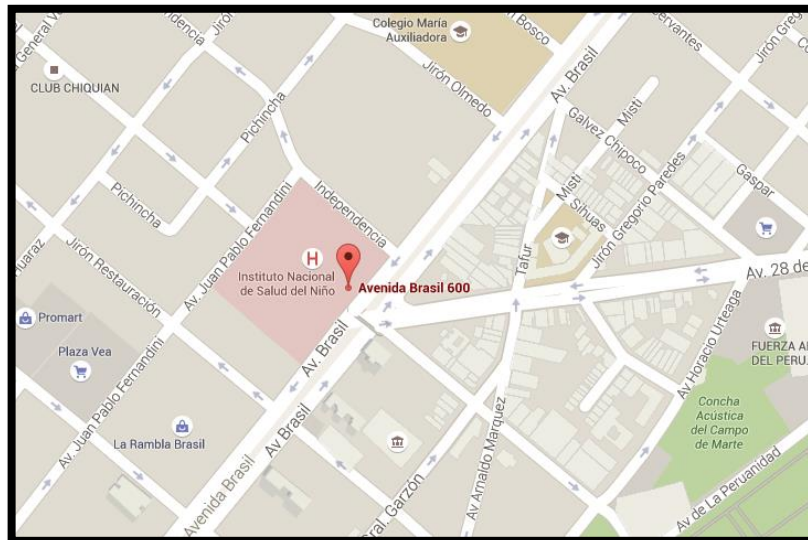


Figura 9: Ubicación del caso en estudio
Fuente: Google maps

3.2.2. Área del terreno

El área del terreno es 1036 m², encerrado en un perímetro de forma rectangular de 14.12 m x 73.37 m.

3.2.3. Diseño arquitectónico

El pabellón “Monoblock” en sí está conformado por dos edificios, ambos de 8 pisos de altura. El primero de ellos es el bloque 1, que da a la fachada de la Av. Brasil, el cual tiene 420 m² de área construida por nivel; el segundo es el bloque 2, el cual tiene 616 m² de área construida por nivel.



Figura 10: Pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño
Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

3.2.4. Áreas de estudio

El estudio de evaluación y rediseño se realizará en las edificaciones donde se encuentran los servicios del hospital considerados "críticos", es decir aquellos servicios que no pueden dejar de funcionar luego de ocurrido un sismo, entre los cuales se encuentran la sala de emergencia, unidad de cuidados intensivos, hospitalización, centro quirúrgico, etc.

En el pabellón "Monoblock", funcionan los siguientes sectores:

- En el primer piso, está ubicado el hall principal de espera, los consultorios de traumatología, oftalmología, sala de rayos x y los ambientes de informes y admisión general.
- En el segundo piso se encuentra halls de distribución y espera, los consultorios de pediatría, hematología, gastroenterología, reumatología, estimulación temprana, rehabilitación que incluye un gimnasio y electroterapia.
- El tercer piso cuenta con ambientes de hospitalización de cardiología y de cirugía de tórax y plástica.
- El cuarto piso cuenta con ambientes de hospitalización de ortopedia y traumatología, así como los de otorrinolaringología, cabeza y cuello.
- El quinto piso tiene ambientes de hospitalización de cirugía general, urología y neurocirugía.
- El sexto piso funciona la unidad de cuidados intensivos y la unidad post operatoria.
- En el sétimo piso se encuentra el centro quirúrgico.

3.2.5. Estructuras

El pabellón "Monoblock" está formado por pórticos de concreto armado (vigas y columnas) en la mayoría de su estructura, ya que también presenta placas de concreto armado en la zona de escaleras y ascensores, en el techo de cada piso se tiene losas aligeradas de uno y dos sentidos, como elementos divisorios de ambientes tenemos muros de albañilería y la cimentación presenta zapatas aisladas.

En cuanto a las especificaciones hace uso de un concreto de $f'c$ 140, 210, 280 y 350 kg/cm²; la resistencia a la fluencia del acero es de 2800 Kg/cm², grado 40; las cargas de acuerdo al uso será: laboratorios, sala de operaciones y zonas de servicio (300kg/cm²), Cuartos (200kg/cm²) y corredores-escaleras (400 kg/cm²).

3.3. Análisis e interpretación de la investigación

A continuación se muestran los resultados obtenidos al aplicar el cuestionario, referente a cada procedimiento de la evaluación estructural propuesta por la Norma ATC-40.

Tabla 6. Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde los objetivos de rendimiento, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40	Objetivos de rendimiento	
	SI	NO
¿Se seleccionó el nivel de desempeño esperado de la edificación?		X
¿Se tomó en cuenta los diferentes niveles sísmicos?		X

Fuente: Elaborado por los autores

Respecto a la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde los objetivos de rendimiento, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño, podemos observar que en el caso de estudio, no se seleccionó un nivel de desempeño esperado para la edificación y no se tomó en cuenta los diferentes niveles sísmicos en la evaluación.

De acuerdo a los resultados, podemos afirmar que se puede mejorar el nivel de desempeño estructural, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.



Figura 11: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde el objetivo de rendimiento
 Fuente: Elaborado por los autores (Tabla 6)

El 100 por ciento del procedimiento de la Norma ATC-40 desde los objetivos de rendimiento no se aplicó en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Tabla 7. Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde la determinación de deficiencias, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40	Determinación de deficiencias	
	SI	NO
¿Se identificó las irregularidades estructurales de la edificación?		X
¿Se determinó el estado de operatividad de la edificación?		X

Fuente: Elaborado por los autores

Respecto a la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde la determinación de deficiencias, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño, podemos afirmar que en el caso de estudio, no se identificó las irregularidades estructurales de la edificación y no se determinó el estado de operatividad estructural de la edificación.

De acuerdo a los resultados, podemos afirmar que se puede mejorar el nivel de desempeño estructural, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.



Figura 12: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde la determinación de deficiencias
Fuente: Elaborado por los autores (Tabla 7)

El 100 por ciento del procedimiento de la Norma ATC-40 desde la determinación de deficiencias no se aplicó en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Tabla 8. Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40	Estrategias de rediseño	
	SI	NO
¿Se determinó la estrategia de solución para el caso en estudio?		X
¿Se aplicó el análisis estático no lineal Pushover en la evaluación estructural de la edificación?		X
¿Se aplicó el método espectro - capacidad en la evaluación estructural de la edificación?		X
¿Se identificó las fallas estructurales locales de la edificación?	X	
¿Se identificó las fallas estructurales globales de la edificación?		X
¿Se verificó si la edificación cumple con el nivel de desempeño esperado?		X
¿Se planteó una alternativa de reforzamiento estructural efectiva que mejore las deficiencias de la edificación?		X

Fuente: Elaborado por los autores

Respecto a la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño, para mejorar el nivel de desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño, podemos afirmar que en el caso de estudio, se identificó las fallas estructurales locales de la edificación; mientras que no se realizaron los siguientes procedimientos: La determinación de la estrategia de solución, aplicación del análisis estático no lineal Pushover, la aplicación del método espectro - capacidad en la evaluación estructural de la edificación, la identificación las fallas estructurales globales de la edificación, la verificación si la edificación cumple con el nivel de desempeño esperado, y el planteamiento de una alternativa de reforzamiento estructural efectiva que mejore las deficiencias de la edificación.

De acuerdo a los resultados, podemos afirmar que se puede mejorar el nivel de desempeño estructural, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.



Figura 13: Porcentaje de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño

Fuente: Elaborado por los autores (Tabla 8)

El 14 por ciento del procedimiento de la Norma ATC-40 desde las estrategias de rediseño se aplicó en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño, mientras que el 86 por ciento del procedimiento no se aplicó.

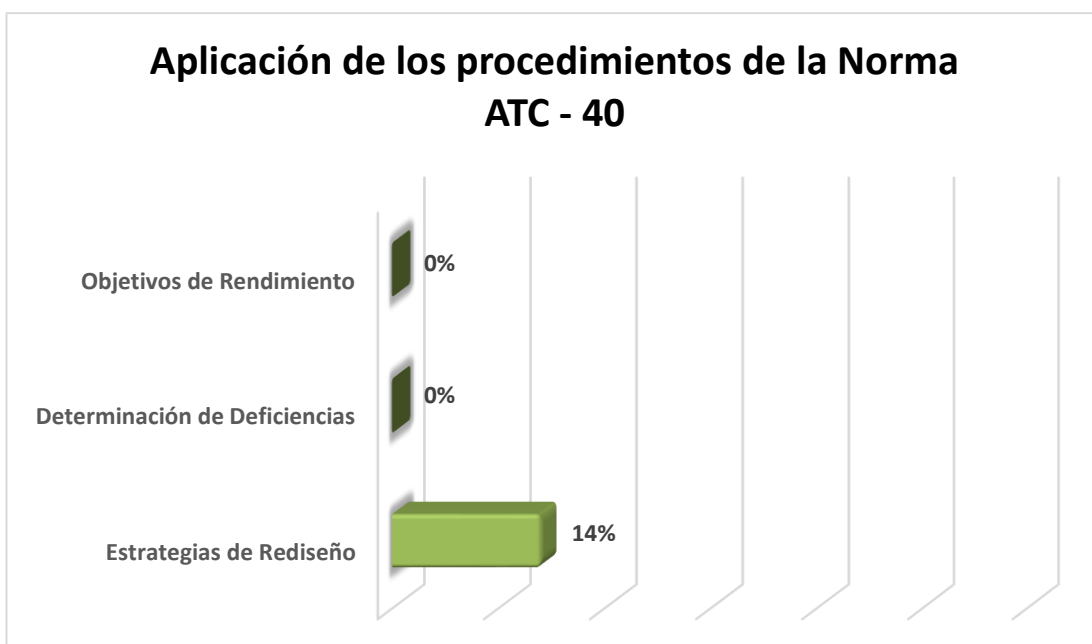


Figura 14: Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40 en la evaluación del desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 9. Aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40 en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

Ítem	Descripción	Total
1	Objetivos de rendimiento	0%
2	Determinación de deficiencias	0%
3	Estrategias de rediseño	14%
Promedio General		9%

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 9, observamos que la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40, tiene una aplicación del 0 por ciento desde los objetivos de rendimiento, seguido del 0 por ciento desde la determinación de deficiencias y por último, el 14 por ciento desde las estrategias de rediseño.

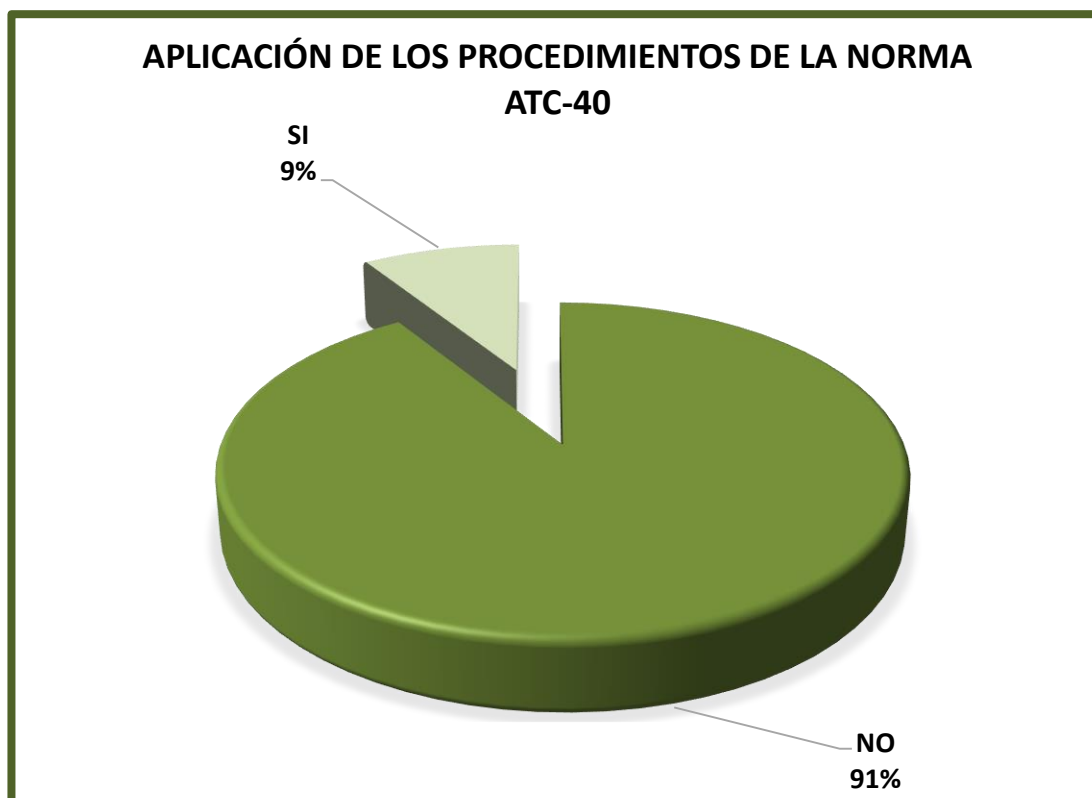


Figura 15: Porcentaje promedio de aplicación de los procedimientos de la Norma ATC-40

Fuente: Elaborado por los autores (Tabla 9)

La aplicación de los procedimientos de la Norma ATC – 40 en la evaluación del desempeño estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño es en promedio el 9 por ciento.

3.4. Aplicación del caso

3.4.1. Descripción de la estructura a ser evaluada

a) Historia y características de la estructura

El pabellón “Monoblock” fue construido en 1966 y puesto en servicio en 1968. El proyecto del pabellón “Monoblock” fue desarrollado por Ricardo Malachowski y el diseño estructural fue elaborado por Walter Tillit.

El “Monoblock” en si está conformado por dos edificios, ambos de 8 pisos de altura, el primero de ellos (bloque 1), que da a la fachada de la Av. Brasil tiene 420 m² de área construida por nivel, y el segundo (bloque 2) tiene 616 m² de área construida.

Está formado por pórticos de concreto armado (vigas y columnas) en la mayoría de su estructura, ya que también presenta placas de concreto armado en la zona de escaleras y ascensores, en el techo de cada piso se tiene losas aligeradas de uno y dos sentidos, como elementos divisorios de ambientes tenemos muros de albañilería y la cimentación presenta zapatas aisladas.

En cuanto a las especificaciones hace uso de un concreto de $f'c$ 140, 210, 280 y 350 kg/cm²; la resistencia a la fluencia del acero es de 2800 Kg/cm², grado 40; las cargas de acuerdo al uso será: laboratorios, sala de operaciones y zonas de servicio (300kg/cm²), Cuartos (200kg/cm²) y corredores-escaleras (400 kg/cm²).

3.4.2. Estado de operatividad del edificio

a) Irregularidades de la estructura

- Irregularidades horizontales

Bloque 1:

A. Irregularidad por rigidez

Tabla 10. Rigidez por columnas (X y Y)

COLUMNAS	SECCIÓN TRANSVERSAL		ÁREA	INERCIAX	INERCIAY	RIGIDEZ EN X	RIGIDEZ EN Y
	BASE	ALTURA					
PISO 1							
P-01	40	45	0.18	0.0030	0.0024	5345.36	4223.49
P-02	40	60	0.24	0.0072	0.0032	12670.48	5631.32
P-03	40	70	0.28	0.0114	0.0037	20120.25	6569.88
PISO 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8							
P-01	40	30	0.12	0.0009	0.0016	2222.58	3951.26
P-02	40	40	0.16	0.0021	0.0021	5268.34	5268.34
P-03	40	80	0.32	0.0171	0.0043	42146.74	10536.69
P-04	40	50	0.20	0.0042	0.0027	10289.73	6585.43
P-05	40	55	0.22	0.0055	0.0029	13695.63	7243.97
P-06	40	65	0.26	0.0092	0.0035	22606.54	8561.06
P-07	40	70	0.28	0.0114	0.0037	28235.03	9219.60
P-08	40	60	0.24	0.0072	0.0032	17780.66	7902.51
P-09	40	45	0.18	0.0030	0.0024	7501.22	5926.89

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 11. Rigidez de columnas

PÓRTICO	RIGIDEZ DE COLUMNAS				
	PISO 1	PISO 2	PISO 3, 4 y 5	PISO 6 y 7	PISO 8
EJE C	33787.95	47415.09	47415.09	38195.49	23707.54
EJE D	45050.60	63220.12	57951.77	42146.74	31610.06
EJE E	49743.37	69805.55	64537.20	48732.17	38195.49
EJE F	33787.95	47415.09	47415.09	38195.49	38195.49
EJE 2	43481.45	61018.11	120595.67	99851.56	49637.67
EJE 3	50806.57	71297.56	37927.95	14981.85	6667.75
EJE 4	43481.45	61018.11	46838.86	20003.24	11936.09
EJE 5	36031.68	50563.75	37927.95	14981.85	8890.33
EJE 6	43481.45	61018.11	46838.86	20003.24	11936.09
EJE 7	36031.68	50563.75	37927.95	14981.85	8890.33
EJE 8	43481.45	61018.11	46838.86	20003.24	11936.09
EJE 9	43481.45	61018.11	46838.86	20003.24	11936.09

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 12. Coeficiente de rigidez por piso

K piso 1	IRREGULAR?	K piso 2	IRREGULAR?	K piso 3,4 y 5	IRREGULAR?	K piso 6 y 7	IRREGULAR?
0.71	SI	1.00	NO	1.24	NO	1.61	NO
0.71	SI	1.09	NO	1.38	NO	1.33	NO
0.71	SI	1.08	NO	1.32	NO	1.28	NO
0.71	SI	1.00	NO	1.24	NO	1.00	NO
0.71	SI	0.51	SI	1.21	NO	2.01	NO
0.71	SI	1.88	NO	2.53	NO	2.25	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.33	NO	2.53	NO	1.69	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.33	NO	2.53	NO	1.69	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO

Fuente: Elaborado por los autores

B. Irregularidad de masa

Tabla 13. Irregularidad de masa

IRREGULARIDAD DE MASA			
PISO	MASA	m/mi	IRREGULARIDAD
PISO 1	974.974	1.008	NO
PISO 2	967.118	0.992	NO
PISO 3	964.622	1.000	NO
PISO 4	964.622	1.000	NO
PISO 5	964.622	1.000	NO
PISO 6	950.477	0.985	NO
PISO 7	951.049	1.001	NO
PISO 8	546.248	0.574	NO

Fuente: Elaborado por los autores

C. Irregularidad por discontinuidad de diafragmas

Tabla 14. Irregularidad por discontinuidad de diafragmas

Área total	Área abierta	0.5 Área total	Irregularidad
616.48	76.40	308.24	NO

Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2:

A. Irregularidad por rigidez

Tabla 15. Rigidez por columnas (X y Y)

COLUMNAS	SECCIÓN TRANSVERSAL		ÁREA	INERCIA X	INERCIA Y	RIGIDEZ EN X	RIGIDEZ EN Y
	BASE	ALTURA					
PISO 1							
P-01	20	45	0.09	0.0015	0.0003	2672.68	527.94
P-02	40	45	0.18	0.0030	0.0024	5345.36	4223.49
P-03	60	60	0.36	0.0108	0.0108	19005.72	19005.72
P-04	40	60	0.24	0.0072	0.0032	12670.48	5631.32
P-05	40	70	0.28	0.0114	0.0037	20120.25	6569.88
PISO 2, 3, 4, 5, 6, 7 Y 8							
P-01	20	30	0.06	0.0005	0.0002	1111.29	493.91
P-02	20	40	0.08	0.0011	0.0003	2634.17	658.54
P-03	20	45	0.09	0.0015	0.0003	3750.61	740.86
P-04	40	30	0.12	0.0009	0.0016	2222.58	3951.26
P-05	40	40	0.16	0.0021	0.0021	5268.34	5268.34
P-06	40	45	0.18	0.0030	0.0024	7501.22	5926.89
P-07	40	50	0.20	0.0042	0.0027	10289.73	6585.43
P-08	40	55	0.22	0.0055	0.0029	13695.63	7243.97
P-09	40	60	0.24	0.0072	0.0032	17780.66	7902.51
P-10	40	65	0.26	0.0092	0.0035	22606.54	8561.06
P-11	40	70	0.28	0.0114	0.0037	28235.03	9219.60
P-12	55	55	0.30	0.0076	0.0076	18831.50	18831.50
P-13	60	60	0.36	0.0108	0.0108	26670.99	26670.99

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 16. Rigidez de columnas

PÓRTICO	RIGIDEZ DE COLUMNAS				
	PISO 1	PISO 2	PISO 3,4 Y 5	PISO 6 Y 7	PISO 8
EJE C	24448.40	213367.89	48073.63	43463.83	31610.06
EJE D	5268.34	150651.97	63220.12	47415.09	42146.74
EJE E	5679.93	102592.49	66512.83	54000.52	45439.46
EJE F	3951.26	213367.89	48073.63	43463.83	43463.83
EJE 2	29696.44	33349.02	8195.77	4856.75	21231.54
EJE 3	32369.12	30560.51	7501.22	40240.51	60360.76
EJE 4	29696.44	33349.02	5973.19	42874.68	60360.76
EJE 5	16036.08	35581.90	7501.22	40240.51	80481.02
EJE 6	29696.44	33349.02	5973.19	42874.68	60360.76
EJE 7	16036.08	35581.90	7501.22	40240.51	80481.02
EJE 8	29696.44	33349.02	5973.19	42874.68	60360.76
EJE 9	29696.44	33349.02	5973.19	42874.68	60360.76

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 17. Coeficiente de rigidez por piso

K piso 1	IRREGULAR?	K piso 2	IRREGULAR?	K piso 3,4 y 5	IRREGULAR?	K piso 6 y 7	IRREGULAR?
0.71	SI	1.00	NO	1.24	NO	1.61	NO
0.71	SI	1.09	NO	1.38	NO	1.33	NO
0.71	SI	1.08	NO	1.32	NO	1.28	NO
0.71	SI	1.00	NO	1.24	NO	1.00	NO
0.71	SI	0.51	SI	1.21	NO	2.01	NO
0.71	SI	1.88	NO	2.53	NO	2.25	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.33	NO	2.53	NO	1.69	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.33	NO	2.53	NO	1.69	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO
0.71	SI	1.30	NO	2.34	NO	1.68	NO

Fuente: Elaborado por los autores

B. Irregularidad de masa

Tabla 18. Irregularidad de masa

IRREGULARIDAD DE MASA			
PISO	MASA	m/mi	IRREGULARIDAD
PISO 1	757.405	1.000	NO
PISO 2	757.405	1.000	NO
PISO 3	745.491	0.980	NO
PISO 4	760.537	1.020	NO
PISO 5	760.537	1.000	NO
PISO 6	760.537	1.000	NO
PISO 7	755.389	0.993	NO
PISO 8	756.817	1.002	NO

Fuente: Elaborado por los autores

C. Irregularidad por discontinuidad de diafragmas

Tabla 19. Irregularidad por discontinuidad de diafragmas

DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMAS			
Área total	Área abierta	0.5 Área total	Irregularidad
461.16	138.28	230.58	NO

Fuente: Elaborado por los autores

- Irregularidades verticales

Bloque 1:

A. Irregularidad por discontinuidad vertical

Tabla 20. Irregularidad por discontinuidad vertical

PISO	DIMENSIÓN			m/mi	IRREGULARIDAD
PORTICOS Y	EJE 2	EJE 3	EJE 4,5,6,7,8,9		
PISO 1	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 2	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 3	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 4	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 5	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 6	14.12	14.12	14.12	1.000	NO
PISO 7	14.12	14.12	14.12	1.730	SI
PISO 8	8.16	14.12	14.12		
PORTICOS X	EJE C	EJE D	EJE E y F		
PISO 1	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 2	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 3	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 4	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 5	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 6	43.66	43.66	43.66	1.000	NO
PISO 7	43.66	43.66	43.66	1.506	SI
PISO 8	29.00	43.66	43.66		

Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2:

A. Irregularidad por rigidez

Tabla 21. Irregularidad por discontinuidad vertical

PISO	DIMENSIÓN			m/mi	IRREGULARIDAD
	EJE 10,12 Y 13	EJE 11	EJE 14 Y 15		
PORTICOS Y					
PISO 1	14.12	8.6	14.12	0.609	NO
PISO 2	14.12	14.12	14.12	1.642	SI
PISO 3	14.12	8.6	14.12	1.000	NO
PISO 4	14.12	8.6	14.12	1.000	NO
PISO 5	14.12	8.6	14.12	1.000	NO
PISO 6	14.12	8.6	14.12	1.000	NO
PISO 7	14.12	8.6	14.12	1.000	NO
PISO 8	14.12	8.6	8.16		
PORTICOS X	EJE C Y D	EJE E	EJE F		
PISO 1	32.66	26.70	26.86	1.000	NO
PISO 2	32.66	32.66	32.66	1.000	NO
PISO 3	32.66	26.70	32.66	1.000	NO
PISO 4	32.66	26.70	32.66	1.000	NO
PISO 5	32.66	26.70	32.66	1.000	NO
PISO 6	32.66	26.70	32.66	1.000	NO
PISO 7	32.66	26.70	32.66	1.860	SI
PISO 8	17.56	2.90	32.66		

Fuente: Elaborado por los autores

b) Selección de nivel de desempeño y nivel sísmico

• Selección del nivel de desempeño

El nivel de desempeño esperado que se seleccionó para el caso en estudio es Daño Controlado (DC), que corresponde a un estado donde puede haber ocurrido daño moderado en la estructura, sin embargo la mayoría de sus elementos estructurales se mantienen en óptimas condiciones, permitiendo garantizar la seguridad de las personas que residen y acuden a este establecimiento de salud, brindándoles una edificación segura, en especial antes, durante y después de un evento sísmico.

• Selección del nivel sísmico

El nivel sísmico que se seleccionó para la evaluación estructural del caso en estudio es el Sismo Máximo (SM), que corresponde a un movimiento de intensidad entre severos o muy severos, de muy rara ocurrencia,

generalmente asociados con un 5% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, con un período medio de retorno de aproximadamente 975 años. Se corresponde con el nivel de movimiento tradicionalmente especificado por los códigos de diseño para edificaciones esenciales y representa cerca de 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento asociado al mismo sismo de diseño tradicionalmente especificado en el código peruano, por tratarse de sismos menos frecuentes de mayor severidad.

c) Aplicación del análisis dinámico

En el bloque 1 del pabellón “Monoblock”, los pórticos principales de la estructura (en ejes 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) son paralelos a la dirección Y, estando espaciados a cada 5.8m aproximadamente, mientras que los pórticos secundarios (en ejes C, D, E, F) son paralelos a la dirección X y están espaciados a cada 5.96 y 2.2m aproximadamente.

En el bloque 2, los pórticos principales de la estructura (en ejes 10, 11, 12, 13, 14, 15) son paralelos a la dirección Y, teniendo una separación de 5.8m aproximadamente, y los pórticos secundarios (en ejes C, D, E, F) son paralelos a la dirección X, teniendo una separación de 5.96 y 2.2m aproximadamente.

Las columnas que componen la estructura del edificio en los dos bloques son de distintas secciones y reforzamientos. Las dimensiones de las columnas son variables en los distintos niveles, teniendo dimensiones desde 60x60cm en el primer nivel, hasta 40x30cm en los últimos niveles. El cuadro de columnas correspondiente a la estructura del edificio se encuentra adjunto en el anexo 4.

Las dimensiones de las vigas y sus refuerzos también son variables en los distintos niveles. Los detalles de estos elementos se encuentran en el anexo 4.

- **Metrado de cargas**

Las cargas consideradas para el metrado de cargas del edificio fueron las siguientes:

Carga muerta o permanente

- Losa aligerada de 0.30m de espesor = 0.42 tn/m²
- Peso de acabados = 0.10 tn/m²
- Peso de tabiquería = 0.39 tn/m²
- Peso propio de los elementos de concreto, considerando que el peso específico del concreto es igual a 2.40 tn/m³.

Carga viva o sobrecarga

- La sobrecarga considerada para las losas del 1° al 8° nivel es igual a:

$$S/C = 0.40 \text{ tn/m}^2$$

- La sobrecarga considerada para el último nivel es igual a :

$$S/C = 0.10 \text{ tn/m}^2$$

Por efectos del cálculo de los pesos a ser considerados en el análisis, se ha procedido según lo indica el reglamento (NTE-E030) vigente para este tipo de estructuras, en el cual todos los pisos, excepto en la azotea, se ha considerado el 100% de la carga muerta más un 50% de la carga viva. En la azotea se ha considerado el 100% de la carga muerta más el 25 % de la carga viva.

El cálculo de los pesos por cada piso de la estructura esta adjunto al anexo 3, El resumen total de los pesos por piso y el peso total de la estructura es el siguiente:

Tabla 22. Resumen del metrado de cargas total en cada piso.

PISO	PESO DE LA EDIFICACIÓN		
	CM	CV	PESO TOTAL
8.00	469.48	76.77	546.25
7.00	547.83	403.22	951.05
6.00	547.26	403.22	950.48
5.00	561.40	403.22	964.62
4.00	561.40	403.22	964.62
3.00	561.40	403.22	964.62
2.00	563.90	403.22	967.12
1.00	571.75	403.22	974.97

PESO TOTAL DE LA EDIFICACIÓN	7283.73
-------------------------------------	----------------

Fuente: Elaborado por los autores

- **Aceleración espectral**

Para cada una de las direcciones analizadas en los dos bloques se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleración definido por la Norma E.030.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

Los parámetros sismorresistentes del bloque 1 necesarios para la elaboración del espectro inelástico son los siguientes:

Tabla 23. Parámetros sismorresistentes

Factor	Descripción	Valor
Factor de zona, Z	Edificación ubicada en la ciudad de Lima, la cual corresponde a la zona 4	0.45
Factor de suelo, S	Perfil de suelo S1	1.0
Periodo T _p	Periodo en que empieza a descender el espectro de aceleración	0.4
Periodo T _I	Periodo máximo del espectro de aceleración	2.5
Factor de uso, U	Edificación destinada para un hospital, categoría A1	1.5
Factor de amplificación sísmica, C	Según periodo	
Factor de reducción de fuerzas, R	Estructura irregular porticada de concreto armado	6.48

Fuente: Elaborado por los autores

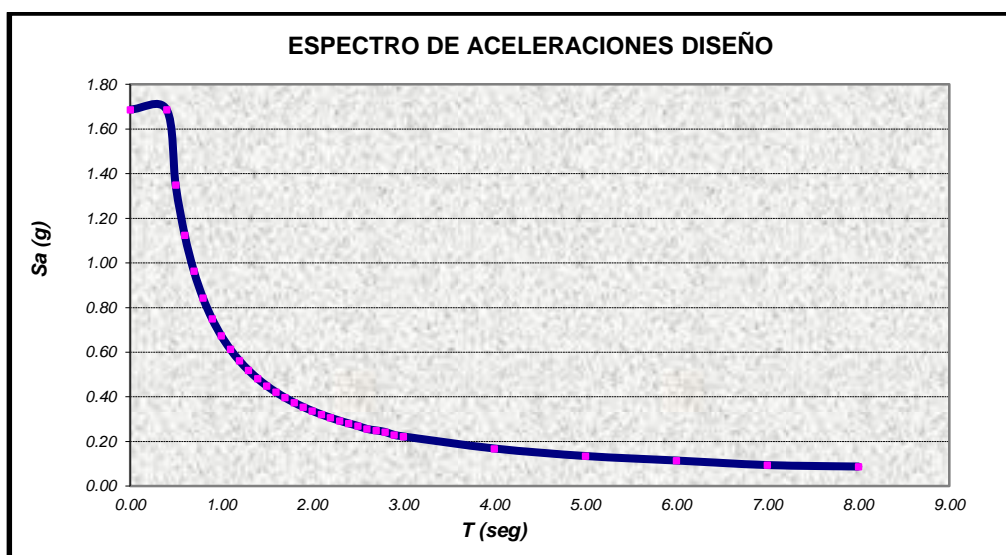


Figura 16: Espectro de pseudoaceleración del bloque 1

Fuente: Elaborado por los autores

Los parámetros sismorresistentes del bloque 2 necesarios para la elaboración del espectro inelástico son los siguientes:

Tabla 24. Parámetros sismorresistentes

Factor	Descripción	Valor
Factor de zona, Z	Edificación ubicada en la ciudad de Lima, la cual corresponde a la zona 4	0.45
Factor de suelo, S	Perfil de suelo S1	1.0
Periodo T_p	Periodo en que empieza a descender el espectro de aceleración	0.4
Periodo T_I	Periodo máximo del espectro de aceleración	2.5
Factor de uso, U	Edificación destinada para un hospital, categoría A1	1.5
Factor de amplificación sísmica, C	Según periodo	
Factor de reducción de fuerzas, R	Estructura irregular porticada de concreto armado	5.67

Fuente: Elaborado por los autores

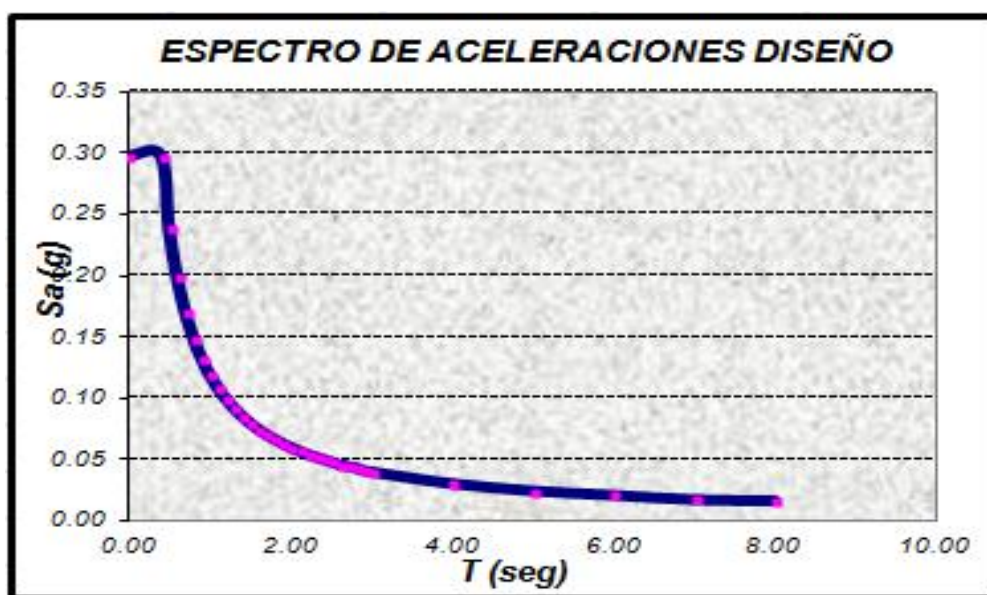


Figura 17: Espectro de pseudoaceleración del bloque 2

Fuente: Elaborado por los autores

- **Resultados del análisis dinámico**

Del análisis dinámico realizado se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla:

Bloque 1

Tabla 25. Resultados del análisis dinámico en la dirección X

PISO	PESO W (Kg)	DESPLAZ. MODO 1 ø (cm)
8	546,248.47	1
7	951,049.42	0.948878237
6	950,477.26	0.853844612
5	964,621.90	0.706402522
4	964,621.90	0.577779803
3	964,621.90	0.431974339
2	967,117.90	0.272598371
1	974,973.58	0.121281598
	7,283,732.35	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 26. Resultados del análisis dinámico en la dirección Y

PISO	PESO W (Kg)	DESPLAZ. MODO 1 ø (cm)
8	546,248.47	1
7	951,049.42	0.943845161
6	950,477.26	0.846118054
5	964,621.90	0.712316987
4	964,621.90	0.581371044
3	964,621.90	0.428738824
2	967,117.90	0.284957003
1	974,973.58	0.134602548
	7,283,732.35	

Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2

Tabla 27. Resultados del análisis dinámico en la dirección X

PISO	PESO W (Kg)	DESPLAZ. MODO 1 ϕ
8	523,373.39	1
7	756,817.00	0.8610
6	755,389.48	0.7662
5	760,537.48	0.5728
4	760,537.48	0.4318
3	760,537.48	0.2976
2	745,491.22	0.1760
1	757,405.36	0.0720
	5,820,088.91	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 28. Resultados del análisis dinámico en la dirección Y

PISO	PESO W (Kg)	DESPLAZ. MODO 1 ϕ
8	523,373.39	1
7	756,817.00	0.9181
6	755,389.48	0.8373
5	760,537.48	0.7567
4	760,537.48	0.6779
3	760,537.48	0.6016
2	745,491.22	0.5270
1	757,405.36	0.2663
	5,820,088.91	

Fuente: Elaborado por los autores

d) Aplicación del análisis estático no lineal Pushover

- Fuerzas sísmicas laterales del análisis

Para la obtención de las fuerzas sísmicas laterales en los dos bloques del pabellón "Monoblock", se realizaron los procedimientos según la Norma Técnica de Edificaciones E 0.30, las cuales fueron las siguientes:

Periodo fundamental de vibración

El sistema estructural de la edificación en estudio corresponde a un sistema porticado, por lo cual se tomará el valor del coeficiente "Ct" señalado en la tabla siguiente:

Tabla 29. Coeficiente en función al sistema estructural.

Ct	35	Aporticado
Ct	45	Dual
Ct	60	Muros Estructurales o Albañilería

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} h_n &= 26.60 \\ C_t &= 35.00 \end{aligned}$$

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

$$T = 0.76 \text{ segundos}$$

Coeficiente de amplificación

El tipo de suelo de la zona donde se encuentra ubicada la edificación en estudio corresponde a un parámetro de sitio de tipo S1 (suelos muy rígidos), por lo cual se tomarán los valores "Tp" y "Tl" señalados en la tabla siguiente:

Tabla 30. Parámetros de sitio.

Período "Tp" y "Tl"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
	(Roca Dura)	(Suelos Muy Rígidos)	(Suelos Intermedios)	(Suelos Blandos)
Tp	0.3 s	0.4 s	0.6 s	1.0 s
Tl	3.0 s	2.5 s	2.0 s	1.6 s

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

Entonces, tomando el valor del periodo anteriormente hallado, se obtiene lo siguiente:

$$T_p < T < T_I$$

$$C = 2.50x \frac{T_p}{T}$$

C=	1.32
----	------

Fuerza cortante en la base

La fuerza sísmica es la respuesta de un edificio ante la vibración producida por un sismo. La dirección en la que se puede presentar un sismo es variada y su respuesta depende de varios factores, según la Norma Técnica de Edificaciones E 0.30, el procedimiento que determina el cortante basal es la siguiente:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

Donde:

Z: Factor de zonificación sísmica

U: Factor de uso

C: Coeficiente de amplificación

S: Factor del suelo

R: Factor de reducción sísmico

P: Peso sísmico de la edificación

Factor de zonificación sísmica (Z):

Debido a que el edificio se encuentra en la ciudad de Lima y esta se localiza en la zona 4. Según la tabla 31 de la Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (NTE – E 0.30) este factor es $Z = 0.45$.

Tabla 31. Zona sísmica

Z	0.45	Zona 4
Z	0.35	Zona 3
Z	0.25	Zona 2
Z	0.10	Zona 1

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

Factor del suelo (S):

El tipo de suelo del distrito de Breña es S1 (suelo muy rígido) según Indeci, el cual lo establece en el Proyecto: “Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao”.

Según la tabla 32 de la Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (NTE – E 0.30) este factor es $S = 1.00$.

Tabla 32. Factor del suelo

SUELO \ ZONA	S ₀ (Roca Dura)	S1 (Suelos Muy Rígidos)	S2 (Suelos Intermedios)	S3 (Suelos Blandos)
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

Factor del uso (U):

Según la tabla 33 de la NTE – 0.30 los hospitales se encuentran en la categoría de edificaciones esenciales con un factor de uso $U = 1.50$.

Tabla 33. Factor del uso

U	1.00	C - Edificaciones comunes
U	1.30	B - Edificaciones Importantes
U	1.50	A - Edificaciones Esenciales

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

Factor de reducción sísmica (R):

Tabla 34. Factor de reducción sísmica

R	8.00	Aporticado CA (>80% Absorbe porticos)
R	7.00	Dual CA (<80% Absorve muros)
R	6.00	Muros Estructurales CA (>80% Absorve muros)

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E 0.30 (2014)

$$R = R_0 \cdot I_A \cdot I_P$$

$$R = 6.48$$

Sustituyendo todos los valores en la fórmula para obtener la cortante basal.

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

$$V = 998.32 \text{ ton}$$

Fuerzas sísmicas

La fuerza en cada nivel es igual al producto de la relación de masas (masa del nivel entre la masa total del edificio) y el cortante basal.

Tabla 35. Obtención de las fuerzas sísmicas del bloque 1

PISO	Hi	P (ton)	P.Hi	P.Hi (Acum)	α	Fi (Ton)
1er Piso	3.85	974.97	4,472.64	4,472.64	0.03	29.25
2do Piso	7.10	967.12	8,859.34	13,331.97	0.06	57.93
3er Piso	10.35	964.62	13,528.19	26,860.17	0.09	88.46
4to Piso	13.60	964.62	18,418.58	45,278.74	0.12	120.44
5to Piso	16.85	964.62	23,464.70	68,743.44	0.15	153.44
6to Piso	20.10	950.48	28,219.76	96,963.20	0.18	184.53
7to Piso	23.35	951.05	33,447.78	130,410.98	0.22	218.72
8to Piso	26.60	546.25	22,259.04	152,670.02	0.15	145.55

$$V = \sum Fi \quad 998.32$$

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 36. Obtención de las fuerzas sísmicas del bloque 2.

PISO	Hi	P (ton)	P.Hi	P.Hi (Acum)	α	Fi (Ton)
1er Piso	3.85	757.41	3,474.55	3,474.55	0.03	25.47
2do Piso	7.10	745.49	6,829.12	10,303.67	0.05	50.06
3er Piso	10.35	760.54	10,666.04	20,969.71	0.09	78.19
4to Piso	13.60	760.54	14,521.77	35,491.48	0.12	106.45
5to Piso	16.85	760.54	18,500.29	53,991.77	0.15	135.62
6to Piso	20.10	755.39	22,427.58	76,419.35	0.18	164.41
7to Piso	23.35	756.82	26,616.75	103,036.11	0.21	195.12
8to Piso	26.60	523.37	21,326.91	124,363.01	0.17	156.34

$$V = \sum Fi \quad 911.67$$

Fuente: Elaborado por los autores

En el bloque 2, el factor de reducción sísmica es de 5.67 ya que es un sistema estructural dual.

- **Modelo del conjunto**

Para la representación de la edificación en los análisis, se ha elaborado un modelo matemático, usando el programa ETABS 2013, el cual toma en cuenta los elementos tipo barra, para modelar las vigas y columnas, también toma en cuenta los elementos tipo área, para modelar las losas de los techos y los muros. Por último para la modelación de la estructura se consideró rótulas en los extremos de las vigas y columnas. Los pasos para el desarrollo del modelamiento y análisis de la estructura están adjuntos en el anexo 6. En la figura 18 y 19 se muestra el modelamiento de los dos bloques del caso en estudio.

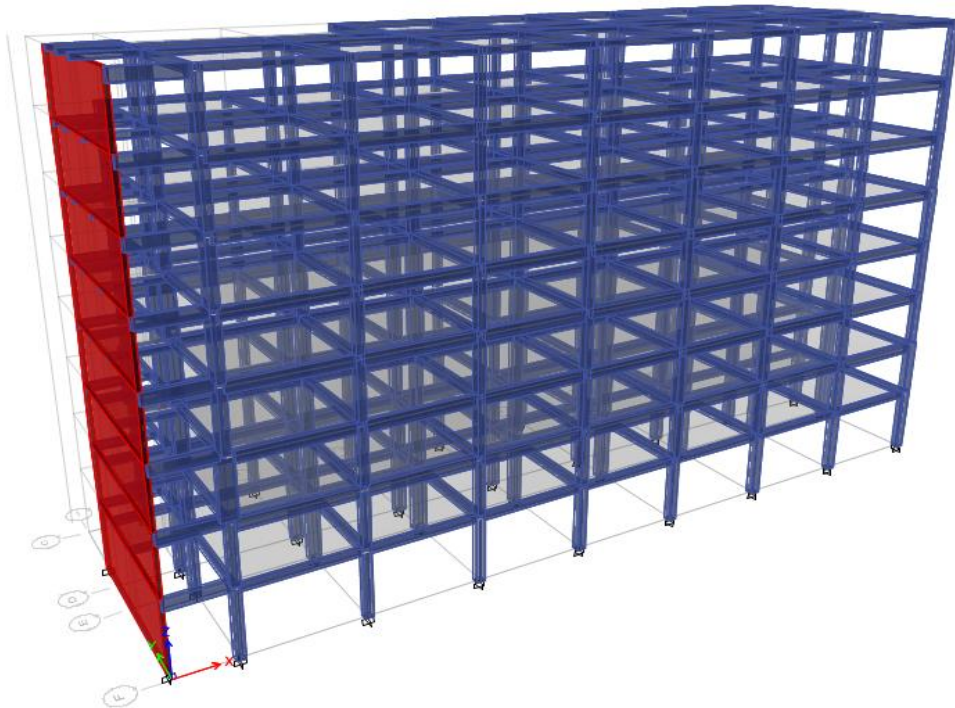


Figura 18: Modelamiento del bloque 1
Fuente: Elaborado por los autores

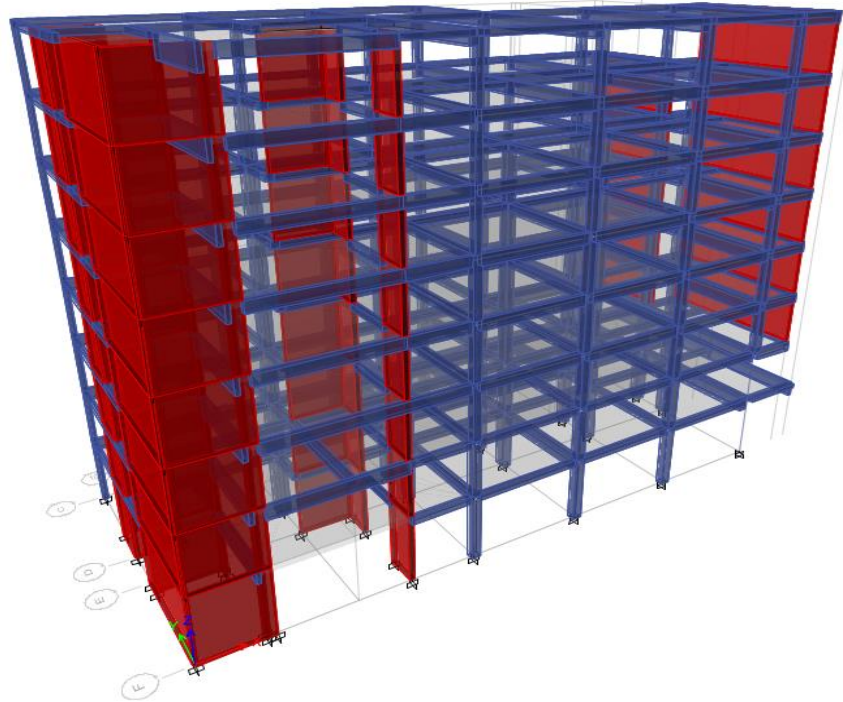


Figura 19: Modelamiento del bloque 2

Fuente: Elaborado por los autores

- **Mecanismo de progresión de rótulas y colapso**

En el bloque 1, dirección X, la primera rótula se produce en una viga del tercer piso ubicada en el eje F, con un desplazamiento de 4.63cm en el último piso. A medida que se aumenta el desplazamiento se incrementan las rótulas en las vigas, y cuando el desplazamiento en el último piso llega a 15.33 cm se forman las rótulas en algunas columnas de la estructura. Según continúa el análisis se siguen formando rótulas tanto en vigas como en columnas, cuando el desplazamiento del último piso es de 50.03 cm, la estructura llegó al desplazamiento de control que habíamos establecido, teniendo rotulas en todas las vigas y columnas.

Por otro lado en la dirección Y, la primera rótula se produce en una columna del primer piso ubicada entre los ejes E y 9, cuando el desplazamiento del primer piso es de 3.73 cm, y cuando es 35.62 cm una de las columnas del séptimo piso llega a la ruptura.

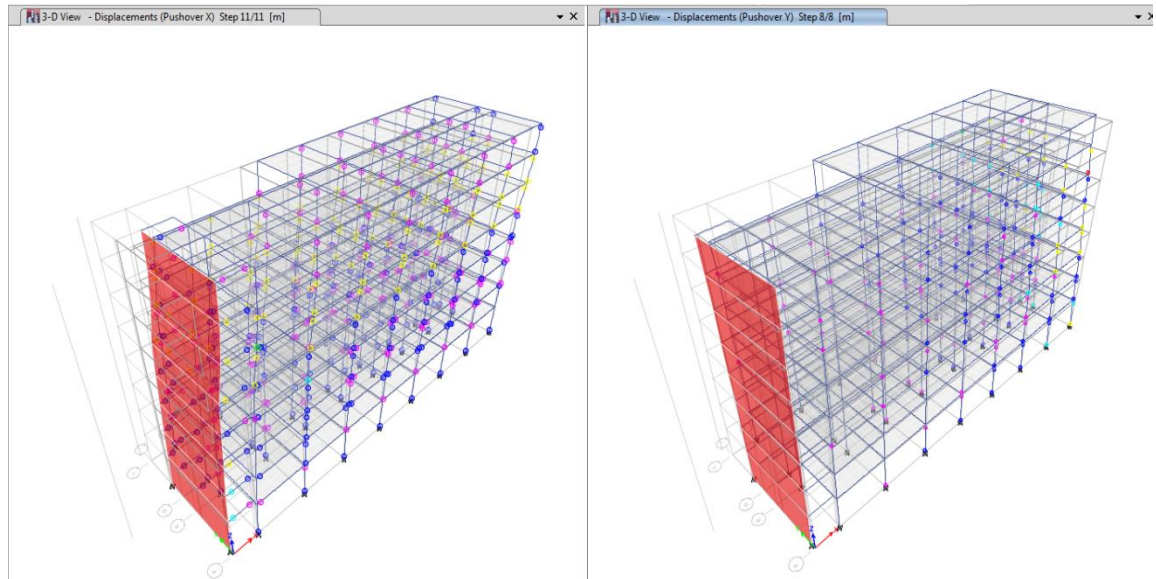


Figura 20: Formación de rótulas en vigas y columnas del bloque 1 (dirección X e Y)
Fuente: Elaborado por los autores

En el bloque 2, dirección X, las primeras rótulas se producen en una viga del tercer piso ubicada en el eje F, y en una columna del octavo piso ubicada entre el eje 11 y D, con un desplazamiento de 5.15 cm en el último piso. A medida que se aumenta el desplazamiento se incrementan las rótulas en las vigas y en las columnas, cuando el desplazamiento del último piso es de 61cm, la estructura llega al desplazamiento de control que habíamos establecido, teniendo rotulas en la mayoría de vigas y columnas.

En la dirección Y, la primera rótula se produce en una columna del octavo piso ubicada entre los ejes D y 11, cuando el desplazamiento del último piso es de 4.85 cm, y cuando es 45.62 cm la mayoría de las columnas del primer piso de la estructura aparecen rotulas plásticas.

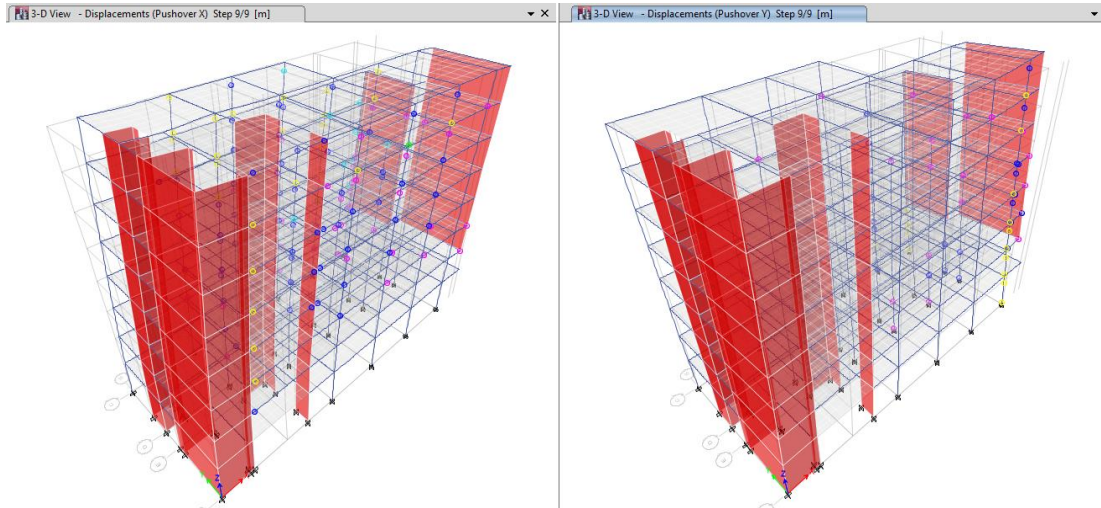


Figura 21: Formación de rótulas en vigas y columnas del bloque 2 (dirección X e Y)

Fuente: Elaborado por los autores

- **Curva de capacidad del pabellón “Monoblock”**

Al aplicar cargas incrementales en los diferentes niveles de la edificación se puede hallar la curva de capacidad de la estructura, la cual nos puede brindar valiosa información sobre el probable comportamiento de la edificación en su régimen inelástico, a continuación se muestran las curvas de capacidad de los dos bloques del pabellón “Monoblock” en ambas direcciones.

Bloque 1:

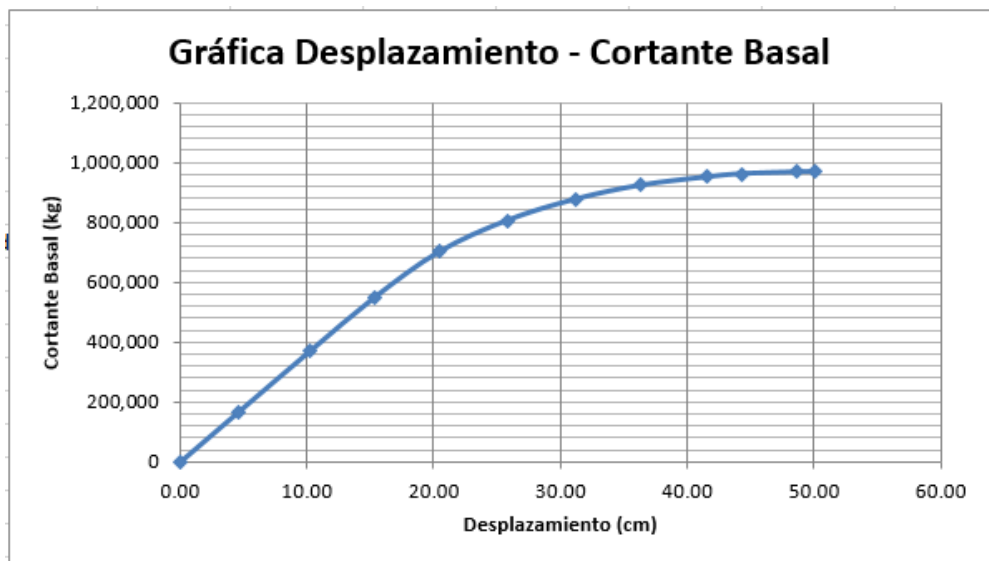


Figura 22: Curva de capacidad del bloque 1 (Dirección X)

Fuente: Elaborado por los autores

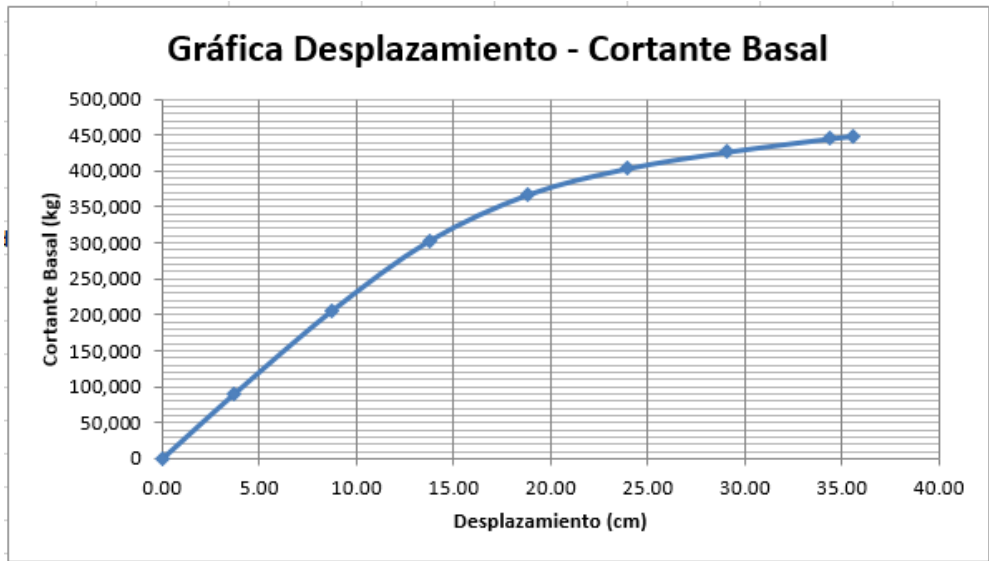


Figura 23: Curva de capacidad del bloque 1 (Dirección Y)
Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2:

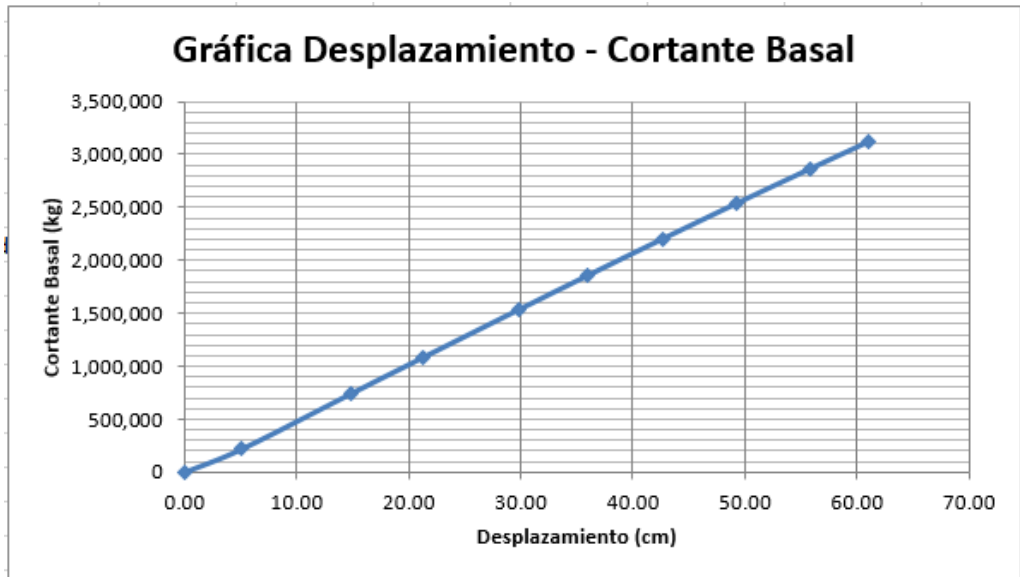


Figura 24: Curva de capacidad del bloque 2 (Dirección X)
Fuente: Elaborado por los autores

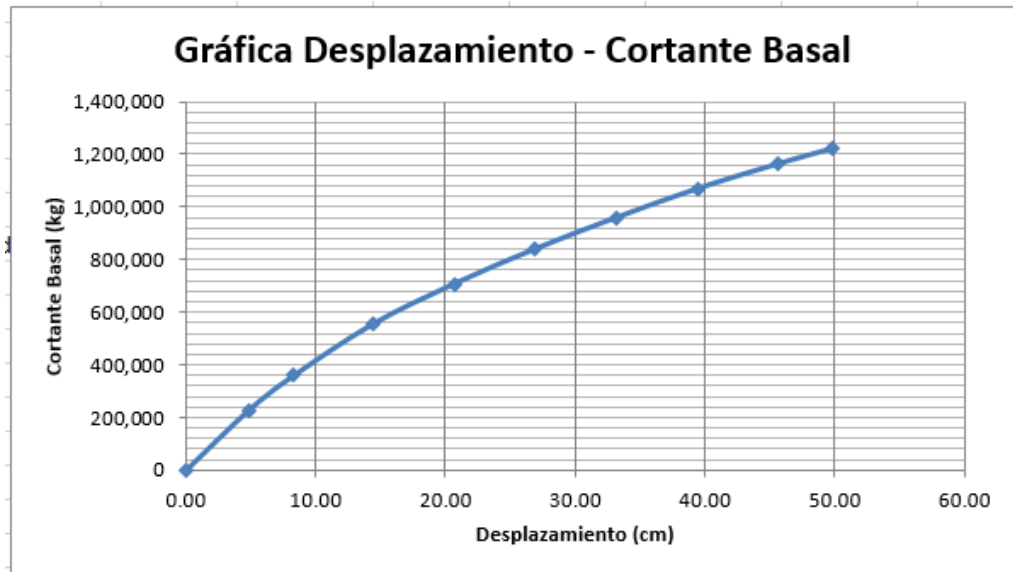


Figura 25: Curva de capacidad del bloque 2 (Dirección Y)
Fuente: Elaborado por los autores

e) Aplicación del método espectro-capacidad

- **Espectro de capacidad del pabellón “Monoblock”**

Para la obtención de los espectros de capacidad, en cada una de las direcciones de las estructuras, se determinaron con los procedimientos del método espectro-capacidad, los cuales están detallados en el anexo 3, las curvas del espectro capacidad para cada bloque son las siguientes:

Bloque 1

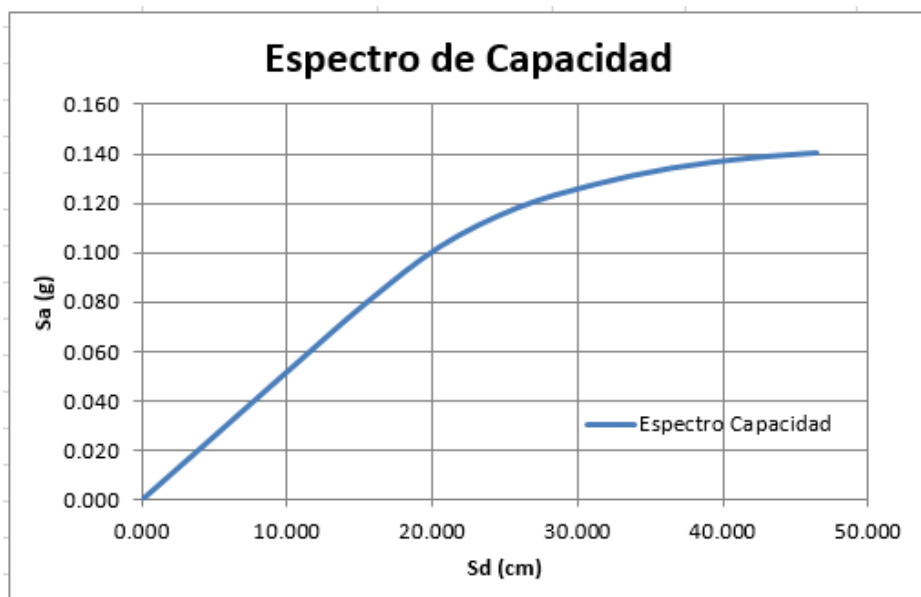


Figura 26: Espectro de capacidad del bloque 1 (Dirección X)
Fuente: Elaborado por los autores

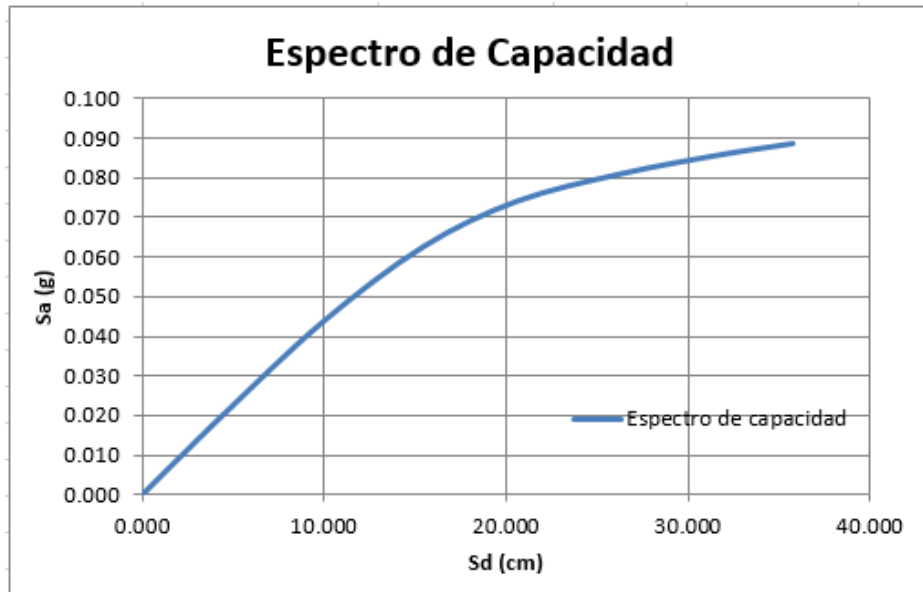


Figura 27: Espectro de capacidad del bloque 1 (Dirección Y)
Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2

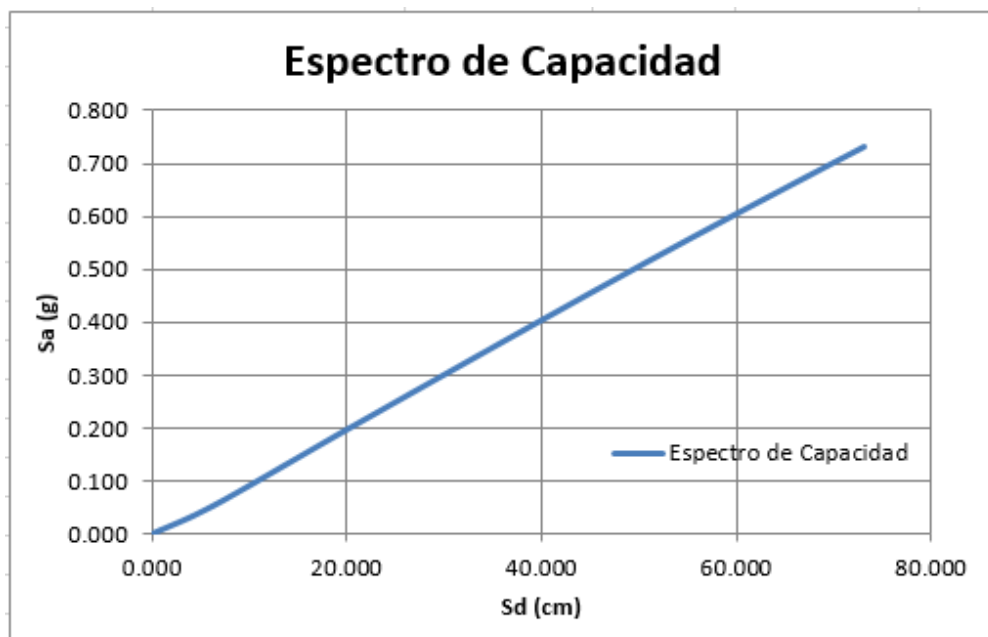


Figura 28: Espectro de capacidad del bloque 2 (Dirección X)
Fuente: Elaborado por los autores

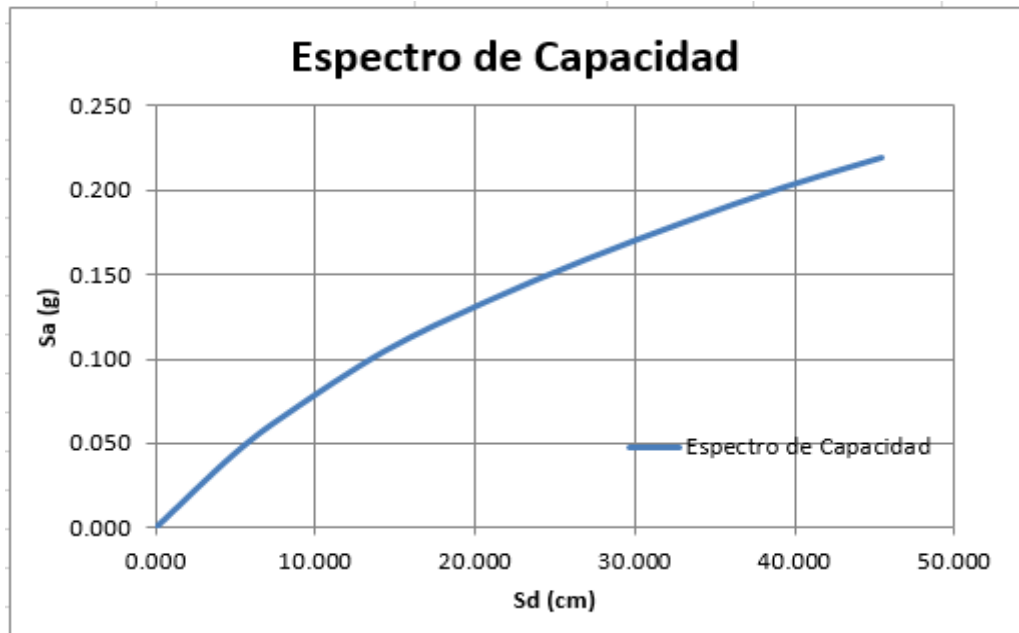


Figura 29: Espectro de capacidad del bloque 2 (Dirección Y)

Fuente: Elaborado por los autores

- **Espectro de demanda**

El espectro de demanda base es el obtenido con los parámetros dispuestos en la Norma NTE-E030, detallado en el punto C, en conjunto con los procedimientos que nos brinda la Norma ATC-40, para convertir este espectro base en un espectro máximo (sismo máximo), teniendo como desarrollo de la conversión a espectro de demanda en el anexo 3, donde se obtuvieron los siguientes resultados en cada bloque.

Bloque 1

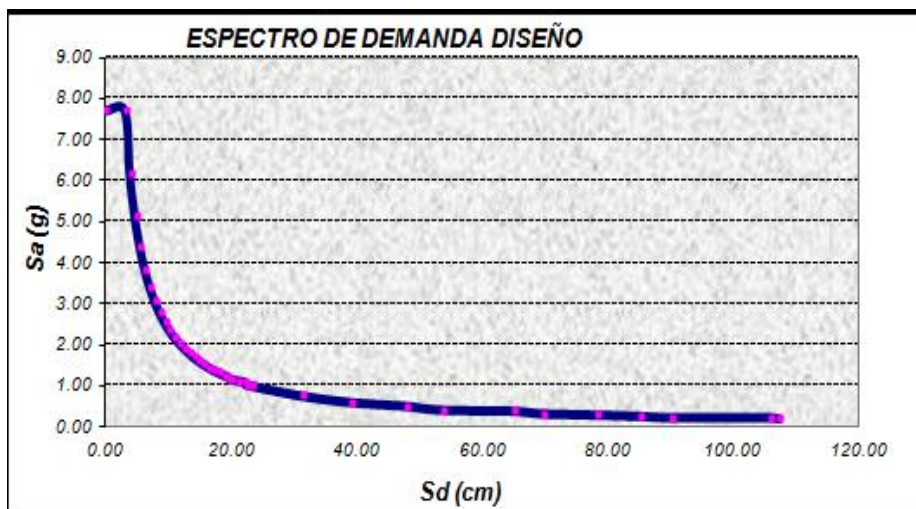


Figura 30: Espectro de demanda del bloque 1 (Dirección X)

Fuente: Elaborado por los autores

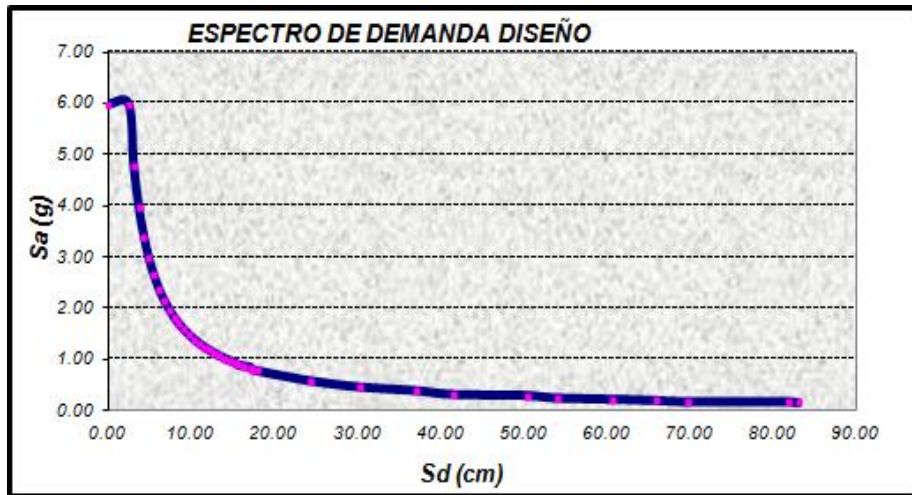


Figura 31: Espectro de demanda del bloque 1 (Dirección Y)
Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2

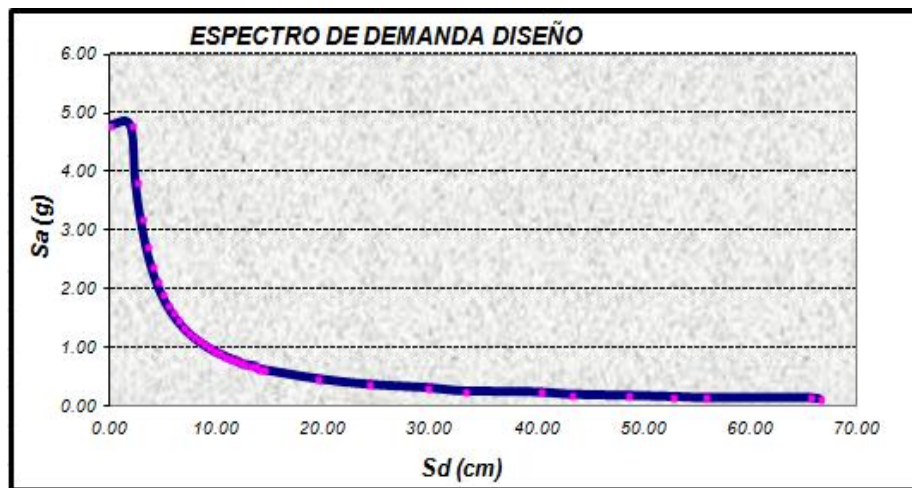


Figura 32: Espectro de demanda del bloque 2 (Dirección X)
Fuente: Elaborado por los autores

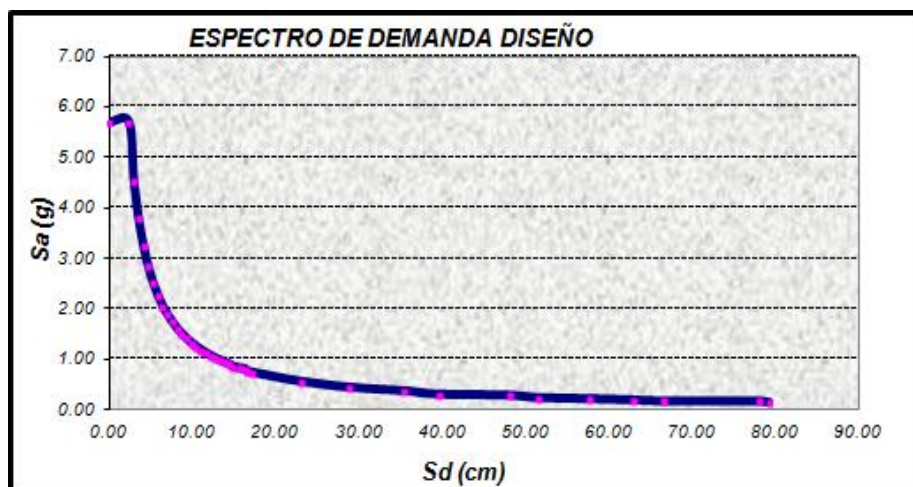


Figura 33: Espectro de demanda del bloque 2 (Dirección Y)
Fuente: Elaborado por los autores

En los espectros de demanda de los dos bloques no se ha considerado el uso del factor “R” ya que el proceso de reducción del espectro elástico se hará, en la siguiente sección, según el método de Miranda y Bertero (1994).

- **Factor de reducción espectral**

Para determinar el factor de reducción espectral según el método de Miranda y Bertero (1994), este dependerá del periodo de evaluación “T” de la estructura, el cual es de 2.02 segundos en el primer bloque y de 1.97 segundo en el segundo bloque, estos periodos son comparados con el periodo de transición entre el dominio de aceleración constante y velocidad constante “Tc = 1.25 segundos”.

$$R_{\mu} = (\mu - 1) \cdot \frac{T}{T_c} + 1 \dots \dots \dots \text{si } T < T_c$$

$$R_{\mu} = \mu \dots \dots \dots \text{si } T > T_c$$

Según los datos del periodo obtenido en el análisis, nuestro factor de reducción espectral será igual al μ (ductilidad inicial de la estructura).

Para determinar la ductilidad inicial de la estructura, se debe conocer la relación entre el desplazamiento máximo de la edificación y el desplazamiento donde la estructura inicia el rango inelástico (punto de fluencia), con ayuda de la representación bilineal de la curva de capacidad podemos obtener el punto de fluencia de la edificación.

Los factores de reducción espectral para cada bloque en ambos sentidos son los siguientes:

Tabla 37. Factores de reducción espectral

Bloque 1	
Sentido	R_{μ}
X	1.94
Y	2.51
Bloque 2	
Sentido	R_{μ}
X	2.84
Y	3.85

Fuente: Elaborado por los autores

- **Punto de desempeño**

Como resultado final del método espectro-capacidad, se obtiene el punto de desempeño de la edificación, el cual es la intersección entre las curvas del espectro de capacidad y el espectro de demanda, en las siguientes graficas se muestra los diferentes puntos de desempeño en los bloques 1 y 2.

Bloque 1

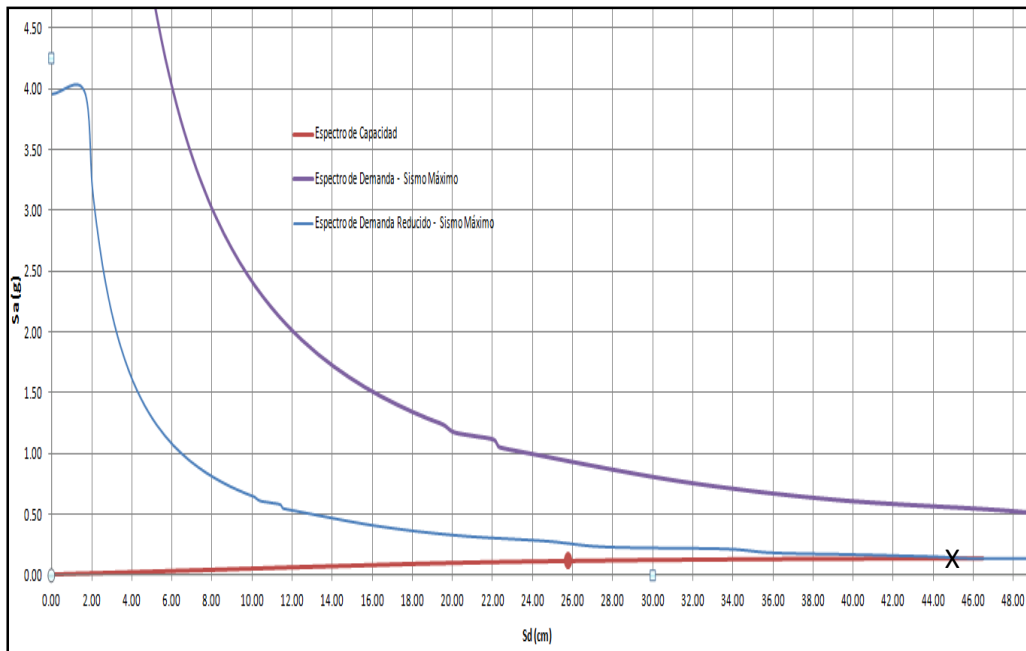


Figura 34: Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección X del bloque 1

Fuente: Elaborado por los autores

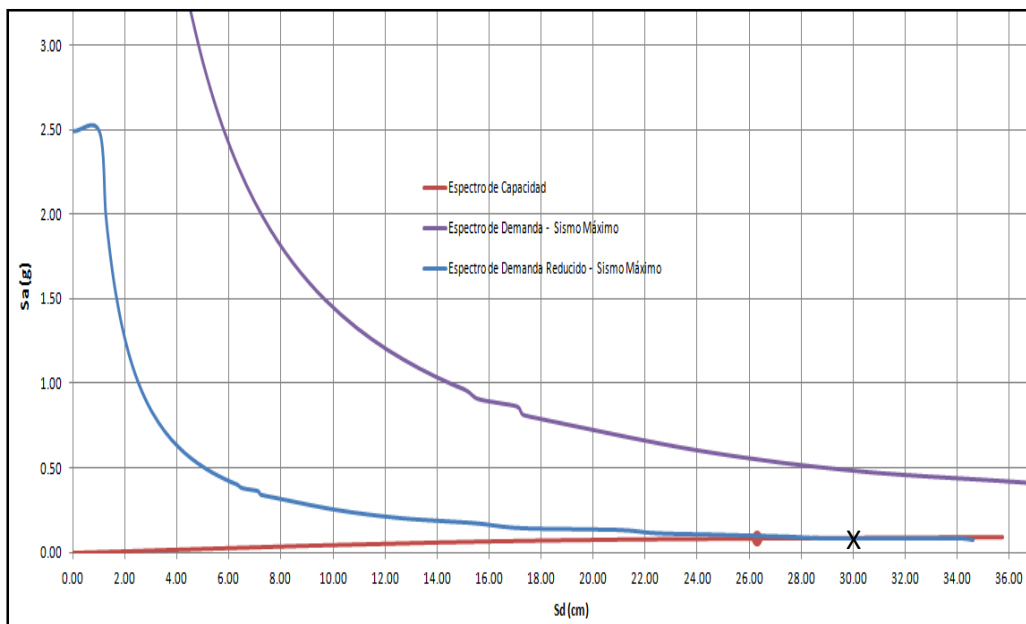


Figura 35: Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección Y del bloque 1

Fuente: Elaborado por los autores

Bloque 2

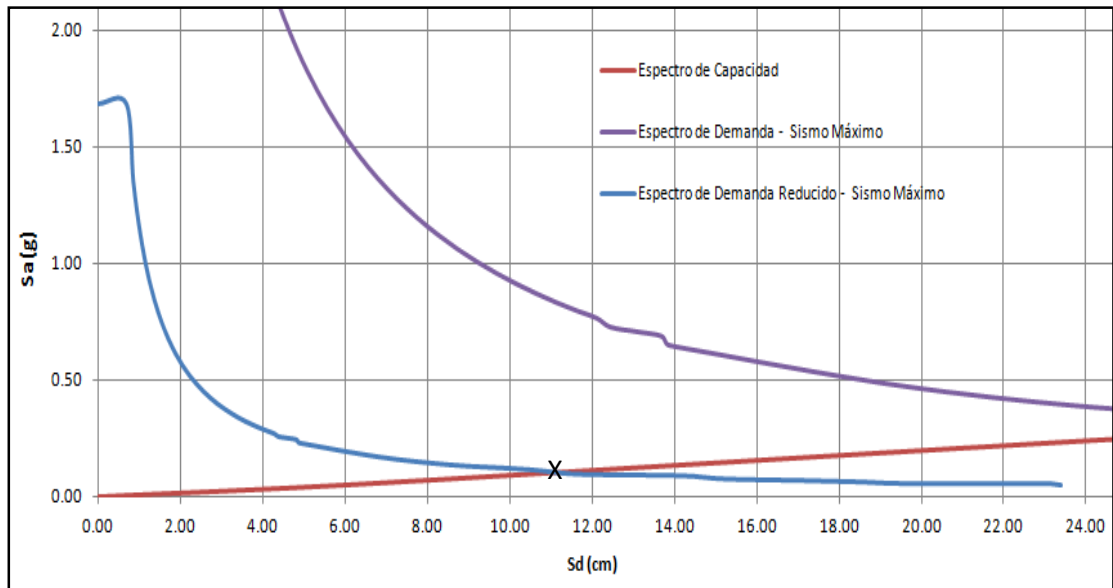


Figura 36: Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección X del bloque 2

Fuente: Elaborado por los autores

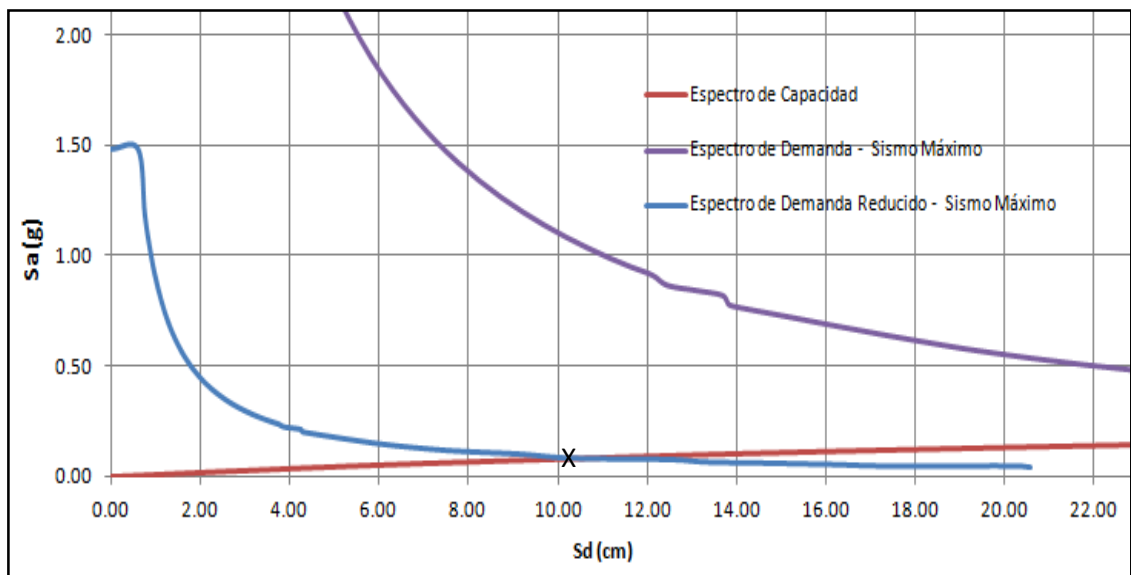


Figura 37: Ubicación del punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección Y del bloque 2

Fuente: Elaborado por los autores

En las siguientes tablas se puede apreciar, las coordenadas obtenidas de los puntos de desempeño y a su vez los niveles de desempeño de cada bloque del pabellón "Monoblock".

Bloque 1

Tabla 38. Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nivel de desempeño del bloque 1.

PISO	H (altura)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	26.6	0.45	0.61020

NIVEL	Control de Deriva	Deriva	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.005	0.02294	
Daño controlado	0.005-0.015	0.02294	
Seguridad limitada	no hay limites	0.02294	
estabilidad estructural	no hay limites	0.02294	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 39. Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nivel de desempeño del bloque1.

PISO	H (altura)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	26.6	0.3	0.40740

NIVEL	Control de deriva	Deriva	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.005	0.01532	
Daño controlado	0.005-0.015	0.01532	
Seguridad limitada	no hay limites	0.01532	
estabilidad estructural	no hay limites	0.01532	

Fuente: Elaborado por los autores

Con los datos expuestos en las tablas 38 y 39 podemos concluir que en el bloque 1 el desplazamiento en el último piso de la estructura en dirección X es de 61 cm con una deriva de 0.01532, teniendo un nivel de desempeño de seguridad limitada. De la misma manera, se puede definir el desplazamiento en el último piso de la estructura en la dirección Y, el cual es de 40.7 cm con una deriva de 0.02294, teniendo un nivel de desempeño de seguridad limitada.

Este bloque debe ser reforzado ya que el nivel de desempeño esperado debe ser de daño controlado, obteniendo una deriva de 0.007, debido a que esta es la deriva máxima propuesta por nuestra Norma NTP E030 para este tipo de edificaciones.

Bloque 2

Tabla 40. Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nivel de desempeño del bloque 2

PISO	H (altura)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	26.6	0.115	0.15617
NIVEL	Control de desplazamiento	DESPLAZAMIENTO	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.005	0.00587	
Daño controlado	0.005-0.015	0.00587	
Seguridad limitada	no hay limites	0.00587	
estabilidad estructural	no hay limites	0.00587	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 41. Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nivel de desempeño del bloque 2

PISO	H (altura)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	26.6	0.108	0.14321
NIVEL	Control de desplazamiento	DESPLAZAMIENTO	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.005	0.00538	
Daño controlado	0.005-0.015	0.00538	
Seguridad limitada	no hay limites	0.00538	
estabilidad estructural	no hay limites	0.00538	

Fuente: Elaborado por los autores

Con los datos expuestos en las tablas 40 y 41 podemos concluir que en el bloque 1 el desplazamiento en el último piso de la estructura en dirección X es de 15.6 cm con una deriva de 0.00538, teniendo un nivel de desempeño de daño controlado. De la misma manera, se puede definir el desplazamiento en el último piso de la estructura en la dirección Y, el cual es de 14.3 cm con una deriva de 0.00538, teniendo un nivel de desempeño de daño controlado.

Este bloque se encuentra en el nivel de desempeño esperado seleccionado en el ítem b), teniendo una deriva menor de 0.007.

3.4.3. Estrategias de rediseño de la edificación

a) Selección de la técnica de reforzamiento estructural

Se seleccionó de los sistemas de reforzamiento propuestos en el marco teórico, a los disipadores sísmicos tipo viscoso, ya que este sistema reduce el movimiento sísmico en la estructura, por lo tanto mejora el nivel de desempeño de la edificación, haciendo factible implementarlo, por las características de la estructura, la naturaleza de los problemas estructurales y facilidad de colocación en el proceso constructivo.

b) Factor de reducción espectral por los disipadores sísmico

Para determinar el factor de reducción espectral con disipadores sísmicos, primero se debe seleccionar una deriva objetivo, la cual fue seleccionada en el ítem b), esta es de 0.007.

Posteriormente se utiliza la siguiente fórmula:

$$B = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva Objetivo}}$$

Donde:

B = Factor de reducción espectral por disipadores sísmicos

Deriva Máxima = Deriva del último piso de la estructura.

Deriva Objetivo = Deriva esperada del último piso de la estructura

En el bloque 1 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 42. Resultados bloque 1 con disipadores de energía

	Dirección X	Dirección Y
B	3.27	2.19
Deriva Máxima	0.0229	0.01532
Deriva Objetivo	0.007	0.007

Fuente: Elaborado por los autores

c) Nivel de desempeño esperado

Como resultado de la reducción espectral debido a los disipadores sísmicos, el bloque 1 presenta nuevos puntos de desempeño en ambas direcciones:

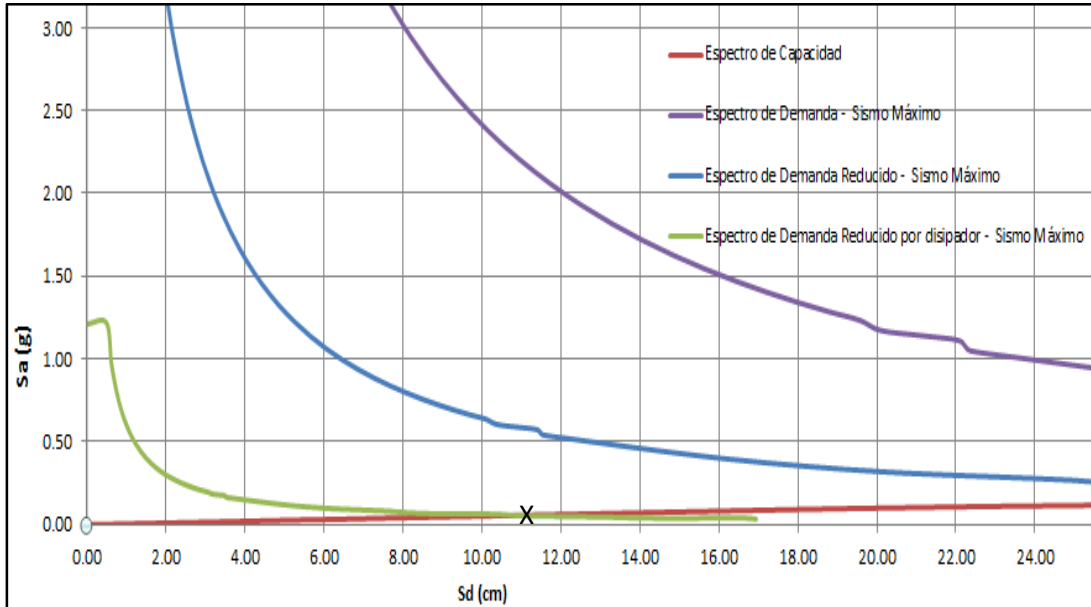


Figura 38: Ubicación del nuevo punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección X del bloque 1

Fuente: Elaborado por los autores

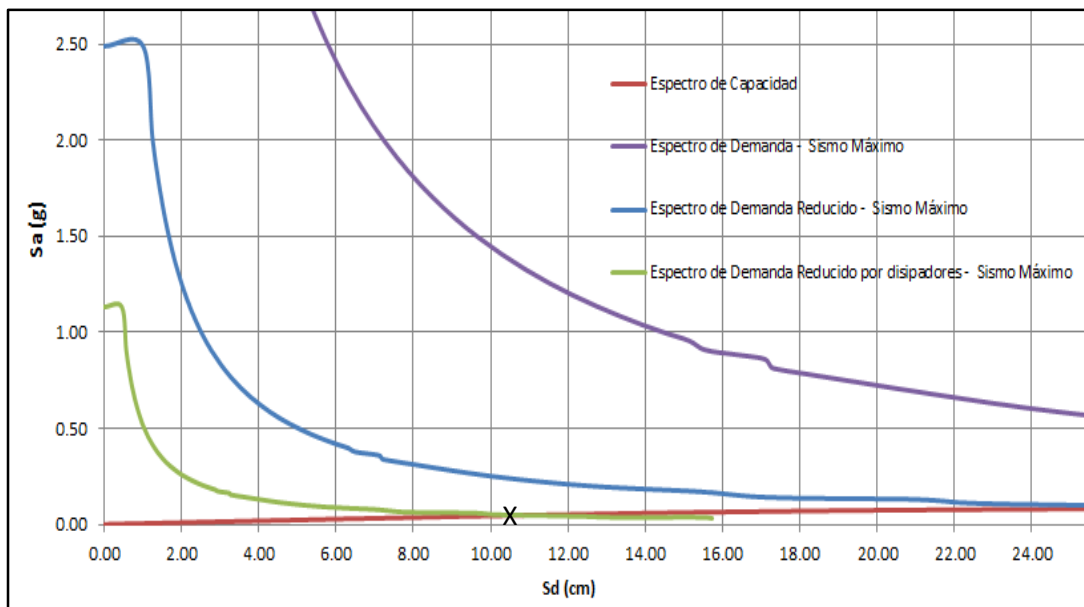


Figura 39: Ubicación del nuevo punto de desempeño en coordenadas espectrales en la dirección Y del bloque 1

Fuente: Elaborado por los autores

En las siguientes tablas se puede apreciar, las coordenadas obtenidas de los nuevos puntos de desempeño y a su vez los nuevos niveles de desempeño del bloque 1 en ambas direcciones.

Bloque 1

Tabla 43. Resumen de resultados en la dirección X para obtener el nuevo nivel de desempeño del bloque 1

PISO	H (altura)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	26.6	0.118	0.16024
NIVEL	Control de desplazamiento	DESPLAZAMIENTO	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.005	0.00602	
Daño controlado	0.005-0.015	0.00602	
Seguridad limitada	no hay limites	0.00602	
estabilidad estructural	no hay limites	0.00602	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 44. Resumen de resultados en la dirección Y para obtener el nuevo nivel de desempeño del bloque 1

PISO	Hi (altura de piso)	Sd (m)	DESPLAZAMIENTO
8	3.25	0.108	0.15
NIVEL	Control de desplazamiento	DESPLAZAMIENTO	Nivel de desempeño
Ocupacional	0.133	0.0055	
Daño controlado	0.133-0.399	0.0055	
Seguridad limitada	no hay limites	0.0055	
estabilidad estructural	no hay limites	0.0055	

Fuente: Elaborado por los autores

Con los datos expuestos en las tablas 41 y 42 podemos concluir que en el bloque 1 el desplazamiento en el último piso de la estructura en dirección X es de 16 cm con una deriva de 0.006, teniendo un nivel de desempeño de daño controlado. De la misma manera, se puede definir el desplazamiento

en el último piso de la estructura en la dirección Y, el cual es de 15 cm con una deriva de 0.0055, teniendo un nivel de desempeño de daño controlado.

Se concluye que la edificación cumple con el nivel de desempeño esperado para el tipo de edificación del caso en estudio, y también cumple con el control de deriva de la Norma Técnica Peruana E030 (2014).

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

4.1. Discusión

En el proceso de la obtención del punto de desempeño, se necesitó la aplicación del método de Miranda y Bertero como complemento a la metodología de la Norma ATC-40, para determinar el factor de reducción espectral, ya que el método que proporciona la Norma ATC-40, que está dado en términos de amortiguamiento efectivo aproximado (el cual se calcula basándose en la forma de la curva de capacidad), no es posible aplicarlo con los resultados obtenidos del caso en estudio, y que están relacionados con este factor como la curva de capacidad y espectro de demanda, mientras que el método de Miranda y Bertero propone factores de reducción que dependerán del periodo de evaluación "T", haciendo a esta última más factible para la determinación del factor de reducción.

Con relación a una evaluación sísmica integral se debe tomar en cuenta el análisis de los elementos estructurales y no estructurales para obtener la funcionalidad global del edificio, sin embargo la presente investigación estableció evaluar a la edificación del caso estudio estructuralmente, ya que se tomó en cuenta la información obtenida, como los planos estructurales de la edificación, el factor tiempo y la no disponibilidad del acceso a áreas restringidas del hospital.

Para la evaluación y rediseño del caso en estudio, se determinó utilizar como herramienta a la Norma ATC-40, ya que brinda los procedimientos y controles para determinar el nivel de desempeño ante un sismo establecido de una edificación existente; a diferencia de la Norma Técnica de Edificaciones E.030 (2014) la cual establece que para realizar un evaluación de una edificación existente, se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados por la misma. Además la NTE-E.030 (2014) no define niveles de desempeño en demanda (sismos) y capacidad (desempeño en nivel de inmediata ocupación, daño controlado, seguridad limitada, seguridad y estabilidad estructural).

De la metodología brindada por la Norma ATC-40 para la presente investigación, se determinó que el estado de operatividad actual del bloque 2 es daño controlado, donde este resultado superó la expectativa del desempeño actual esperado, ya que tomando en cuenta previamente las características de los materiales, la composición de los elementos estructurales, el sistema estructural de la edificación y las irregularidades, se pronosticó que el caso en estudio no tendría un adecuado desempeño estructural como seguridad limitada o estabilidad estructural.

En el proceso de estrategias de rediseño del pabellón “Monoblock”, se escogió de los sistemas de reforzamiento propuestos en el marco teórico, a los disipadores sísmicos tipo viscoso, ya que este sistema mejora de manera eficiente el desempeño estructural actual del caso en estudio, reduciendo el desplazamiento máximo en 41 cm (dirección X), y 26 cm (dirección Y), además hace factible implementarlo en la edificación, por las características de la estructura, la naturaleza de los problemas estructurales y facilidad de colocación en el proceso constructivo.

Para la evaluación estructural del caso en estudio, se determinó aplicar el análisis Pushover propuesto en el marco teórico, ya que este método permite definir la respuesta no lineal de la estructura, y la secuencia en la que se generarían los posibles daños bajo un movimiento sísmico de gran magnitud, que lleve el comportamiento de la estructura a un rango no lineal, porque optimiza tiempo y recursos en la obtención de resultados, permitiendo obtener resultados con alto grado de precisión, relativamente en corto tiempo.

CONCLUSIONES

- Del procedimiento de determinación de la operatividad del pabellón “Monoblock”, se determinó que el primer bloque tiene como desplazamiento máximo en la dirección X 61 cm y en la dirección Y 40.7 cm, que representa un nivel de desempeño de seguridad limitada, y respecto al segundo bloque presenta como desplazamiento máximo en la dirección X 15.6 cm y en la dirección Y 14.3 cm, que representa un nivel de desempeño de daño controlado.
- Con relación al procedimiento de estrategia de rediseño del pabellón “Monoblock”, se concluye que implementando disipadores de energía de tipo viscoso en el primer bloque, se reduce los desplazamientos máximos en 45 cm (dirección X), y 25.7 cm (dirección Y), mejorando el nivel de desempeño de la edificación de Seguridad limitada a Daño controlado, y respecto al segundo bloque se determinó que presenta un nivel de desempeño adecuado para su categoría de edificación (hospital) ante un sismo máximo, por lo cual no se planteó una técnica de reforzamiento.
- Del planteamiento de la propuesta de reforzamiento para la presente investigación, se estableció que la implementación de disipadores de energía de tipo viscoso en el primer bloque debe realizarse, para que presente un adecuado nivel de desempeño estructural ante la ocurrencia de un sismo severo, ya que de lo contrario la edificación está expuesta a presentar daños significativos en su estructura, poniendo en riesgo la vida de los ocupantes de la edificación. Es de obligatorio cumplimiento para las autoridades del sector.
- Con respecto a la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC - 40, desde los objetivos de rendimiento, se concluye que se puede mejorar el nivel del desempeño estructural tomando en cuenta la selección del nivel de desempeño esperado de la edificación y los diferentes niveles sísmicos. Además, se determinó que el 100 por ciento de la aplicación de

los objetivos de rendimiento no se aplicaron en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

- Con relación a la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC – 40, desde la determinación de deficiencias, se concluye que se puede mejorar el nivel del desempeño estructural identificando las irregularidades de la estructura y determinando el estado de operatividad de la edificación. Además, se determinó que el 100 por ciento de la aplicación de la determinación de deficiencias no se aplicaron en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.
- En la aplicación de los procedimientos de la Norma ATC – 40, desde las estrategias de rediseño, se concluye que se puede mejorar el nivel del desempeño estructural determinando la estrategia de solución, aplicando el análisis estático no lineal, el método espectro – capacidad, identificando las fallas globales, verificando si la edificación cumple con el nivel de desempeño esperado y planteando un alternativa de reforzamiento estructural efectiva. Además, se determinó que el 14 por ciento de la aplicación de las estrategias de rediseño sí se aplicó en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.
- De la investigación se concluye que sí se aplicó el 9 por ciento de los procedimientos de la Norma ATC-40, con lo cual se puede mejorar el nivel de desempeño estructural aplicando los objetivos de rendimiento, determinación de deficiencias y estrategias de rediseño en la evaluación estructural del pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño.

RECOMENDACIONES

- Para lograr una adecuada implementación de la propuesta de reforzamiento basada en disipadores sísmicos tipo viscoso, se requiere contratar a empresas especializadas en asesoramiento, capacitación y suministro de productos antisísmicos en el Perú.
- Para asegurar la continua funcionalidad de una edificación, que sirve como infraestructura de un hospital, se sugiere, llevar a cabo una evaluación integral que considere el comportamiento de los elementos no estructurales como tabiquería y equipos, que no han sido incluidos en este estudio por no ser parte de los alcances establecidos.
- Para determinar el factor de reducción espectral, se debe aplicar el método de Miranda y Bertero, utilizando las fórmulas que establece el método según el periodo fundamental de la edificación, que se define como el tiempo que este se demora en completar un ciclo de vibración (que es el recorrido completo que realiza la edificación desde su posición inicial hasta el mismo punto).
- Para facilitar la realización de modelos tridimensionales utilizando el programa ETABS, se sugiere analizar e interpretar el proceso lógico de pasos que se especifican en la guía propuesta en la presente investigación, para lograr familiarizarse mejor con el programa utilizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Aguiar, R. (2008)**, Análisis Sísmico por Desempeño, Centro de Investigaciones Científicas. Quito - Ecuador.
2. **American Society of Civil Engineers (1997)**, NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 273). Washington - Estados Unidos.
3. **Applied Technology Council (1996)**, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (Vol 1. ATC-40). California - Estados Unidos.
4. **Chávez Trigoso, J., Meléndez Gómez, M., Sinchi Puclla, S. Y Hurtado Anampa, E. (2013)**, Análisis estático no lineal de una estructura porticada esencial (Proyecto de Diplomado de Ingeniería Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú.
5. **Eu-India Economic Cross Cultural Program (2006)**, Guidelines for the conservation of Historical masonry structure in seismic areas.
6. **Fajardo Galliani, C. (2012)**, Evaluación Estructural de una de las Edificaciones del Hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el Método del Espectro de Capacidad (Tesis para obtener el título de ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.
7. **Guevara Morales, N., Osorio Rodríguez, S. y Arturo Vargas, E. (2006)**, Evaluación de la Capacidad Estructural del Edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura, Utilizando Análisis Estático No Lineal (Pushover) (Tesis para obtener el título de ingeniero Civil). Universidad del Salvador, El Salvador.
8. **Icomos (2003)**, Principios para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico.
9. **Indeci (2009)**, Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao, Lima – Perú.

10. **Laurencó, P y Peña, F. (2012)**, Criterios para el Refuerzo Antisísmico de Estructuras Históricas, (Revista de Ingeniería Antisísmica N°87, pág. 47-66), España.
11. **López Menjívar, M. (2004)**, A review of existing pushover methods for 2-d. Reinforced concrete buildings (Tesis para obtener el título de doctor en ingeniería sísmica). Università degli Studi di Pavia, Italia.
12. **Ministerio de Salud. (1935)**, Dirección General de infraestructura de equipamiento y mantenimiento.
13. **Miranda, E. y Bertero, V. (1994)**, Evaluation of Strength Reduction Factors for Earthquake-Resistant Design, Vol 10. Estados Unidos.
14. **Moreno Gonzáles, R. (2006)**, Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal: Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona (Tesis para obtener el título de doctor en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural). Universidad Politécnica de Cataluña, España.
15. **NTE - 0.30 (2006)**, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 0.30 (Sismo resistencia), Perú.
16. **Portillo Williams, Y., Rodríguez Martínez, J. Y Martínez Soto, C. (2011)**, Introducción al diseño de marcos de concreto reforzados, por el Método de Análisis Estático no lineal (Pushover), utilizando un software especializado (Tesis para obtener el título de ingeniero Civil). Universidad del Salvador, El Salvador.
17. **Safina M. (2003)**, Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico, España.
18. **Soto Barraza, E. (2008)**, Rehabilitación de estructuras de concreto (Tesis para obtener el título de ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

19. **Torrealva D. (2012)**, Evolución de las Normas sísmicas peruanas y el diseño sismo resistente, Lima.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: DESEMPEÑO ESTRUCTURAL APLICANDO LA NORMA ATC - 40 PARA EL REFORZAMIENTO DEL PABELLÓN "MONOBLOCK" DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DEL NIÑO.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Objetivos de Rendimiento	* Selección del nivel de desempeño. * Uso de niveles sísmicos.	1. Tipo de la investigación Aplicativa - Mixta - Descriptiva 2. Nivel de la investigación Descriptivo 3. Diseño de investigación Experimental - Prospectivo - Longitudinal 4. Caso de la investigación Pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño 5. Técnica de investigación Estadística Descriptiva 6. Instrumento de Recolección de Datos Cuestionario semiestructurado cerrado con valores dicotómicos 7. Procesamiento y Análisis de los Datos Formatos, gráficos y tablas en Ms Excel
¿Cómo la Norma ATC- 40, aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?	Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño	Al aplicar la Norma ATC-40, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se puede mejorar el nivel de desempeño estructural en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño		Determinación de Deficiencias	* Identificación de irregularidades estructurales. * Identificación del estado de operatividad del edificio.	
Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Norma ATC-40	* Determinación de la estrategia de solución. * Aplicación del análisis estático pushover. * Aplicación del método espectro - capacidad. * Identificación de las fallas estructurales local y global. * Verificación del nivel de desempeño esperado. * Alternativa de reforzamiento estructural.	
¿Cómo la Norma ATC- 40, desde la selección del objetivo de rendimiento , aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?	Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde la selección del objetivo de rendimiento , en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño	Al aplicar la Norma ATC-40, desde la selección del objetivo de rendimiento , para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se puede mejorar el nivel de desempeño estructural en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño		Estrategias de Rediseño		
¿Cómo la Norma ATC- 40, desde el proceso de determinación de deficiencias , aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?	Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde el proceso de determinación de deficiencias , en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño	Al aplicar la Norma ATC-40, desde el proceso de determinación de deficiencias , para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se puede mejorar el nivel de desempeño estructural en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño	Desempeño estructural	Determinación de la Operatividad del edificio	* Irregularidad en planta. * Irregularidad en altura. * Curva de Capacidad estructural de la edificación. * Punto de Desempeño de la edificación.	
¿Cómo la Norma ATC- 40, desde las estrategias de rediseño , aporta en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural del pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño?	Determinar el aporte de la Norma ATC- 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, desde las estrategias de rediseño , en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño	Al aplicar la Norma ATC-40, desde las estrategias de rediseño , para plantear un adecuado sistema de reforzamiento, se puede mejorar el nivel de desempeño estructural en el pabellón "Monoblock" del Instituto Nacional de Salud del Niño		Estrategias de Rediseño de la edificación	* Curva de Capacidad estructural de la edificación. * Reforzamiento Estructural. * Punto de Desempeño esperado de la edificación. * Nivel de Desempeño esperado de la edificación.	

Anexo 2: Cuestionario

CUESTIONARIO AUTOAPLICADO

Objetivo de rendimiento

1. ¿Se seleccionó el nivel de desempeño esperado de la edificación?

SI ()

NO (X)

2. ¿Se tomó en cuenta los diferentes niveles sísmicos?

SI ()

NO (X)

Determinación de deficiencias

3. ¿Se identificó las irregularidades estructurales de la edificación?

SI ()

NO (X)

4. ¿Se determinó el estado de operatividad de la edificación?

SI ()

NO (X)

Estrategias de rediseño

5. ¿Se determinó la estrategia de solución para el caso en estudio?

SI ()

NO (X)

6. ¿Se aplicó el análisis estático no lineal Pushover en la evaluación estructural de la edificación?

SI ()

NO (X)

7. ¿Se aplicó el método espectro - capacidad en la evaluación estructural de la edificación?

SI ()

NO (X)

8. ¿Se identificó las fallas estructurales locales de la edificación?

SI (X)

NO ()

9. ¿Se identificó las fallas estructurales globales de la edificación?

SI ()

NO (X)

10. ¿Se verificó si la edificación cumple con el nivel de desempeño esperado?

SI ()

NO (X)

11. ¿Se planteó una alternativa de reforzamiento estructural efectiva que mejore las deficiencias de la edificación?

SI ()

NO (X)

Anexo 3: Memoria de cálculo

Metrado de Cargas

Cálculo del peso total de la estructura.

A. Carga muerta:

- **Vigas, columnas y placas:**

$$\text{Carga Muerta} = \text{Peso} \times \text{Volumen}$$

$$CM = P \times (\text{largo} \cdot \text{ancho} \cdot \text{alto})$$

- **Losas (1S):**

$$\text{Carga Muerta} = \text{Peso} \times \text{Área}$$

$$CM = P \times (\text{largo} \cdot \text{ancho})$$

B. Carga viva:

$$\text{Carga Viva} = \text{Peso} \times \text{Área}$$

$$CV = P \times (\text{largo} \cdot \text{ancho})$$

C. Sobrecarga:

$$\text{Sobrecarga} = \text{Peso} \times \text{Área}$$

$$SC = P \times (\text{largo} \cdot \text{ancho})$$

Tabla 1. Metrado de cargas total en el piso 8.

PISO 8°	N° VECES	PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	1.00	2.40	5.96	5.96	0.30	25.58
LOSA ALIGERADA (2S)	11.00	2.40	5.96	5.80	0.30	273.78
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.90	2.20		2.68
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C'-D)	1.00	2.40	2.00	0.40	0.25	0.48
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 2 (E-F)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.25	1.43
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.50	0.40	1.06
EJE 3 (E-F)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE 4 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C (4-9)	5.00	2.40	5.80	0.30	0.40	8.35
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.30	0.52
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.30	0.40	1.72
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.30	0.40	10.02
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE E (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.30	0.40	1.72
EJE E (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.30	0.40	10.02
EJE F (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.60	1.04
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.30	0.40	1.72
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.30	0.40	10.02
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 4-9	6.00	2.40	3.25	0.40	0.30	5.62
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.25	0.40	0.30	7.49
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.25	0.40	0.40	6.24
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.25	0.30	0.40	2.81
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.30	6.55
PLACA	1.00	2.40	3.25	9.66	0.20	15.07
					C.M	469.48
S/C Hospital (CV)		0.10		511.82	0.5	25.59
S/C Hospital (Sd)		0.10		511.82		51.18
					C.V	76.77
				PESO DE SERVICIO		546.25

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 2. Metrado de cargas total en el piso 7.

PISO 7°		PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	2.00	2.40	5.96	5.96	0.30	51.15
LOSA ALIGERADA (2S)	12.00	2.40	5.96	5.80	0.30	298.67
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	3.05	2.90		3.71
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 3 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 4 (C-D)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.30	1.72
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 4 (E-F)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.30	3.43
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.20	0.40	0.56
EJE C (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.50	0.30	2.15
EJE C (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.50	0.30	12.53
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE E (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE E (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE F (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.60	1.04
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 4-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.30	6.55
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.25	0.40	0.40	9.98
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.25	0.40	0.50	7.80
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.25	0.40	0.40	3.74
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.30	6.55
PLACA	1.00	2.40	3.25	9.66	0.20	15.07
					C.M	547.83
S/C Hospital (CV)		0.40		584.38	0.5	116.88
S/C Hospital (Sd)		0.49		584.38		286.34
					C.V	403.22
				PESO DE SERVICIO		951.05

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 3. Metrado de cargas total en el piso 6.

PISO 6°		PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	2.00	2.40	5.96	5.96	0.30	51.15
LOSA ALIGERADA (2S)	12.00	2.40	5.96	5.80	0.30	298.67
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	3.05	2.90		3.71
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 3 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 4 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.30	3.43
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.30	3.43
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.20	0.40	0.56
EJE C (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE C (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE E (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE E (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE F (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.60	1.04
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 4-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.30	6.55
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.25	0.40	0.40	9.98
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.25	0.40	0.50	7.80
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.25	0.40	0.40	3.74
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.30	6.55
PLACA	1.00	2.40	3.25	9.66	0.20	15.07
					C.M	547.26
S/C Hospital (CV)		0.40		584.38	0.5	116.88
S/C Hospital (Sd)		0.49		584.38		286.34
					C.V	403.22
				PESO DE SERVICIO		950.48

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4. Metrado de cargas total en el piso 3, 4 y 5.

PISO 3° AL 5°		PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	2.00	2.40	5.96	5.96	0.30	51.15
LOSA ALIGERADA (2S)	12.00	2.40	5.96	5.80	0.30	298.67
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	3.05	2.90		3.71
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 3 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 4 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.20	0.40	0.56
EJE C (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE C (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.40	8.74
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.25	0.40	0.55	13.73
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.25	0.40	0.65	10.14
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.25	0.40	0.55	5.15
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.80	2.50
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.40	8.74
PLACA	1.00	2.40	3.25	9.66	0.20	15.07
					C.M	561.40
S/C Hospital (CV)		0.40		584.38	0.5	116.88
S/C Hospital (Sd)		0.49		584.38		286.34
					C.V	403.22
				PESO DE SERVICIO		964.62

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 5. Metrado de cargas total en el piso 2.

PISO 2°		PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	2.00	2.40	5.96	5.96	0.30	51.15
LOSA ALIGERADA (2S)	12.00	2.40	5.96	5.80	0.30	298.67
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	3.05	2.90		3.71
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 3 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 4 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.20	0.40	0.56
EJE C (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE C (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE E (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE E (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE F (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.60	1.04
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.45	1.40
EJE 4-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.45	9.83
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.25	0.40	0.60	14.98
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.25	0.40	0.70	10.92
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.25	0.40	0.60	5.62
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.25	0.40	0.45	1.40
EJE 3-9	7.00	2.40	3.25	0.40	0.45	9.83
PLACA	1.00	2.40	3.25	9.66	0.20	15.07
					C.M	563.90
S/C Hospital (CV)		0.40		584.38	0.5	116.88
S/C Hospital (Sd)		0.49		584.38		286.34
					C.V	403.22
					PESO DE SERVICIO	967.12

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 6. Metrado de cargas total en el piso 1.

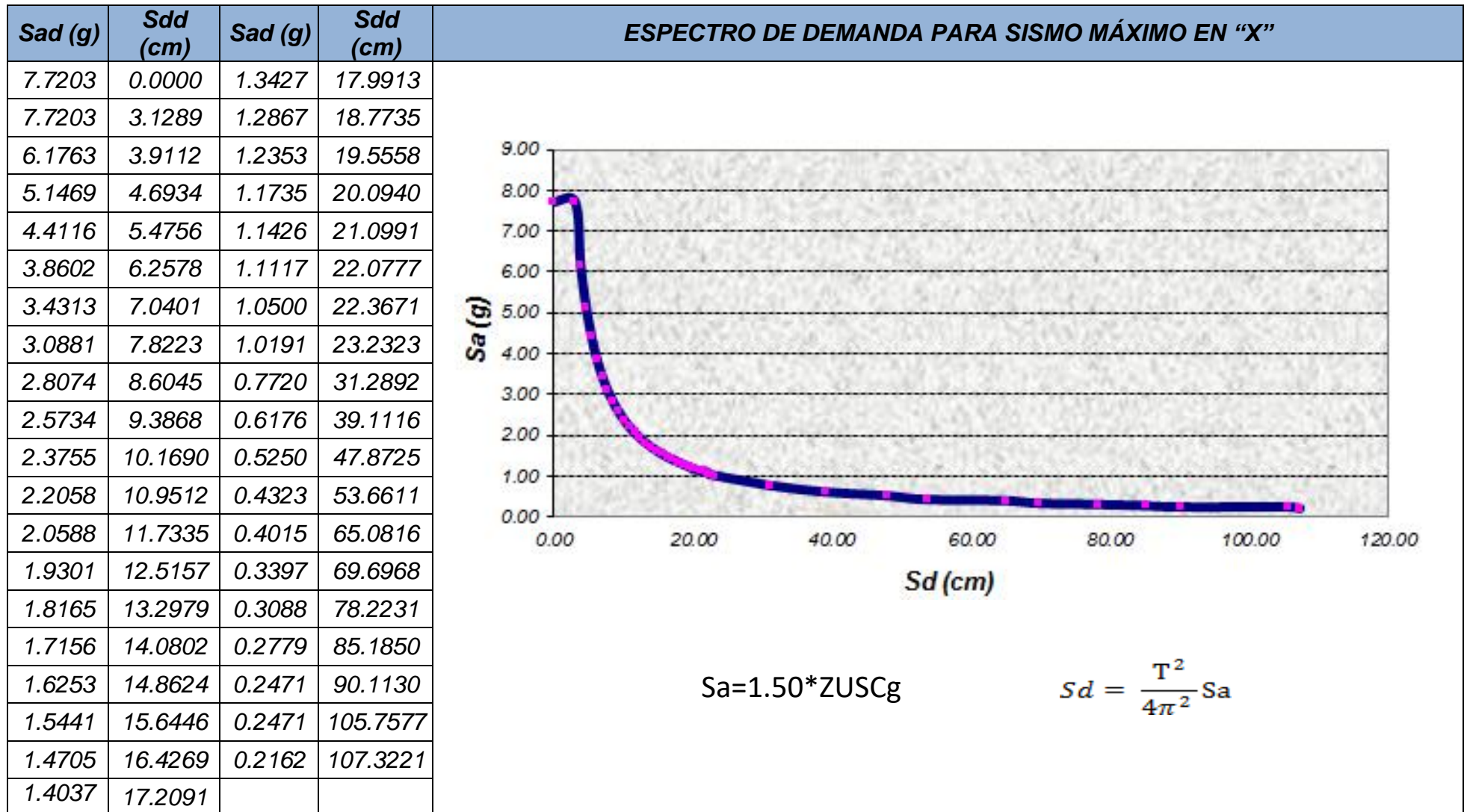
PISO 1*		PESO PROPIO	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL
LOSA ALIGERADA (2S)	2.00	2.40	5.96	5.96	0.30	51.15
LOSA ALIGERADA (2S)	12.00	2.40	5.96	5.80	0.30	298.67
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	2.20	5.96		5.51
LOSA ALIGERADA (1S)	6.00	0.42	2.20	5.80		32.16
LOSA ALIGERADA (1S)	1.00	0.42	3.05	2.90		3.71
VIGAS TRANSVERSALES						
EJE 2 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 2 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
EJE 3 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 3 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 4 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 4 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 5 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 5 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 6 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 6 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 7 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 7 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.50	1.06
EJE 8 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.40	4.58
EJE 8 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.40	0.84
EJE 9 (C-D) Y (E-F)	2.00	2.40	5.96	0.40	0.25	2.86
EJE 9 (D-E)	1.00	2.40	2.20	0.40	0.25	0.53
VIGAS LONGITUDINALES						
EJE C' (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.20	0.40	0.56
EJE C (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.60	2.15
EJE C (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.60	12.53
EJE D (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.40	0.30	0.84
EJE D (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE D (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE E (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.30	0.30	0.63
EJE E (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.40	0.40	2.29
EJE E (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.40	0.40	13.36
EJE F (1-2)	1.00	2.40	2.90	0.25	0.60	1.04
EJE F (2-3)	1.00	2.40	5.96	0.25	0.40	1.43
EJE F (3-9)	6.00	2.40	5.80	0.25	0.40	8.35
COLUMNAS						
EJE C						
EJE 2	1.00	2.40	3.85	0.40	0.45	1.66
EJE 4-9	7.00	2.40	3.85	0.40	0.45	11.64
EJE D						
EJE 2-9	8.00	2.40	3.85	0.40	0.60	17.74
EJE E						
EJE 2,4,6,8,9	5.00	2.40	3.85	0.40	0.70	12.94
EJE 3,5,7	3.00	2.40	3.85	0.40	0.60	6.65
EJE F						
EJE 2	1.00	2.40	3.85	0.40	0.45	1.66
EJE 3-9	7.00	2.40	3.85	0.40	0.45	11.64
PLACA	1.00	2.40	3.85	9.66	0.20	17.85
					C.M	571.75
S/C Hospital (CV)		0.40		584.38	0.5	116.88
S/C Hospital (Sd)		0.49		584.38		286.34
					C.V	403.22
				PESO DE SERVICIO		974.97

Fuente: Elaborado por los autores

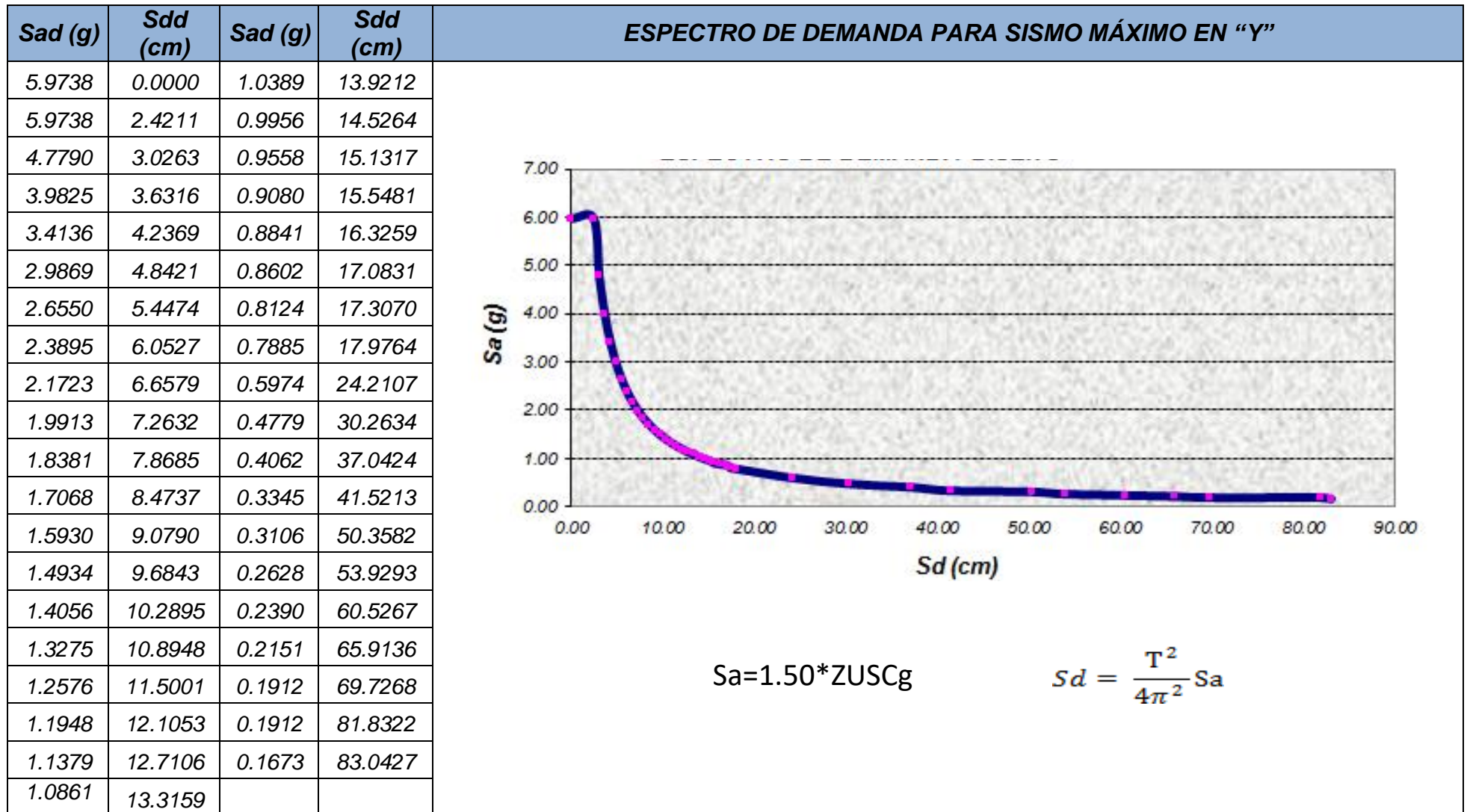
DEMANDA SÍSMICA

T	$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$
0.0	2.55
0.4	2.55
0.5	2.04
0.6	1.70
0.7	1.46
0.8	1.28
0.9	1.14
1.0	1.02
1.1	0.93
1.2	0.85
1.3	0.79
1.4	0.73
1.5	0.68
1.6	0.64
1.7	0.60
1.8	0.57
1.9	0.54
2.0	0.51
2.1	0.49
2.2	0.46
2.3	0.44
2.4	0.43
2.5	0.41
2.6	0.38
2.7	0.35
2.8	0.33
2.9	0.30
3.0	0.28
4.0	0.16
5.0	0.10
6.0	0.07
7.0	0.05
8.0	0.04
9.0	0.03
10.0	0.03
11.0	0.02
12.0	0.02
13.0	0.02
14.0	0.01

Fuente: Elaborado por los autores



Fuente: Elaborado por los autores



Fuente: Elaborado por los autores

CÁLCULO DE LA CURVA DE CAPACIDAD EN “X”

PISO	PESO W (Kg) [1]	DESP. MODO 1 ø (cm) [2]	Wø (kg-cm) [3]=[1]*[2]	Wø/g [3]	Wøλ2(kg-cm2) [4]=[1]*[2] ²	Wøλ2/g [5]=[4]/g	W/g [6]=[1]/g
8	546,248.47	1	546248.472	556.828	546248.472	556.828	556.828
7	951,049.42	0.947394151	901018.659	918.470	853619.808	870.153	969.469
6	950,477.26	0.851220031	809065.284	824.735	688692.576	702.031	968.886
5	964,621.90	0.712939976	687717.516	701.037	490301.309	499.797	983.305
4	964,621.90	0.59017599	569296.686	580.323	335985.236	342.493	983.305
3	964,621.90	0.44591481	430139.193	438.470	191805.436	195.520	983.305
2	967,117.90	0.289572352	280050.605	285.475	81094.912	82.666	985.849
1	974,973.58	0.132983336	129655.240	132.166	17241.986	17.576	993.857
	7,283,732.35			4437.504		3267.064	7424.804

Fuente: Elaborado por los autores

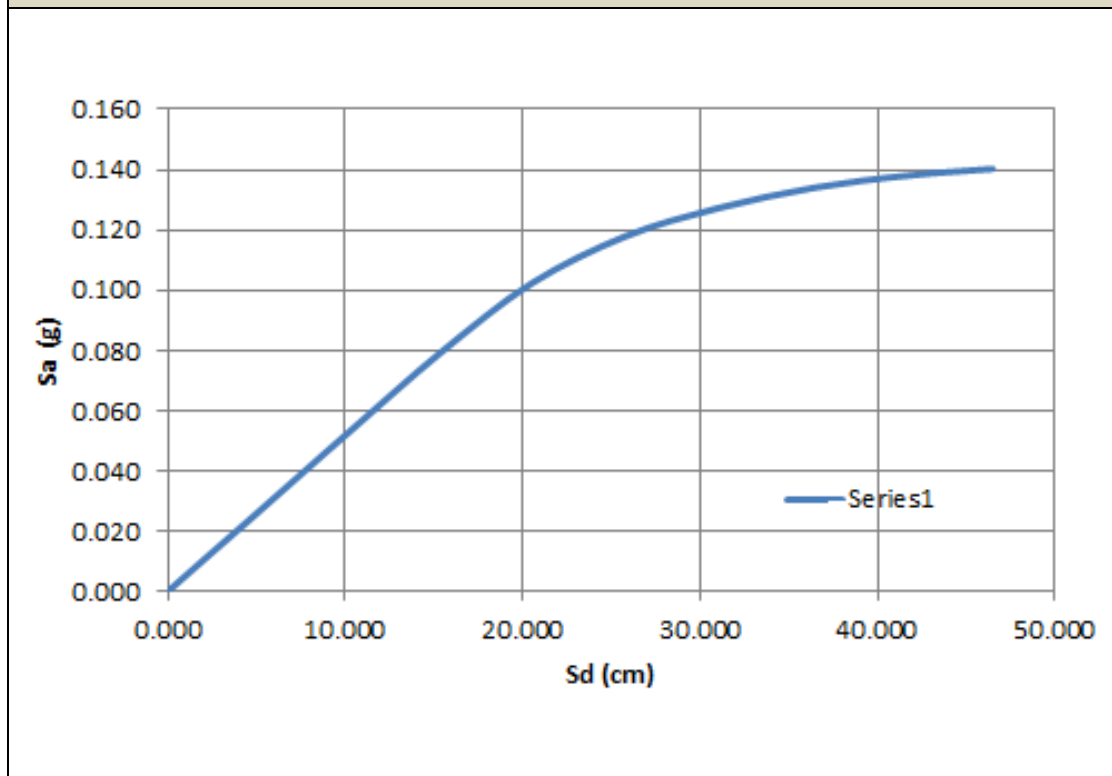
$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g}{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g} \quad \alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g]^2}{[\sum_{i=1}^N (\omega_i) / g] \cdot [\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g]} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{|c|c|} \hline PF_1 = & 1.356 \\ \hline \alpha_1 = & 0.829 \\ \hline \end{array}$$

$$Sd = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \cdot \Phi_{techo,1}} \quad Sa = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

CONVERSIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD A ESPECTRO DE CAPACIDAD EN “X”

Punto	CURVA DE CAPACIDAD		ESPECTRO DE CAPACIDAD	
	Desplazamiento	Fuerza	Sd	Sa
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	4.810	152622.100	4.886	0.025
2	10.100	320827.800	10.260	0.053
3	15.200	480545.200	15.441	0.080
4	20.210	618008.300	20.531	0.102
5	25.370	711341.700	25.773	0.118
6	30.530	768250.800	31.015	0.127
7	35.900	809538.600	36.470	0.134
8	41.190	833981.000	41.844	0.138
9	45.770	846908.900	46.497	0.140

ESPECTRO DE CAPACIDAD “X”



Fuente: Elaborado por los autores

CÁLCULO DE LA CURVA DE CAPACIDAD EN “Y”

PISO	PESO W (Kg) [1]	DESP. MODO 1 ø (cm) [2]	Wø (kg-cm) [3]=[1]*[2]	Wø/g [3]	Wøλ2(kg-cm2) [4]=[1]*[2] ²	Wøλ2/g [5]=[4]/g	W/g [6]=[1]/g
8	546,248.47	1	546248.472	556.828	546248.472	556.828	556.828
7	951,049.42	0.947394151	901018.659	918.470	853619.808	870.153	969.469
6	950,477.26	0.851220031	809065.284	824.735	688692.576	702.031	968.886
5	964,621.90	0.712939976	687717.516	701.037	490301.309	499.797	983.305
4	964,621.90	0.59017599	569296.686	580.323	335985.236	342.493	983.305
3	964,621.90	0.44591481	430139.193	438.470	191805.436	195.520	983.305
2	967,117.90	0.289572352	280050.605	285.475	81094.912	82.666	985.849
1	974,973.58	0.132983336	129655.240	132.166	17241.986	17.576	993.857
	7,283,732.35			4437.504		3267.064	7424.804

Fuente: Elaborado por los autores

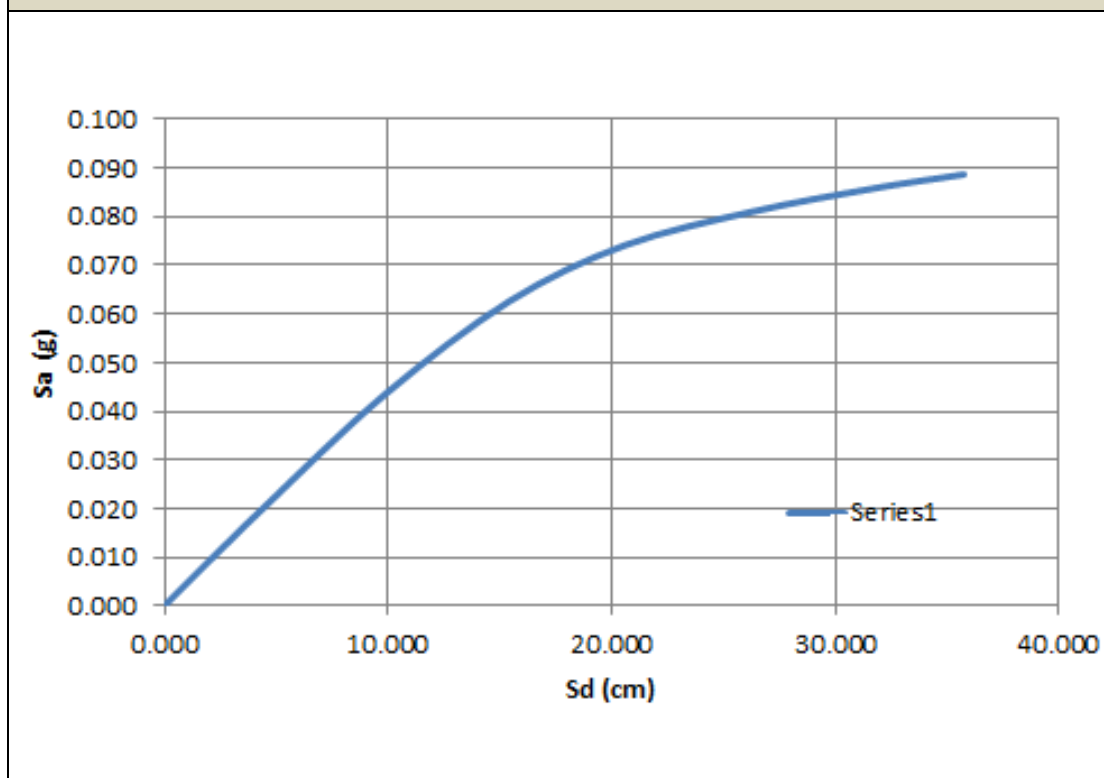
$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g}{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g} \quad \alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}) / g]^2}{[\sum_{i=1}^N (\omega_i) / g] \cdot [\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i,1}^2) / g]} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{|c|c|} \hline PF_1 = & 1.358 \\ \hline \alpha_1 = & 0.812 \\ \hline \end{array}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \cdot \Phi_{techo,1}} \quad S_a = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

CONVERSIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD A ESPECTRO DE CAPACIDAD EN “Y”

Punto	CURVA DE CAPACIDAD		ESPECTRO DE CAPACIDAD	
	Desplazamiento	Fuerza	Sd	Sa
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	4.170	115776.500	4.306	0.020
2	9.570	257378.400	9.883	0.044
3	14.930	370127.200	15.418	0.063
4	19.930	438341.600	20.581	0.074
5	25.480	479358.400	26.313	0.081
6	30.680	507393.000	31.683	0.086
7	34.620	524654.700	35.751	0.089

ESPECTRO DE CAPACIDAD “Y”



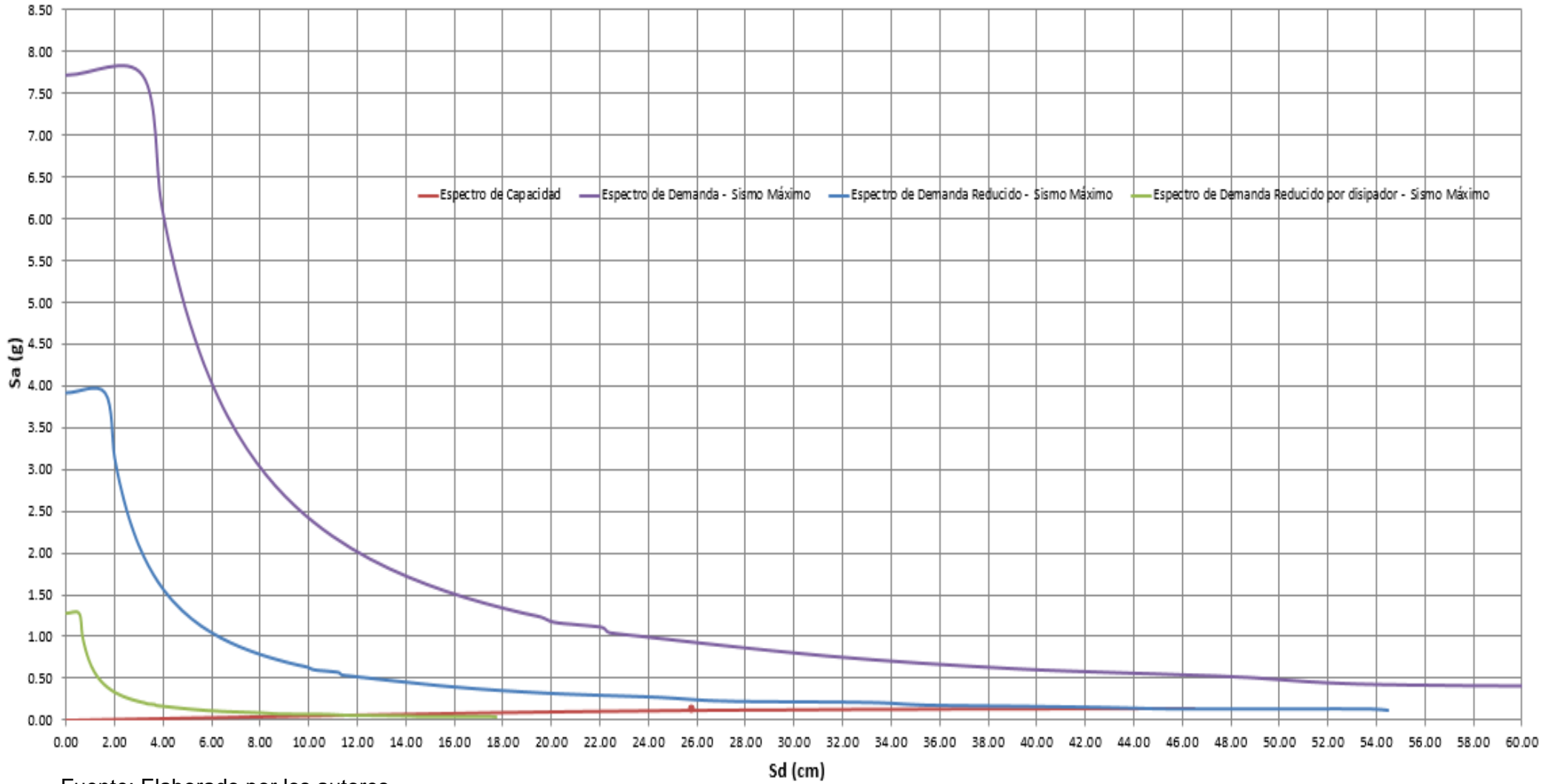
Fuente: Elaborado por los autores

ESPECTROS EN “X”

ESPECTRO DE DEMANDA		ESPECTRO DE DEMANDA REDUCIDO		ESPECTRO DE DEMANDA REDUCIDO POR DISIPADOR	
Sad (g)	Sdd (cm)	Sad (g)	Sdd (cm)	Sad (g)	Sdd (cm)
7.720	0.000	3.919	0.000	1.277	0.000
7.720	3.129	3.919	1.588	1.277	0.517
6.176	3.911	3.135	1.985	1.021	0.647
5.147	4.693	2.613	2.382	0.851	0.776
4.412	5.476	2.239	2.780	0.729	0.905
3.860	6.258	1.959	3.177	0.638	1.035
3.431	7.040	1.742	3.574	0.567	1.164
3.088	7.822	1.568	3.971	0.511	1.293
2.807	8.605	1.425	4.368	0.464	1.423
2.573	9.387	1.306	4.765	0.426	1.552
2.375	10.169	1.206	5.162	0.393	1.681
2.206	10.951	1.120	5.559	0.365	1.811
2.059	11.733	1.045	5.956	0.340	1.940
1.930	12.516	0.980	6.353	0.319	2.069
1.817	13.298	0.922	6.750	0.300	2.199
1.716	14.080	0.871	7.147	0.284	2.328
1.625	14.862	0.825	7.544	0.269	2.457
1.544	15.645	0.784	7.941	0.255	2.587
1.471	16.427	0.746	8.339	0.243	2.716
1.404	17.209	0.713	8.736	0.232	2.845
1.343	17.991	0.682	9.133	0.222	2.975
1.287	18.774	0.653	9.530	0.213	3.104
1.235	19.556	0.627	9.927	0.204	3.233
1.173	20.094	0.596	10.200	0.194	3.322
1.143	21.099	0.580	10.710	0.189	3.489
1.112	22.078	0.564	11.207	0.184	3.650
1.050	22.367	0.533	11.354	0.174	3.698
1.019	23.232	0.517	11.793	0.169	3.841
0.772	31.289	0.392	15.883	0.128	5.174
0.618	39.112	0.314	19.854	0.102	6.467
0.525	47.873	0.266	24.301	0.087	7.916
0.432	53.661	0.219	27.239	0.071	8.873
0.401	65.082	0.204	33.036	0.066	10.761
0.340	69.697	0.172	35.379	0.056	11.524
0.309	78.223	0.157	39.707	0.051	12.934
0.278	85.185	0.141	43.241	0.046	14.085
0.247	90.113	0.125	45.743	0.041	14.900
0.247	105.758	0.125	53.684	0.041	17.487
0.216	107.322	0.110	54.478	0.036	17.745

Fuente: Elaborado por los autores

PUNTO DE DESEMPEÑO EN "X"



Fuente: Elaborado por los autores

3.1 Factor de reducción espectral

Para determinar el factor de reducción espectral según el método de Miranda y Bertero, este dependerá del periodo de evaluación “T” de la estructura, el cual es de 2.02 segundos en el primer bloque y de 1.97 segundo en el segundo bloque, estos periodos son comparados con el periodo de transición entre el dominio de aceleración constante y velocidad constante “Tc = 1.25 segundos”.

$$R_{\mu} = (\mu - 1) \cdot \frac{T}{T_c} + 1 \dots\dots\dots \text{si } T < T_c$$

$$R_{\mu} = \mu \dots\dots\dots \text{si } T > T_c$$

Según los datos del periodo obtenido en el análisis, nuestro factor de reducción espectral será igual al μ (ductilidad inicial de la estructura).

Para determinar la ductilidad inicial de la estructura, se debe conocer la relación entre el desplazamiento máximo de la edificación y el desplazamiento donde la estructura inicia el rango inelástico (punto de fluencia), con ayuda de la representación bilineal de la curva de capacidad podemos obtener el punto de fluencia de la edificación.

Los factores de reducción espectral para cada bloque en ambos sentidos son los siguientes:

Factores de reducción espectral

Bloque 1	
Sentido	R_{μ}
X	1.94
Y	2.51
Bloque 2	
Sentido	R_{μ}
X	2.84
Y	3.85

Fuente: Elaborado por los autores

3.2 Estrategias de rediseño de la edificación

3.2.1 Selección de la técnica de reforzamiento estructural

Se seleccionó de los sistemas de reforzamiento propuestos en el marco teórico, a los disipadores sísmicos tipo viscoso, ya que este sistema reduce el movimiento sísmico en la estructura, por lo tanto mejora el nivel de desempeño de la edificación, haciendo factible implementarlo, por las características de la estructura, la naturaleza de los problemas estructurales y facilidad de colocación en el proceso constructivo.

3.2.2 Factor de reducción espectral por los disipadores sísmico

Para determinar el factor de reducción espectral con disipadores sísmicos, primero se debe seleccionar una deriva objetivo, la cual fue seleccionada en el ítem 5.2.2.1, del desarrollo del caso, esta es de 0.007.

Posteriormente se utiliza la siguiente fórmula:

$$B = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva Objetivo}}$$

Donde:

B = Factor de reducción espectral por disipadores sísmicos

Deriva Máxima = Deriva del último piso de la estructura.

Deriva Objetivo = Deriva esperada del último piso de la estructura

En el bloque 1 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. Resultados bloque 1 con disipadores de energía

	Dirección X	Dirección Y
B	3.27	2.19
Deriva Máxima	0.0229	0.01532
Deriva Objetivo	0.007	0.007

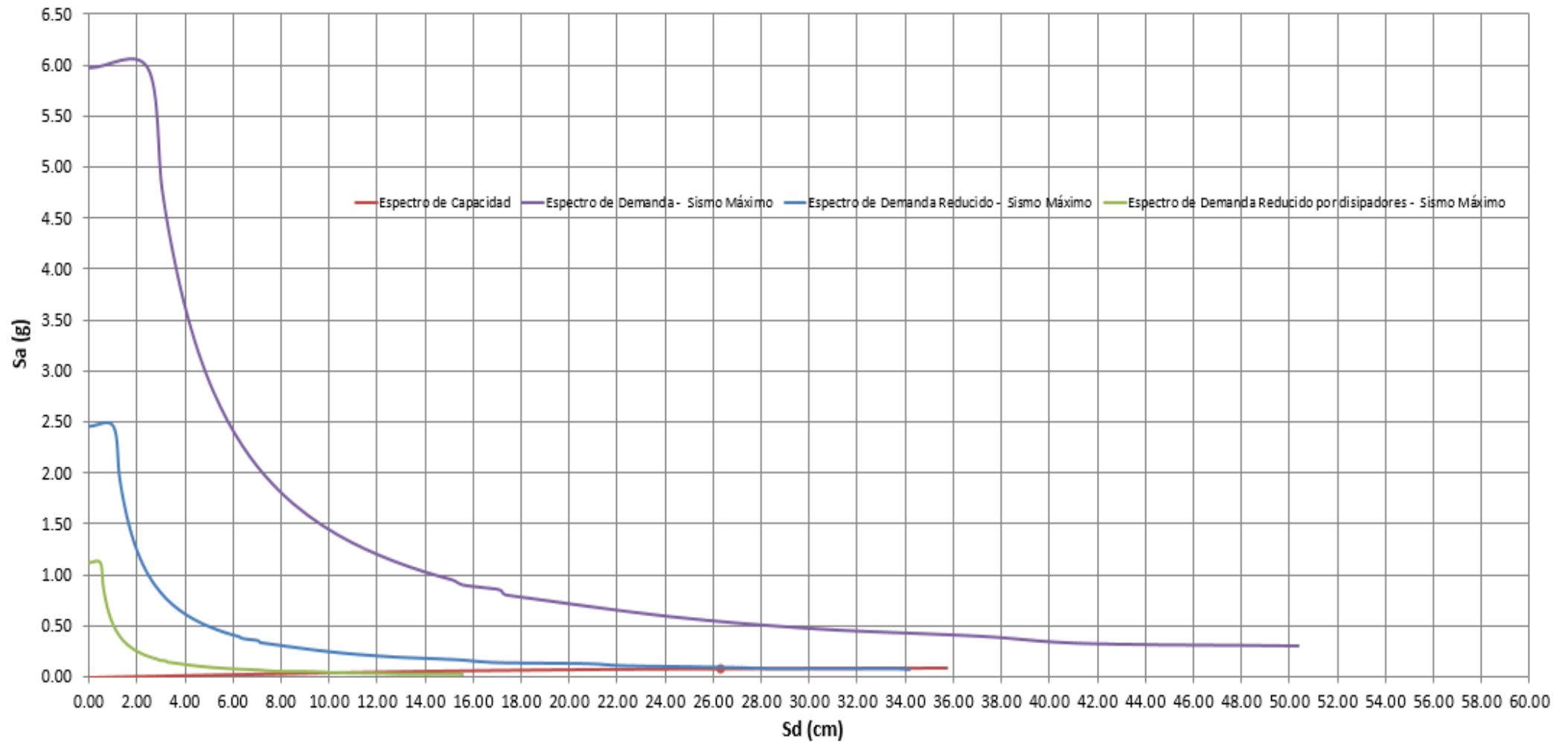
Fuente: Elaborado por los autores

ESPECTROS EN “Y”

ESPECTRO DE DEMANDA		ESPECTRO DE DEMANDA REDUCIDO		ESPECTRO DE DEMANDA REDUCIDO POR DISIPADOR	
Sad (g)	Sdd (cm)	Sad (g)	Sdd (cm)	Sad (g)	Sdd (cm)
5.974	0.000	2.458	0.000	1.117	0.000
5.974	2.421	2.458	0.996	1.117	0.453
4.779	3.026	1.967	1.245	0.894	0.566
3.983	3.632	1.639	1.494	0.745	0.679
3.414	4.237	1.405	1.744	0.639	0.793
2.987	4.842	1.229	1.993	0.559	0.906
2.655	5.447	1.093	2.242	0.497	1.019
2.390	6.053	0.983	2.491	0.447	1.132
2.172	6.658	0.894	2.740	0.406	1.245
1.991	7.263	0.819	2.989	0.372	1.359
1.838	7.868	0.756	3.238	0.344	1.472
1.707	8.474	0.702	3.487	0.319	1.585
1.593	9.079	0.656	3.736	0.298	1.698
1.493	9.684	0.615	3.985	0.279	1.811
1.406	10.290	0.578	4.234	0.263	1.925
1.328	10.895	0.546	4.483	0.248	2.038
1.258	11.500	0.518	4.733	0.235	2.151
1.195	12.105	0.492	4.982	0.223	2.264
1.138	12.711	0.468	5.231	0.213	2.378
1.086	13.316	0.447	5.480	0.203	2.491
1.039	13.921	0.428	5.729	0.194	2.604
0.996	14.526	0.410	5.978	0.186	2.717
0.956	15.132	0.393	6.227	0.179	2.830
0.908	15.548	0.374	6.398	0.170	2.908
0.884	16.326	0.364	6.718	0.165	3.054
0.860	17.083	0.354	7.030	0.161	3.195
0.812	17.307	0.334	7.122	0.152	3.237
0.789	17.976	0.325	7.398	0.148	3.363
0.597	24.211	0.246	9.963	0.112	4.529
0.478	30.263	0.197	12.454	0.089	5.661
0.406	37.042	0.167	15.244	0.076	6.929
0.335	41.521	0.138	17.087	0.063	7.767
0.311	50.358	0.128	20.724	0.058	9.420
0.263	53.929	0.108	22.193	0.049	10.088
0.239	60.527	0.098	24.908	0.045	11.322
0.215	65.914	0.089	27.125	0.040	12.330
0.191	69.727	0.079	28.694	0.036	13.043
0.191	81.832	0.079	33.676	0.036	15.307
0.167	83.043	0.069	34.174	0.031	15.534

Fuente: Elaborado por los autores

PUNTO DE DESEMPEÑO EN "Y"



Fuente: Elaborado por los autores

Anexo 4: Planos del proyecto
(PÁGINAS: 139-153)

Anexo 5: Panel fotográfico

VISTA DEL EXTERIOR DEL CASO EN ESTUDIO - FRONTIS



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

VISTA DEL EXTERIOR DEL CASO EN ESTUDIO - POSTERIOR



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

VISTA DEL EXTERIOR DEL CASO EN ESTUDIO - LATERAL



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

VISTA DEL EXTERIOR DEL CASO EN ESTUDIO – LATERAL



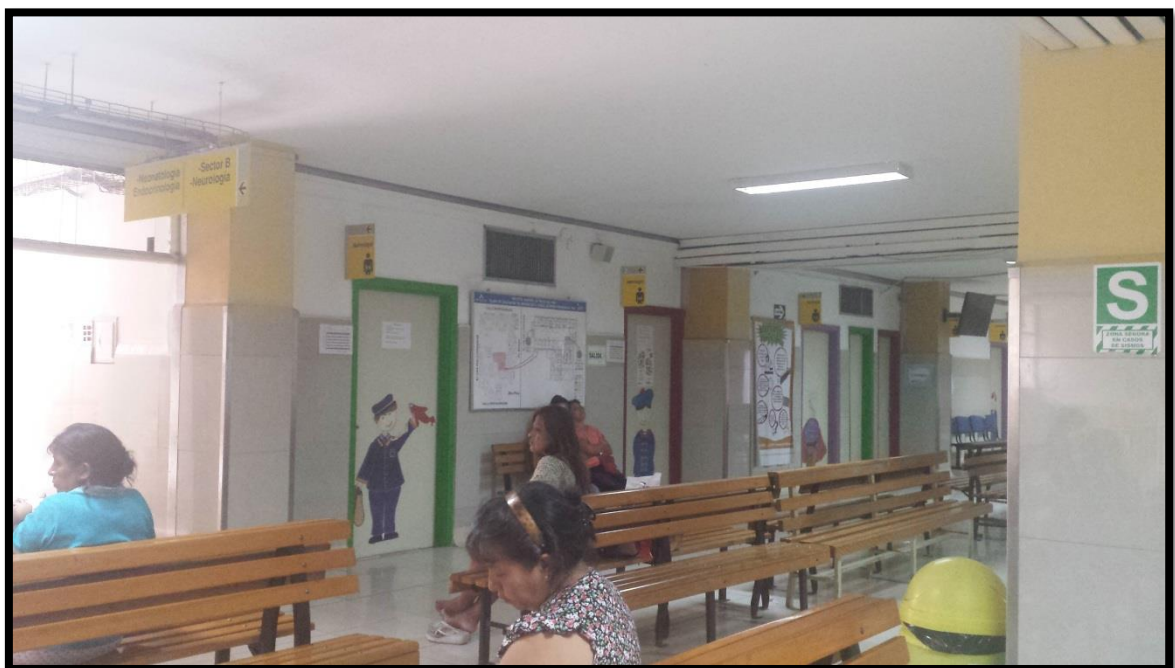
Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

VISTA DEL INTERIOR DEL PRIMER PISO



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

VISTA DEL INTERIOR DEL SEGUNDO PISO



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

JUNTA DEL BLOQUE I Y II



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

CAJA DE ASCENSORES (PRINCIPALES)



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

CAJA DE ASCENSORES (SERVICIO)



Fuente: Instituto Nacional de Salud del Niño

Anexo 6: Guía Etabs

MODELACIÓN Y ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL DEL CASO EN ESTUDIO

6. Guía general para el modelamiento y análisis estático no lineal en ETABS 2013

6.1. Descripción del programa.

ETABS es un programa de análisis y diseño de sistemas de edificaciones que desde hace más de 30 años ha estado en continuo desarrollo, para brindarle al ingeniero una herramienta confiable, sofisticada y fácil de usar. ETABS 2013 posee una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño sin igual, todos integrados usando una base de datos común. Aunque fácil y sencillo para estructuras simples, ETABS también puede manejar los más grandes y complejos modelos de edificios, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción.

ETABS es un sistema completamente integrado. Detrás de una interface intuitiva y simple, se encajan poderosos métodos numéricos, procedimientos de diseño y códigos internacionales de diseño, que funcionan juntos desde una base de datos comprensiva. Esta integración significa que usted crea solo un sistema de modelo de piso y sistemas de barras verticales y laterales para analizar y diseñar el edificio completo.

Las convenciones de entrada y de salida usadas corresponden a la terminología común de edificaciones. Con ETABS, los modelos se definen de forma lógica: piso por piso, viga por viga, columna por columna, tramo por tramo, muro por muro y no como corrientes de puntos y elementos no descritos como lo hacen la mayoría de los programas para fines generales. Así la definición estructural es simple, ordenada y significativa.

ETABS ofrece la mayor cantidad de herramientas de análisis y diseño disponibles para el ingeniero estructural que trabaja con estructuras de edificios. La siguiente lista representa solo una muestra de los tipos de sistemas, comandos y análisis que ETABS puede manejar fácilmente:

- Facilidades en el modelaje de edificios comerciales, gubernamentales y de salud de múltiples pisos.
- Estacionamientos con rampas lineales y circulares.
- Edificios basados en sistemas de líneas de referencia (Grid Lines).
- Edificios de acero, de concreto y mixtos.
- Muros, rampas y losas de concreto.
- Pisos con láminas de acero y topping de concreto, para estructuras metálicas.
- Edificios sujetos a cualquier cantidad de casos de carga y combinaciones, tanto lateral como vertical. Incluyendo carga automáticas por viento y sismo.
- Edificios con amortiguadores y aisladores en la base.
- Uso de diafragmas rígidos y flexibles.
- Posee un poderoso diseño en acero estructural y concreto armado, incluyendo muros de corte, completamente integrado, todos disponibles desde la misma interfaz usada para modelar y analizar el modelo.
- El diseño de miembros de acero permite el predimensionado inicial y una optimización interactiva, y el diseño de elementos de concreto incluye el cálculo de la cantidad de acero de refuerzo requerido.
- Múltiples casos de carga por espectros de respuesta, con curvas predeterminadas.
- Transferencia automática de cargas verticales de pisos a vigas y muros.
- Análisis P-Delta con análisis dinámicos o estáticos.
- Análisis de cargas por secuencia de construcción.
- Múltiples casos de carga por funciones en el dominio del tiempo lineal y no lineal en cualquier dirección.
- Apoyo de fundación / soporte.
- Análisis de grandes desplazamientos.
- Pushover estático no lineal.
- Reducción automática de carga viva vertical.

6.2. Resumen de procedimientos

A. Ejecución de un nuevo modelo

Paso que hace referencia a la creación de un archivo nuevo. Dicho paso se ejecuta automáticamente en cualquier programa iniciando por la definición geométrica de la estructura a analizar, haciendo uso de líneas guías para el caso de un nuevo programa.

B. Determinación de las unidades de trabajo

Aunque dicho paso resulta sencillo de realizar y puede ser subestimado, merece una gran atención, puesto que el definir inicialmente el sistema de unidades con las que se ejecutará el programa, permitirá que al momento de ingresar datos y obtener resultados, estos sean consistentes con las unidades seleccionadas.

C. Definición de materiales y secciones transversales

La realización de este paso es fundamental para la obtención de correctos resultados, ya que en la definición de materiales se colocaran las propiedades de todos los materiales a utilizar en el análisis como en nuestro es el concreto y hacer, así como también la definición de las secciones de los elementos estructurales como las vigas, columnas, perfiles de acero, etc.

D. Dibujo, modelado y presentación de los elementos que conformaran el modelo a desarrollar

En este paso se realiza el dibujo de los elementos estructurales de la edificación en estudio, como las columnas, vigas, techos, muros, y otros elementos que tienen desempeño estructural en el modelo a ejecutar.

E. Selección y asignación de propiedades de los elementos estructurales

En esta etapa se selecciona los distintos elementos estructurales dibujados anteriormente, en el cual se le asignara la sección transversal correspondiente, este paso es importante ya que se le da a cada elemento un comportamiento distinto ante las cargas que serán aplicadas a la estructura, también se asignan los distintos apoyos que la edificación y los diafragmas en cada piso de la estructura, para tener una adecuada transmisión de las cargas en cada elemento.

F. Asignación del tipo de carga para un elemento predeterminado

Una vez se haya seleccionado un elemento previamente dibujado y asignado su sección transversal correspondiente, se le puede asignar

diversos tipos de carga, bien sean estas cargas puntuales, cargas distribuidas, cargas trapezoidales, momentos y presiones, en nuestro caso son las cargas vivas y cargas de tabiquería y acabados y cargas de sismo.

G. Asignación y definición de rótulas plásticas

Una vez que a todos los elementos estructurales se les haya asignado su sección transversal correspondiente, se les asignará las rótulas plásticas de acuerdo al tipo de elemento estructural (columnas y vigas).

H. Corrido para el Análisis del programa


Una vez concluido con los pasos anteriormente mencionados, se procederá al corrido del programa para la obtención de resultados.

I. Obtención de Resultados

Una vez concluido el corrido del programa, se podrá obtener resultados como: curva de capacidad, diagrama de esfuerzos, los periodos de frecuencia de la estructura, los datos de rotula plástica, los cuales ayudaran para la toma de decisiones en el reforzamiento estructural.

6.3. Guía práctica para el diseño en ETABS

6.3.1. Creación de un nuevo modelo

Procedemos a explicar el uso del programa de forma práctica con la creación de un modelo nuevo, utilizando el comando “file” de la barra de comandos seleccionando la opción “New Model”, ó simplemente seleccionando el icono de  acceso directo de la barra de herramientas principales; al momento de crear un nuevo modelo el programa cierra el modelo en el que se está trabajando y todas las opciones que se le habían activado. Al seleccionar la opción “New Model” se nos presentan las diferentes estructuras predeterminadas.

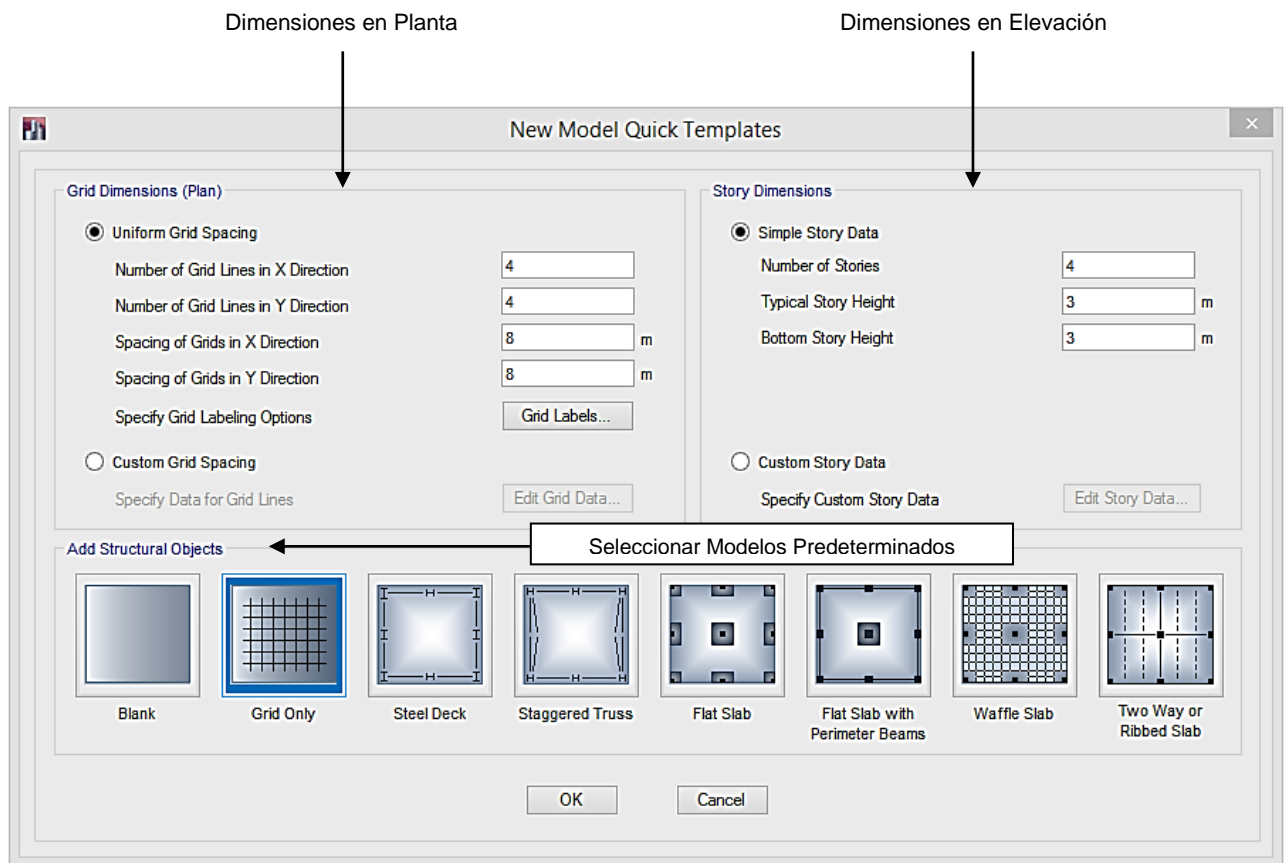
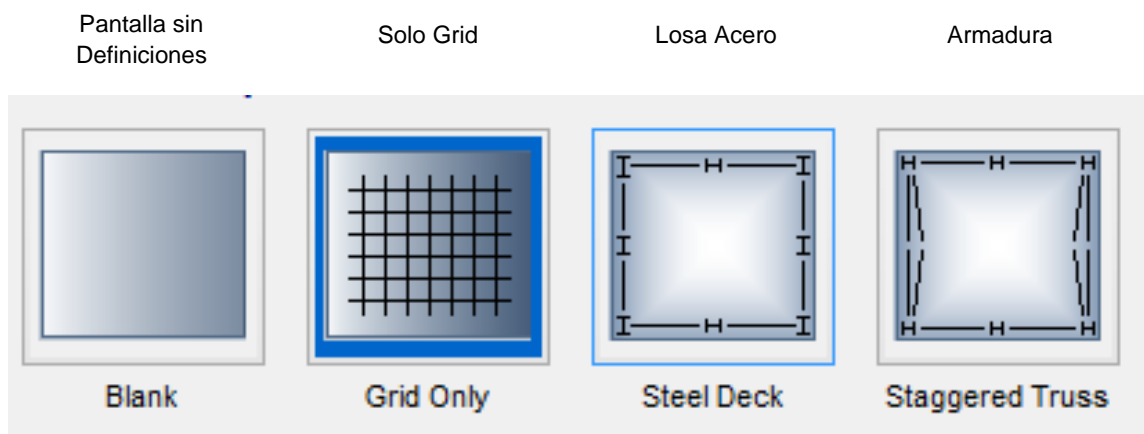


FIGURA 1.0 a
Modelos predeterminados

ADD STRUCTURAL OBJECTS: Seleccionar Modelos Predeterminados

Los cuales pueden ser:



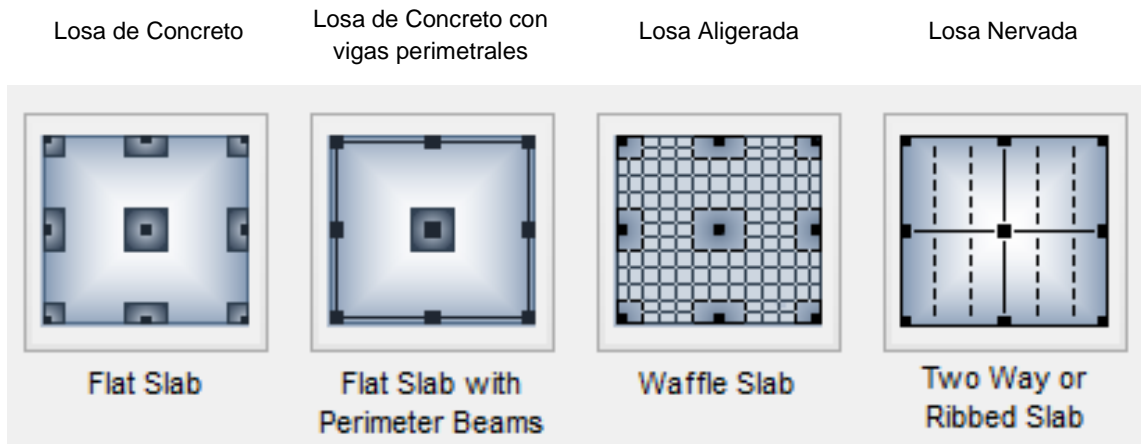


FIGURA 1.0 b
Selección Modelo Predeterminado

OPCIÓN GRID ONLY: Para el caso de este trabajo se seleccionará la opción GRID ONLY, que nos servirá para definir el modelo porticado. La selección de esta opción, el programa lo realiza por defecto y despliega una ventana como la que se muestra en la figura, en donde se introducen los datos para definir los valores que deberá presentar la malla de líneas guías para el modelado del edificio.

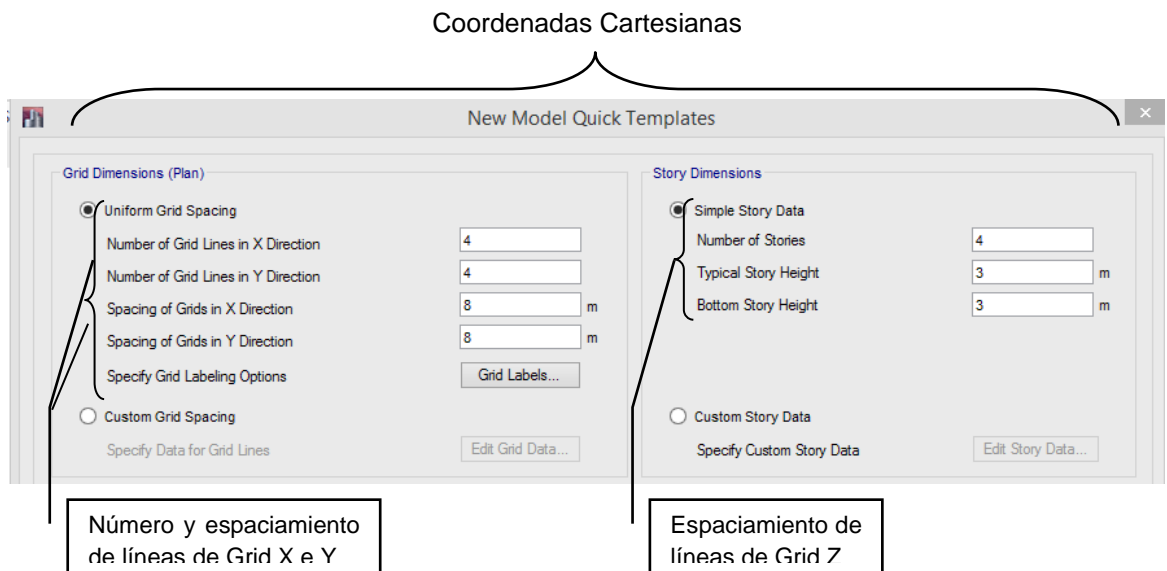
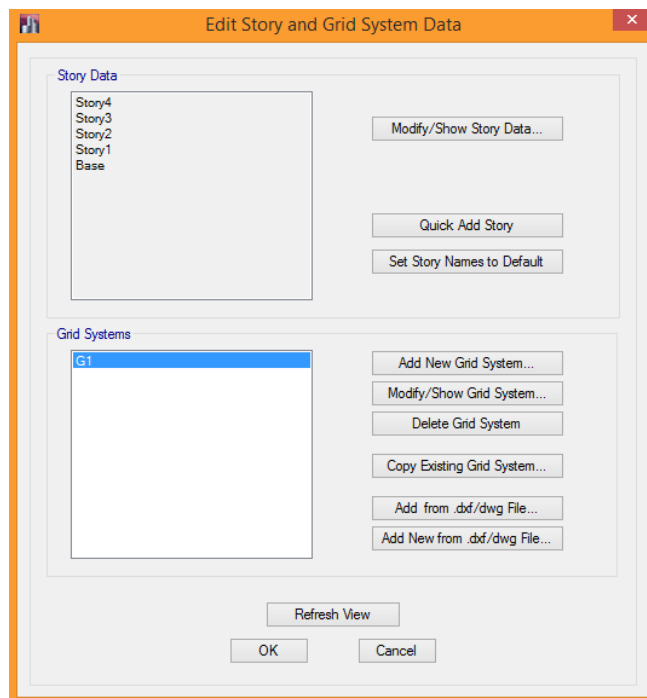
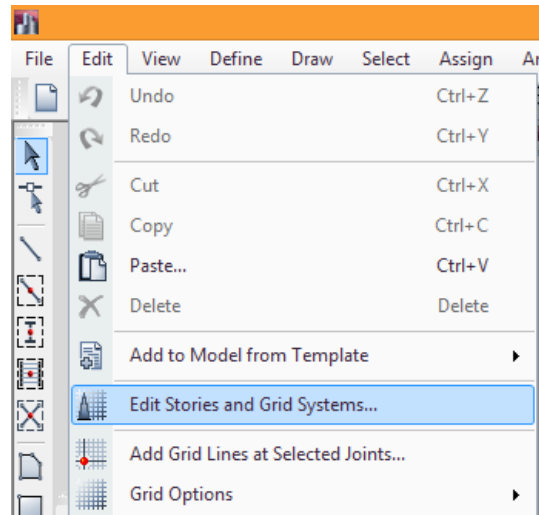


FIGURA 1.1
Opción Grid Only

a) Definición de líneas de Grid

Para definir distancias y/o aplicaciones particulares entre los grid (ejes) en X e Y, se tiene los siguientes pasos para obtener el cuadro de Define Grid System Data.



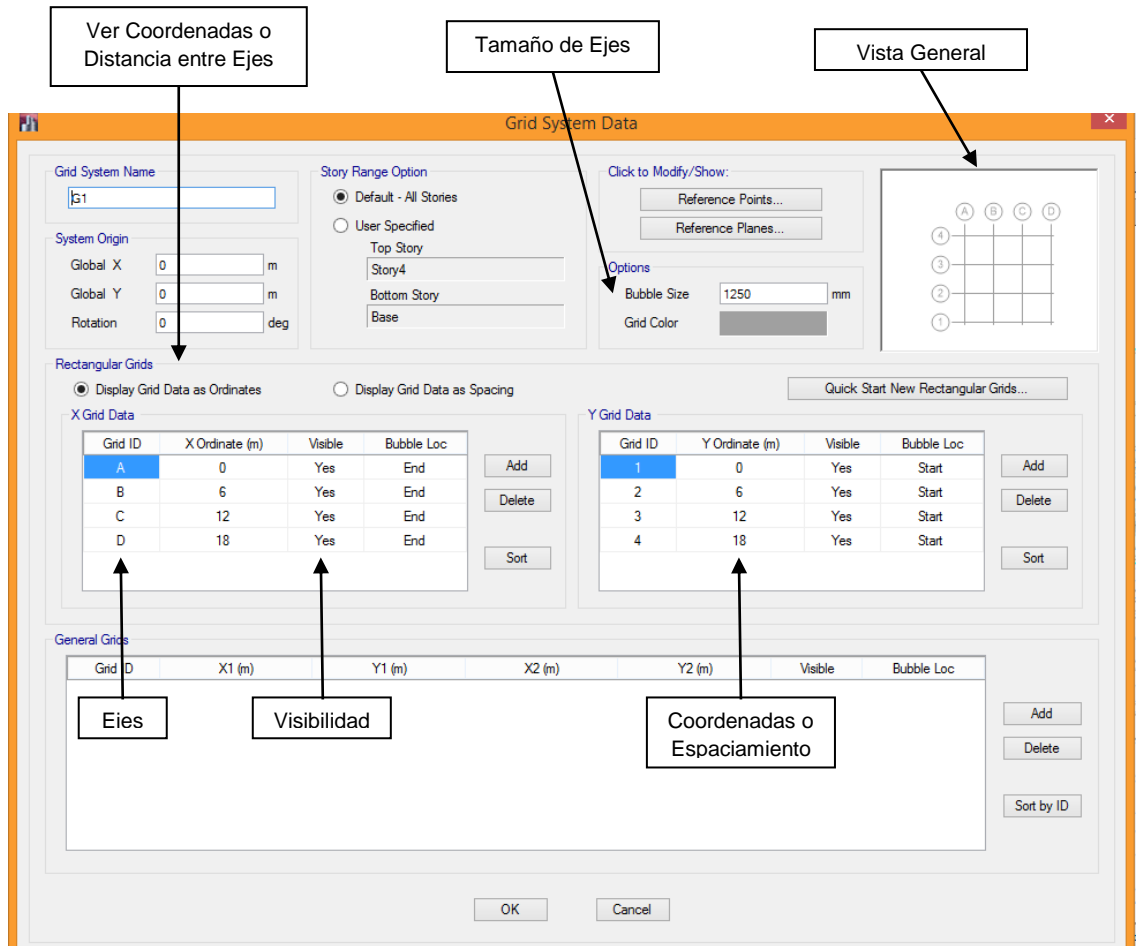
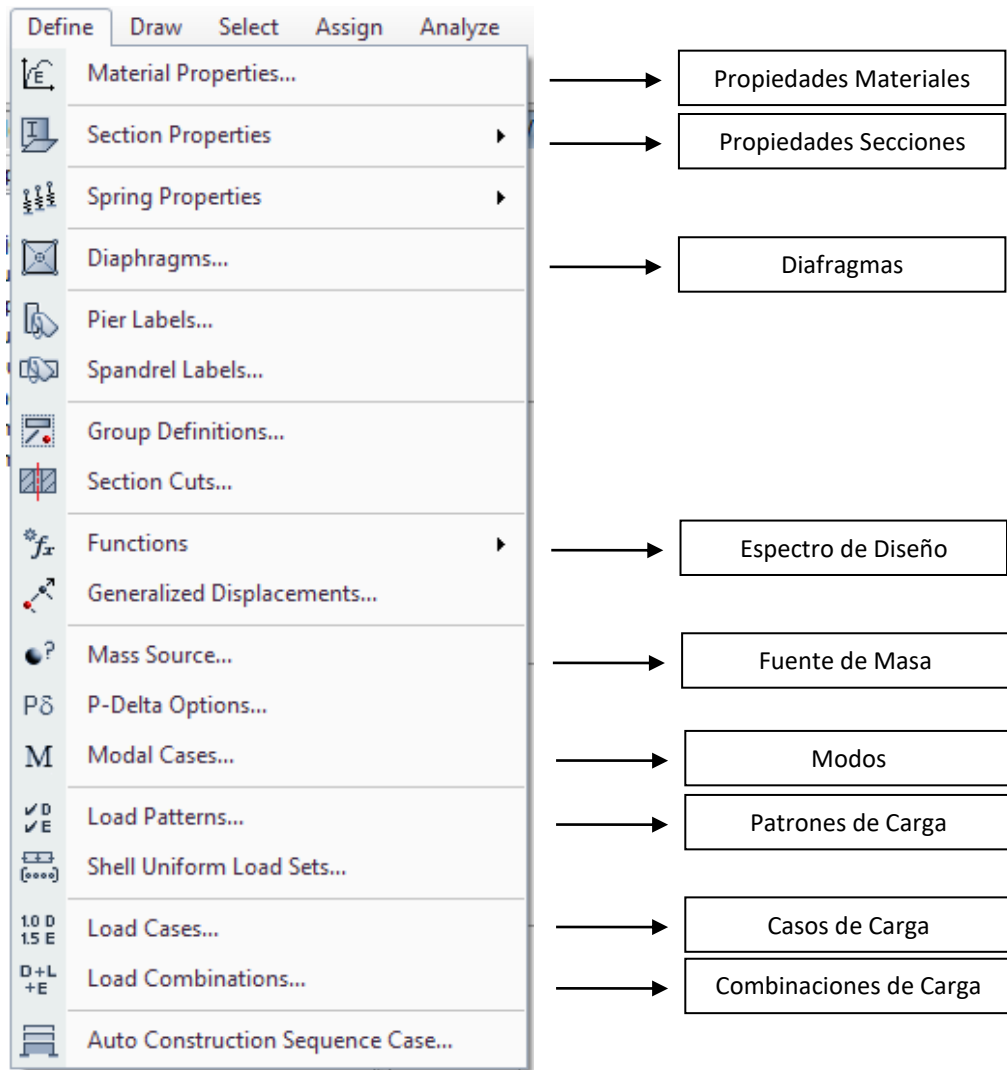


FIGURA 1.2
Definición de líneas Grid

- **Grid ID:** Identificación del grid.
- **Visibility:** Permite definir si el grid se quiere mostrar en el modelo estructural. (Yes: Mostrar; No: Ocultar).
- **Bubble Loc:** Permite cambiar la orientación del eje.
- **Bubble Size:** Tamaño de los ejes.

6.3.2. Menú definir



a) Definición de materiales

Una vez definidas las líneas guías que delimitan el modelo a generar, procedemos con la definición del tipo de material con el que se trabajará, es necesario realizar una pequeña verificación sobre el tipo de unidades con el que se está trabajando, lo que aparece en la esquina inferior derecha de la pantalla del programa, ver figuras.

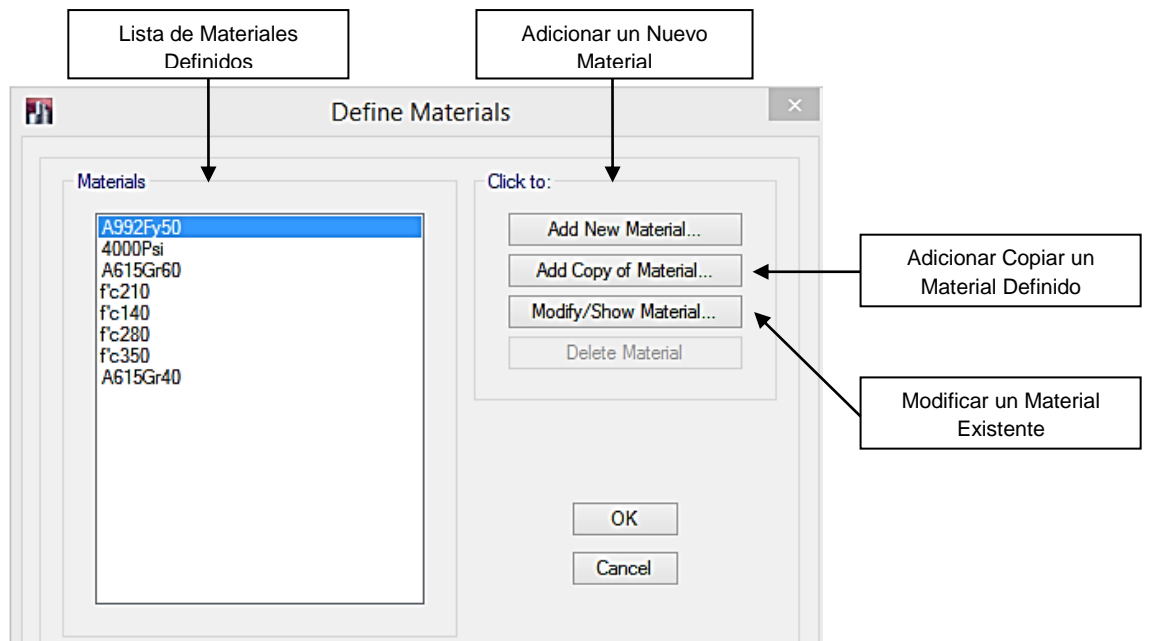


FIGURA 1.3
Definición de Materiales

Adicionar un nuevo material (add new material)

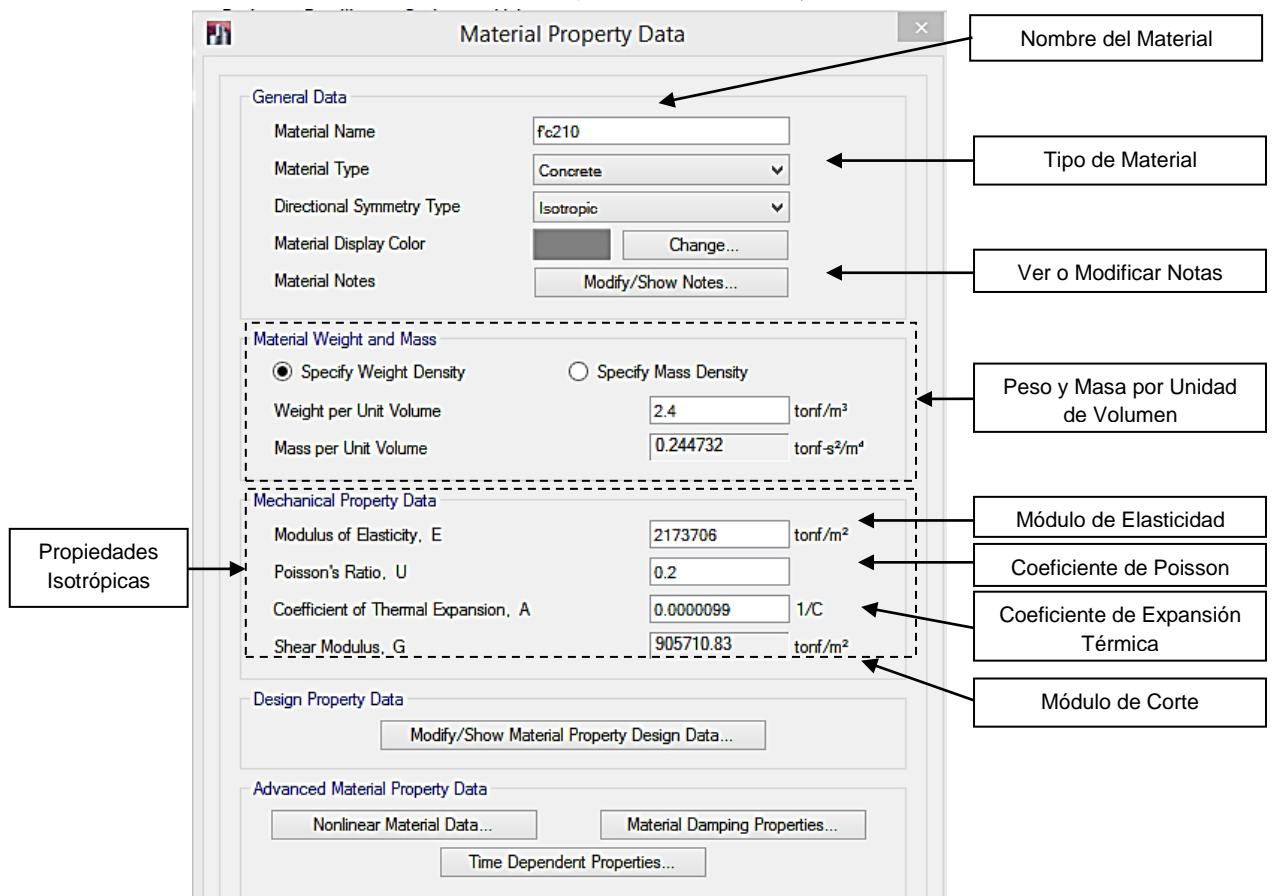
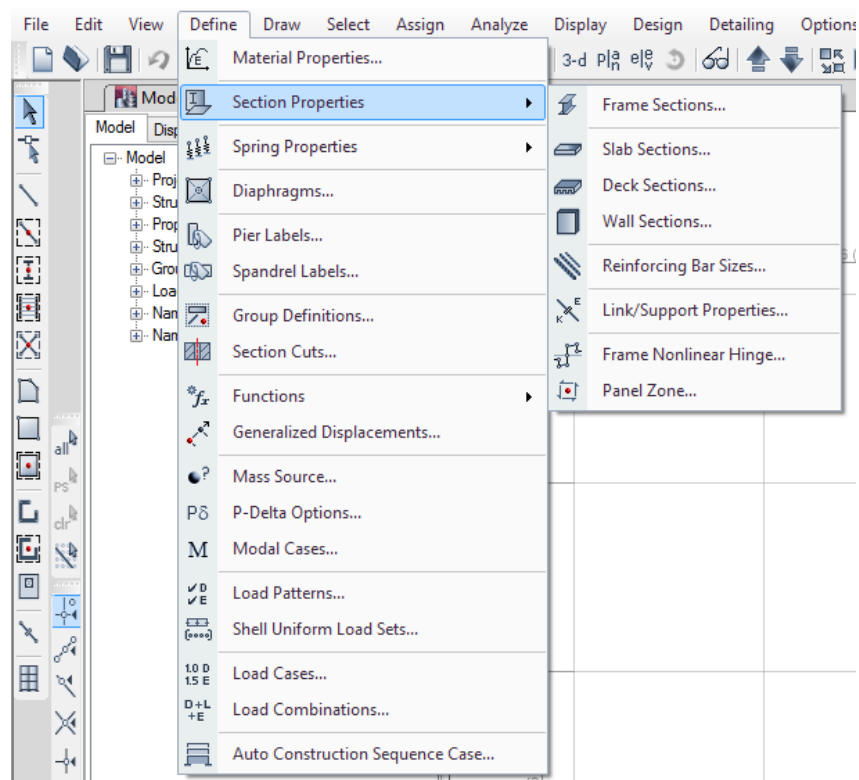


FIGURA 1.4
Definición de Materiales – Adicionar un Nuevo Material

Debe tenerse especial cuidado en los datos de propiedades de diseño, pues deben introducirse los valores correctos para el concreto de acuerdo a las unidades que se hayan establecido previamente.

b) Definición de secciones

Después de creado el material con el que se trabajará se procede a definir los tipos de secciones con las que se crearán las vigas primarias, vigas secundarias, columnas y losas del edificio a modelar. Para la definición de las secciones de los elementos que constituirán el edificio a modelar, se hará uso de los comandos “Frame Sections” y “Shell Sections” los cuales se encuentran dentro del menú que despliega el comando “Define” de la Barra de comandos. Se procederá a crear los elementos que forman el marco mediante el comando *Define / Frame Sections*, desplegando una ventana tal y como se muestra en la figura; antes de activar este comando es necesario hacer una revisión del tipo de unidades en el que se está trabajando con el fin de introducir valores correspondientes a las unidades que aparecen en la esquina inferior derecha de la ventana del programa.



Frame section: Sección para elementos de Pórticos (Vigas, Columnas, etc.)

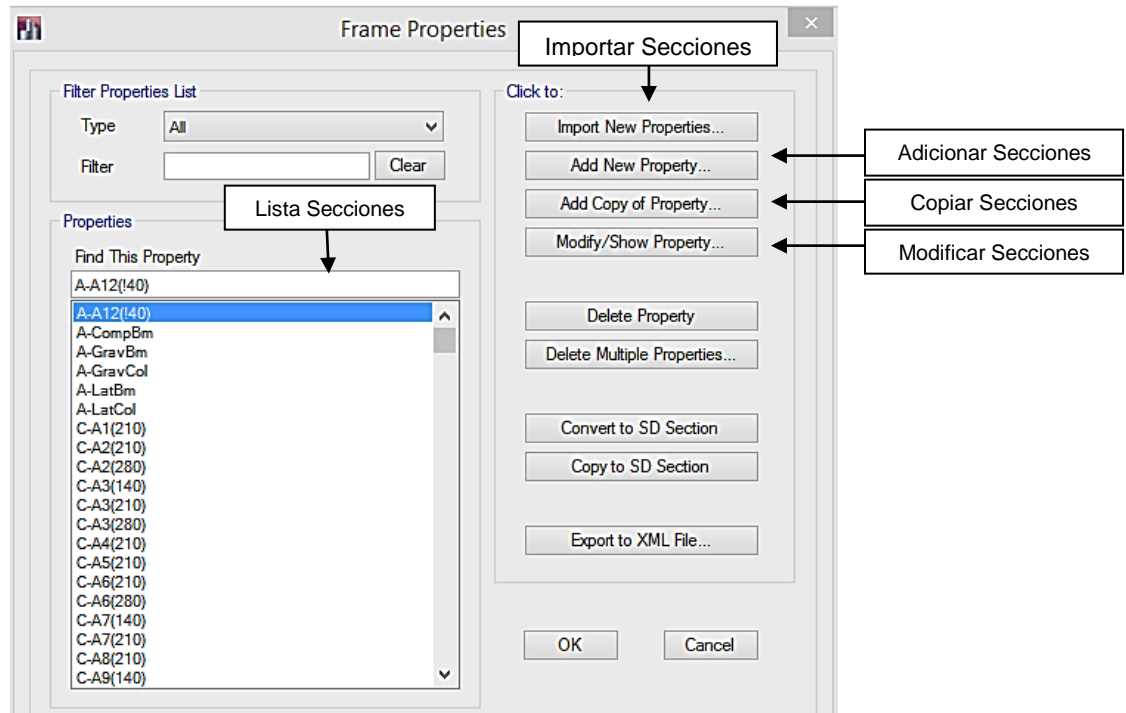


FIGURA 1.5
Propiedades de Sección – Elementos Estructurales

Se selecciona Add New Property y nos aparece el siguiente cuadro: **Definir Secciones en Concreto.**

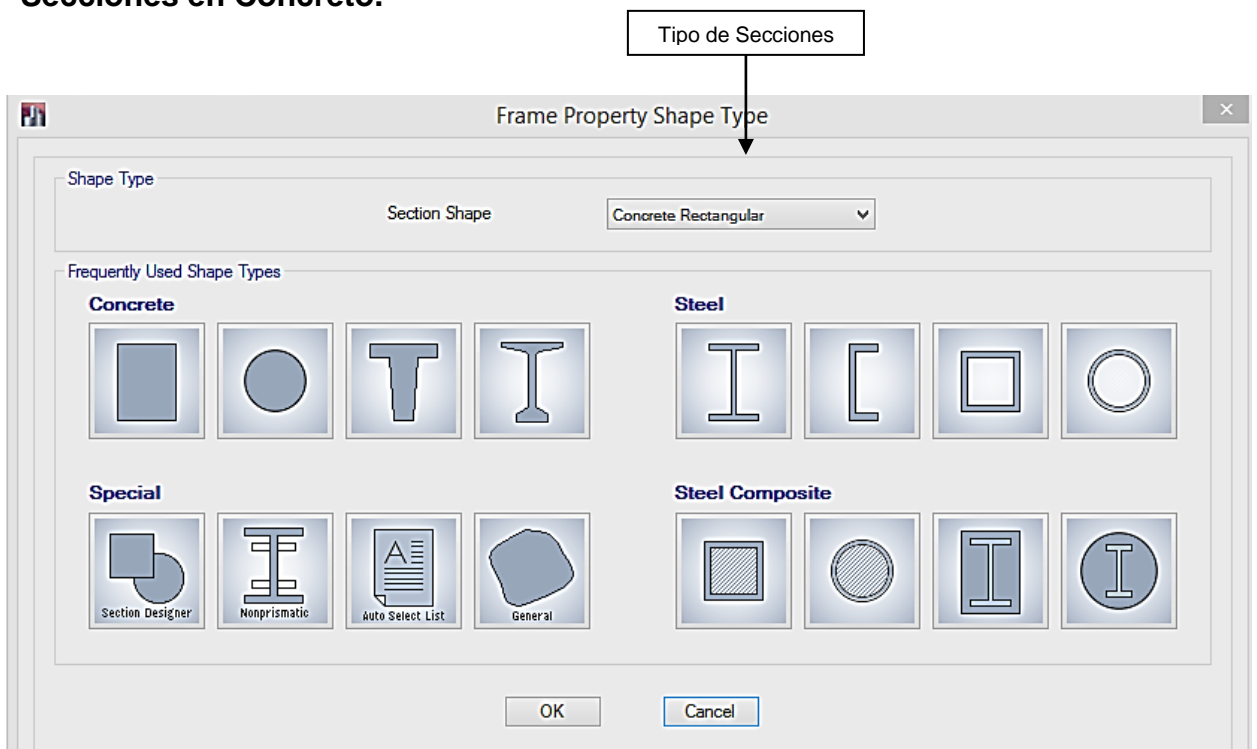
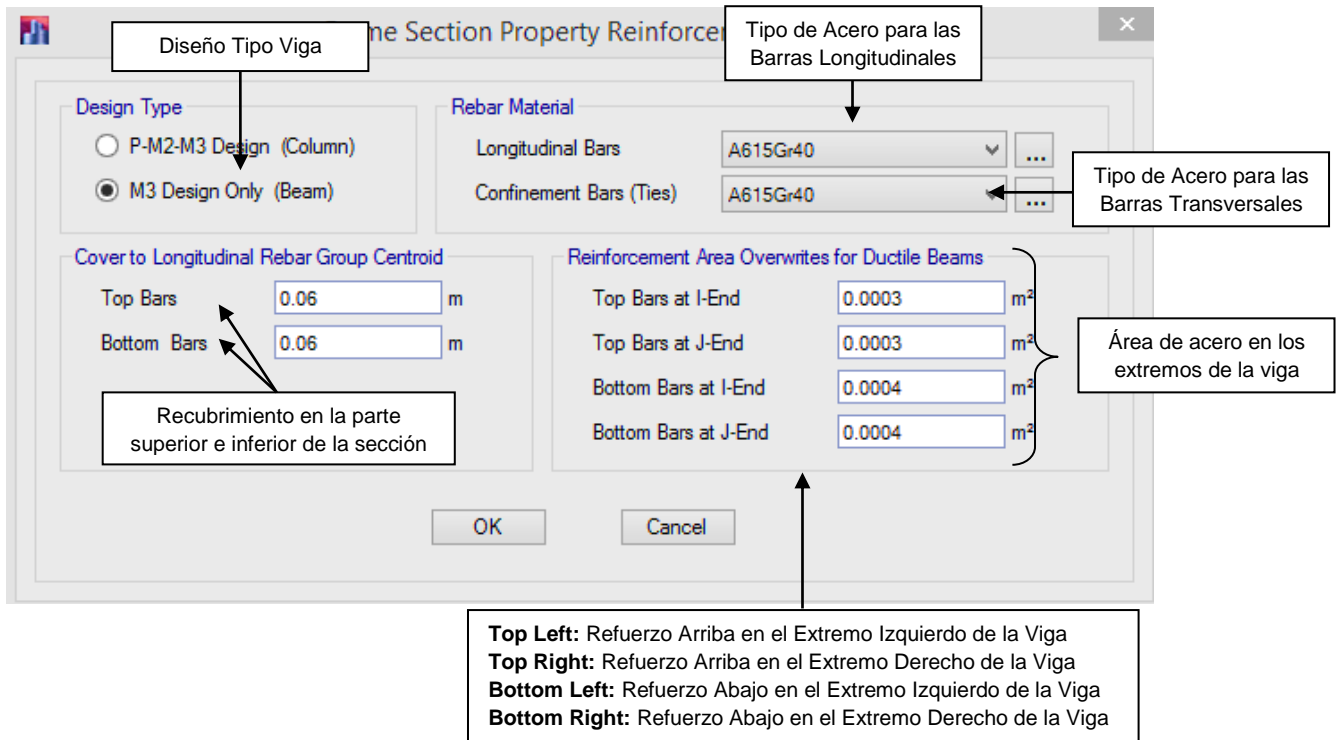
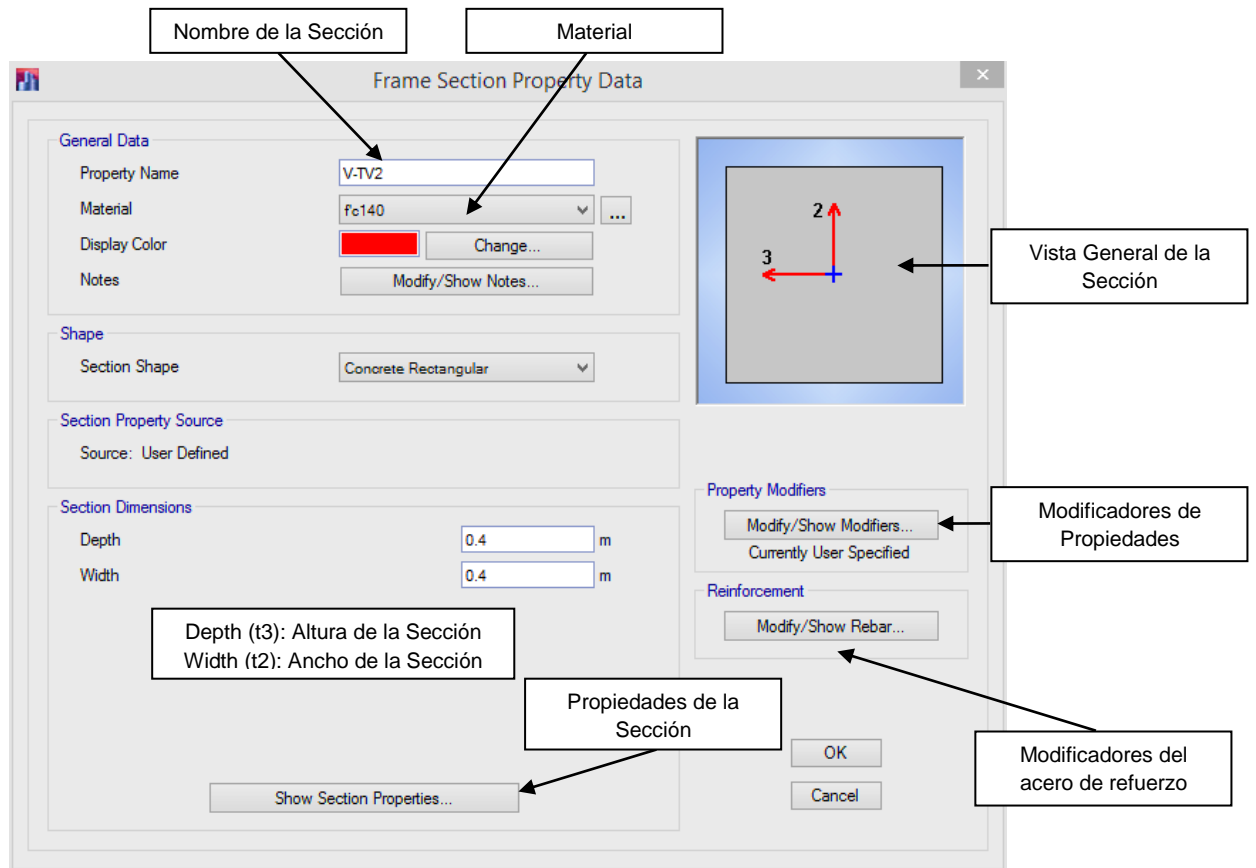
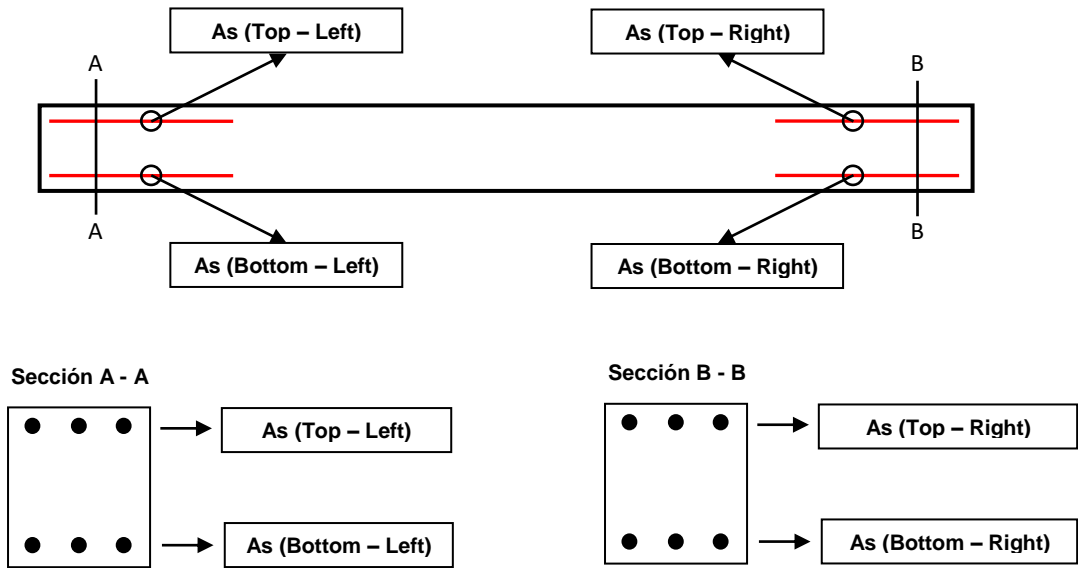


FIGURA 1.6
Tipo de secciones

Sección tipo: Rectangular para vigas.



Esquema de Disposición de Aceros Reales a Flexión



Sección Tipo: Rectangular para Columnas.

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box with various fields and buttons. Annotations point to specific elements:

- Nombre de la Sección:** Points to the 'Property Name' field containing 'C-A1(210)'.
- Material:** Points to the 'Material' dropdown menu showing 'fc210'.
- Vista General de la Sección:** Points to the 'Reinforcement' preview window showing a rectangular section with four bars and coordinate axes 2 and 3.
- Modificadores de Propiedades:** Points to the 'Property Modifiers' section, which includes a 'Modify/Show Modifiers...' button and the text 'Currently User Specified'.
- Modificadores del acero de refuerzo:** Points to the 'Reinforcement' section, which includes a 'Modify/Show Rebar...' button.
- Propiedades de la Sección:** Points to the 'Section Dimensions' section, which includes 'Depth' (0.55 m) and 'Width' (0.4 m) fields.
- Depth (t3): Altura de la Sección**
Width (t2): Ancho de la Sección
- Show Section Properties...:** Points to the 'Show Section Properties...' button at the bottom left.
- OK** and **Cancel** buttons are also visible at the bottom right.

Diseño Tipo Columna Configuración: Rectangular o Circular

The dialog box is titled "Frame Section Property Reinforcement Data" and contains the following sections:

- Design Type:**
 - P-M2-M3 Design (Column)
 - M3 Design Only (Beam)
- Rebar Material:**
 - Longitudinal Bars: A615Gr40
 - Confinement Bars (Ties): A615Gr40
- Reinforcement Configuration:**
 - Rectangular
 - Circular
- Confinement Bars:**
 - Ties
 - Spirals
- Check/Design:**
 - Reinforcement to be Checked
 - Reinforcement to be Designed
- Longitudinal Bars:**
 - Clear Cover for Confinement Bars: 0.04 m
 - Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3
 - Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 3
 - Longitudinal Bar Size and Area: #6, 0.0003 m²
 - Corner Bar Size and Area: #6, 0.0003 m²
- Confinement Bars:**
 - Confinement Bar Size and Area: #2, 3.226E-05 m²
 - Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.3 m
 - Number of Confinement Bars in 3-dir: 2
 - Number of Confinement Bars in 2-dir: 2

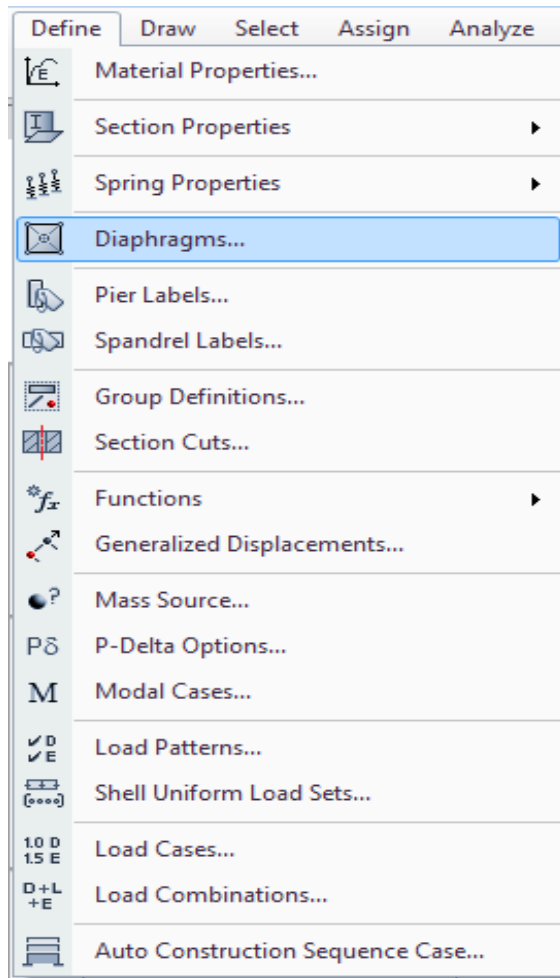
Callouts and their corresponding fields:

- Reinforcement Lateral: Ties (Ligaduras), Spiral (Zunchos) → Confinement Bars (Ties)
- Recubrimiento Libre de la Barra → Clear Cover for Confinement Bars
- Nro. De Barras paralelas a la Dirección 3 → Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face
- Nro. De Barras paralelas a la Dirección 2 → Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face
- Diámetro de las Barras de Refuerzo → Longitudinal Bar Size and Area / Corner Bar Size and Area
- Diámetro de las Barras de Refuerzo Transversal → Confinement Bar Size and Area
- Esp. Long. De las Barras de Confinamiento → Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis)
- Nro. De Barras Conf. Paralelas a la Dirección 2 → Number of Confinement Bars in 3-dir
- Nro. De Barras Conf. Paralelas a la Dirección 3 → Number of Confinement Bars in 2-dir

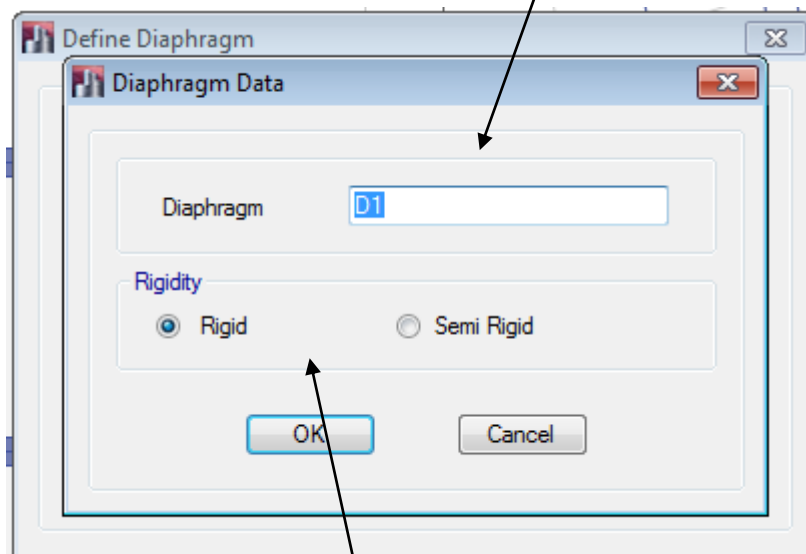
Es importante destacar que el diámetro de la Barra Longitudinal sólo se toma en cuenta si se utiliza la opción "Be Checked", es decir, si se va chequear la sección con el acero de refuerzo indicado.

Check: Refuerzo a Revisar a partir de la configuración preestablecida
Design: Refuerzo a Diseñar a partir de la configuración preestablecida

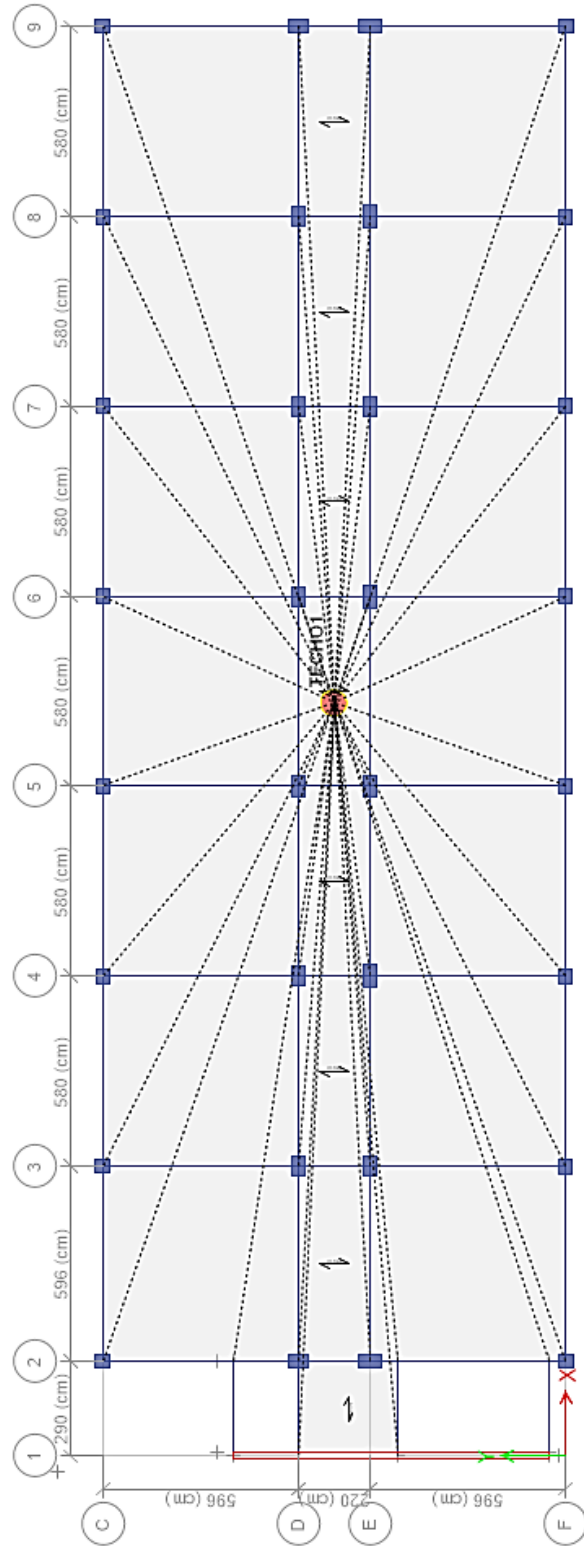
c) Definición de diagramas



El código del diafragma será asignado para cada piso.



Diafragma rígido

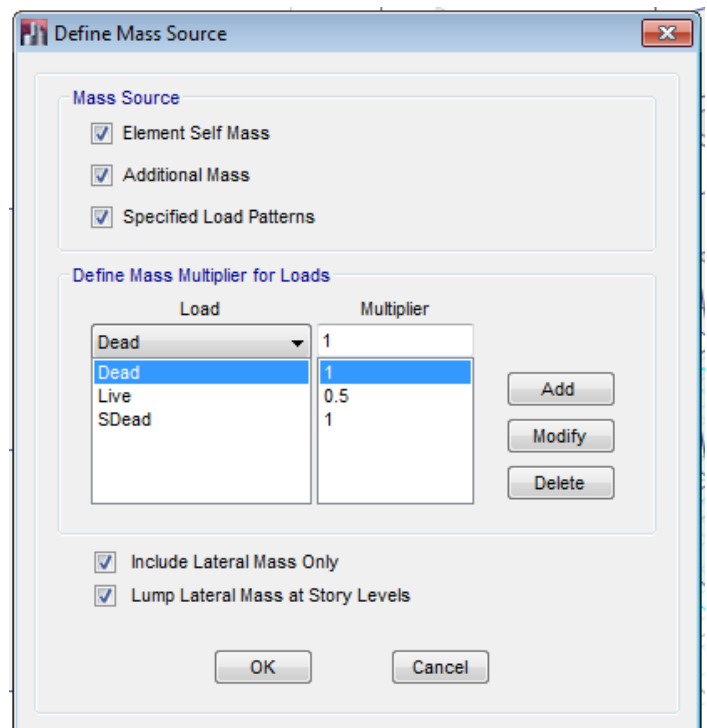
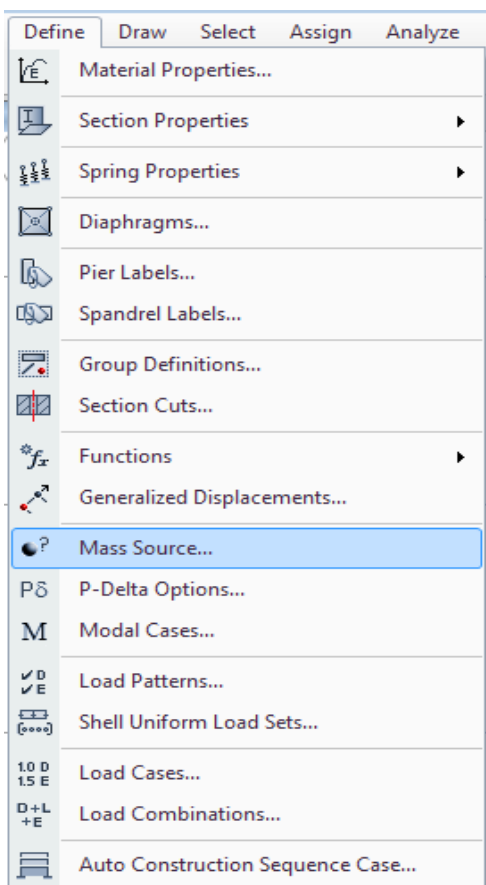


Debemos asegurarnos que todas las losas dentro del área estén seleccionadas.

d) Definición de masa source

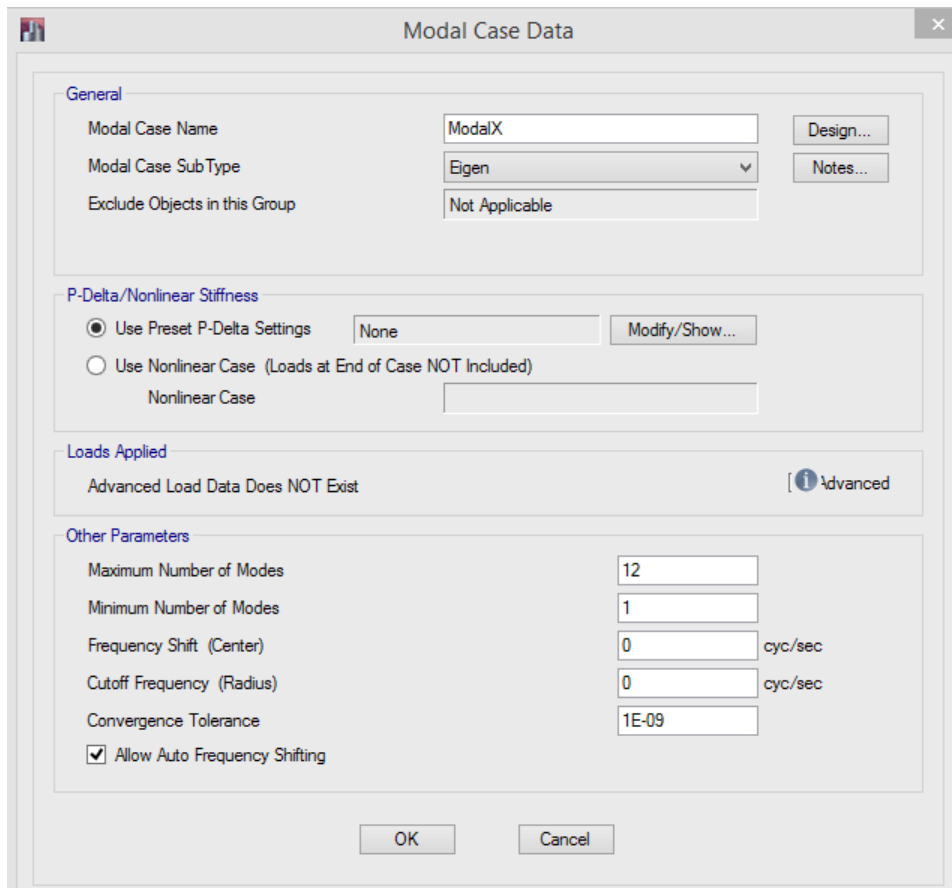
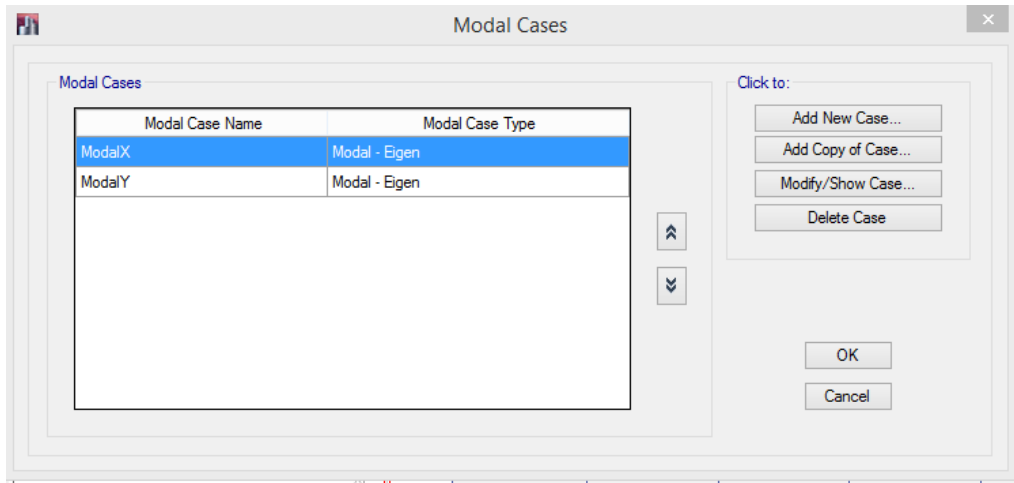
Es necesario para poder representar las cargas laterales debidas a las fuerzas sísmicas encontrar el centro de masa, este punto puede determinarse si inicialmente solo probamos la estructura con una combinación de carga muerta y viva y al obtener resultados, se solicita al programa que proporcione información sobre el Centro de Masa de la estructura mediante la opción de *Display / Set Output Table Mode*, que se explicará con mayor detalle en el transcurso de esta guía, ó simplemente calculando por cuenta propia el punto de ubicación del centro de masa.

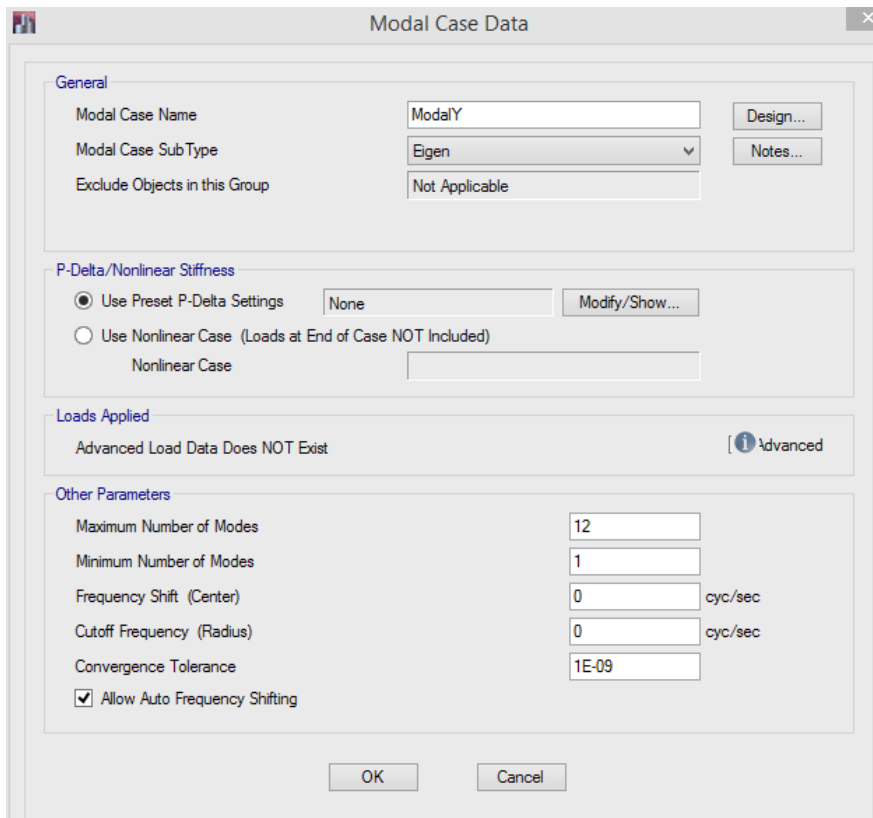
Para hacer que el Etabs considere el metrado de carga muerta, viva y Sdead de la estructura modelada, se realiza lo siguiente:



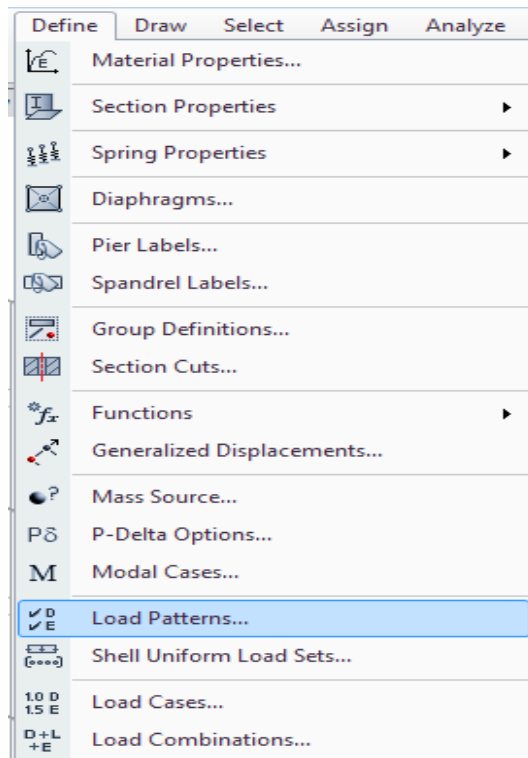
El Etabs considerara el 100% de la carga muerta y de Sdead, y un 50% de la carga viva, esto dependerá del tipo de edificación.

e) Definición de modal case



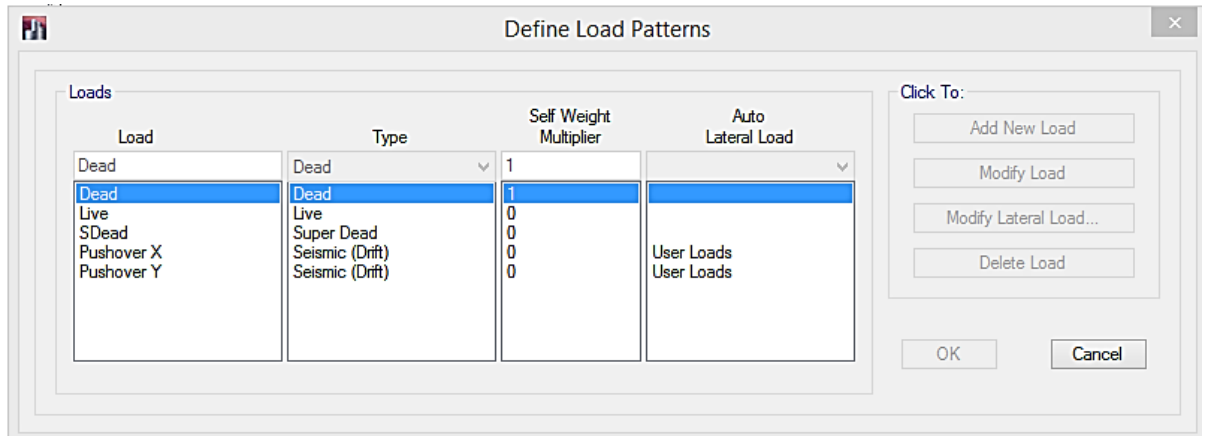


f) Definición de load patterns



Determinación de los Patrones de Carga:

Se definen los tipos de carga que serán manejadas en el edificio (peso propio, cargas vivas, sobre carga propia y carga viva de techo).



Carga Muerta
Carga Viva
Carga por Tabiquería (Acabados)
Pushover

Asignación de sobre carga:

- Se selecciona todas las vigas y le incorporamos una carga distribuida por el peso propio.
- Se selecciona de nuevo las vigas del primero al último piso y asignamos una carga distribuida por sobre carga permanente asignándole un peso así como una carga viva.
- Se selecciona el techo y se le asigna una sobre carga permanente e incorporamos una carga viva de techo.

- **Determinación de la cortante basal**

User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx N	Fy N	Mz N-cm
Story8	TECHO8	725888.25	0	0
Story7	TECHO7	1109426.34	0	0
Story6	TECHO6	954481.26	0	0
Story5	TECHO5	812088.7	0	0
Story4	TECHO4	655378.43	0	0
Story3	TECHO3	498766.23	0	0
Story2	TECHO2	343036.62	0	0
Story1	TECHO1	187503.15	0	0

1

Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms): 0.05

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

OK Cancel

Colocación de Fuerzas Sísmicas (obtenidas del Análisis Estático)

User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx N	Fy N	Mz N-cm
Story8	TECHO8	0	725888.25	0
Story7	TECHO7	0	1109426.34	0
Story6	TECHO6	0	954481.26	0
Story5	TECHO5	0	812088.7	0
Story4	TECHO4	0	655378.43	0
Story3	TECHO3	0	498766.23	0
Story2	TECHO2	0	343036.62	0
Story1	TECHO1	0	187503.15	0

1

Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms): 0.05

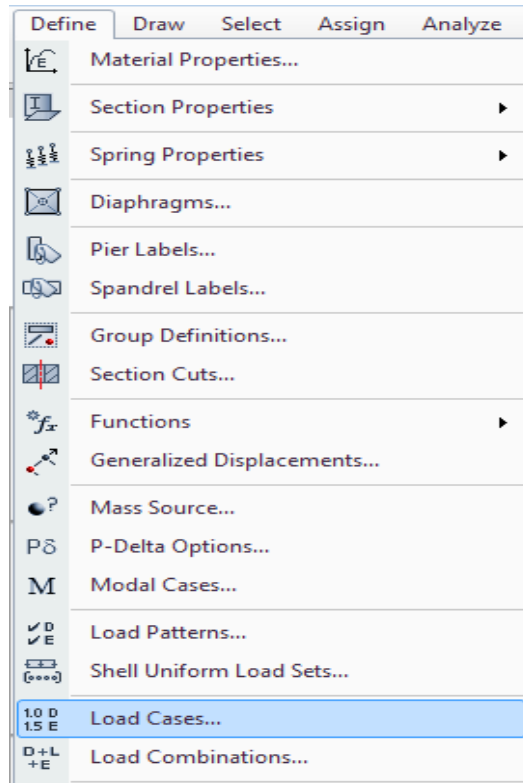
Sort Rows Add Row Delete Row(s)

OK Cancel

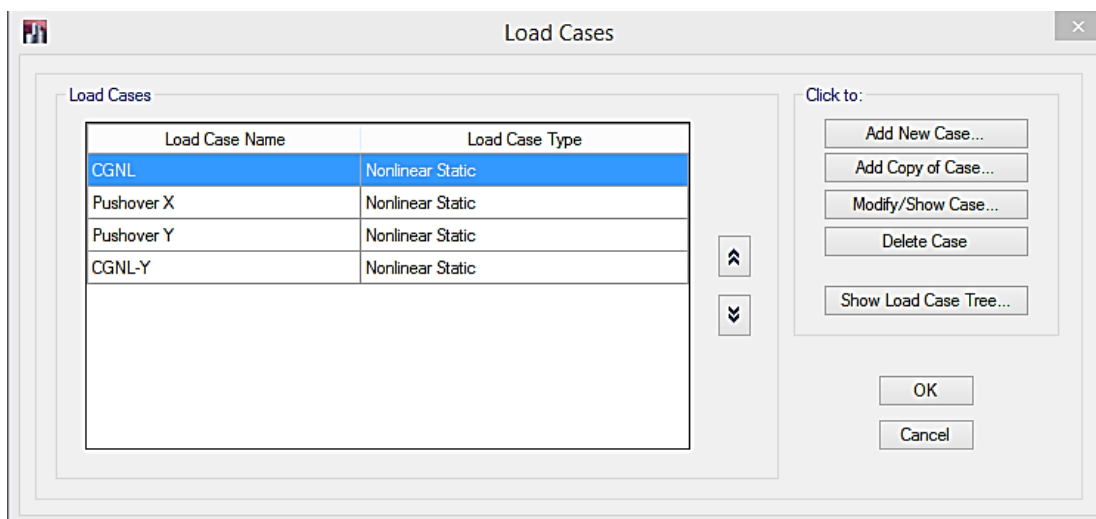
Colocación de Fuerzas Sísmicas (obtenidas del Análisis Estático)

g) Definición de load case

Se definen los casos de carga (loads cases) agregamos un caso llamado carga gravitacional no lineal para X e Y y otro caso de carga llamado Pushover para X e Y.



CGNL = Carga gravitacional no lineal para X e Y
Pushover= carga lateral no lineal para X e Y



Carga Gravitacional No Lineal

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the following settings:

- General:** Load Case Name: CGNL; Load Case Type: Nonlinear Static; Exclude Objects in this Group: Not Applicable.
- Initial Conditions:** Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State; Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included); Nonlinear Case: (empty).
- Loads Applied:** A table with 3 rows: Load Type: Load Pattern, Load Name: Dead, Scale Factor: 1; Load Type: Load Pattern, Load Name: SDead, Scale Factor: 1; Load Type: Load Pattern, Load Name: Live, Scale Factor: 1.
- Other Parameters:** Modal Load Case: ModalX; Geometric Nonlinearity Option: None; Load Application: Full Load; Results Saved: Final State Only; Nonlinear Parameters: Default.

Tipo de Caso de Carga

Patrones de Carga

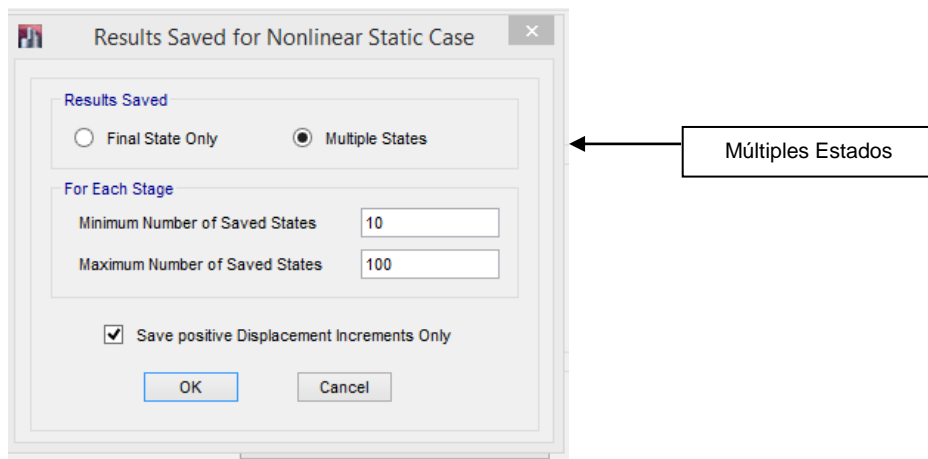
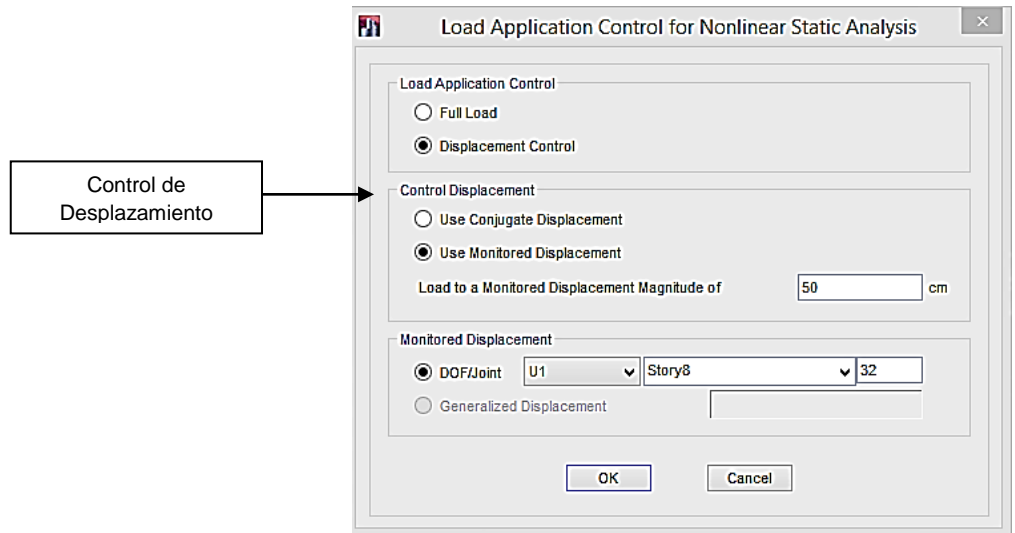
Pushover para X e Y

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the following settings:

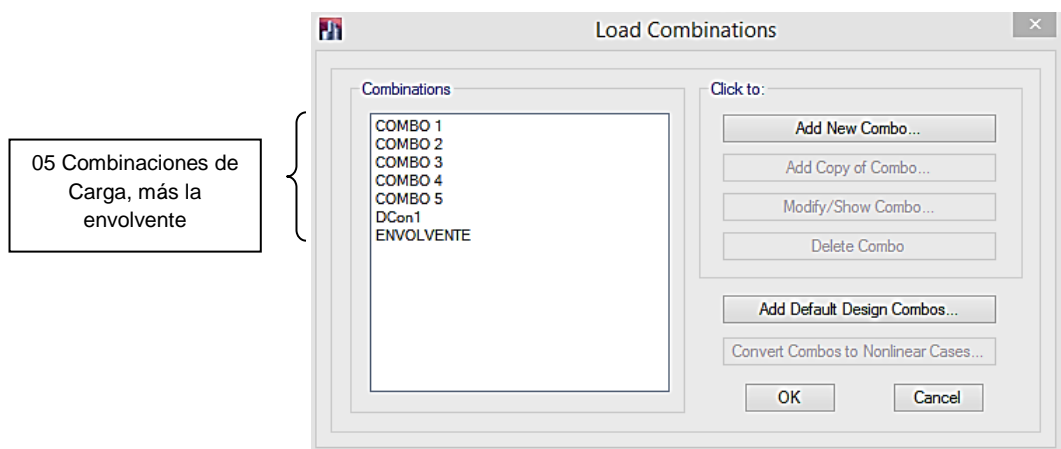
- General:** Load Case Name: Pushover X; Load Case Type: Nonlinear Static; Exclude Objects in this Group: Not Applicable.
- Initial Conditions:** Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State; Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included); Nonlinear Case: CGNL.
- Loads Applied:** A table with 1 row: Load Type: Load Pattern, Load Name: Pushover X, Scale Factor: 1.
- Other Parameters:** Modal Load Case: ModalX; Geometric Nonlinearity Option: None; Load Application: Displacement Control; Results Saved: Multiple States; Nonlinear Parameters: Default.

Tipo de Caso de Carga

Patrones de Carga

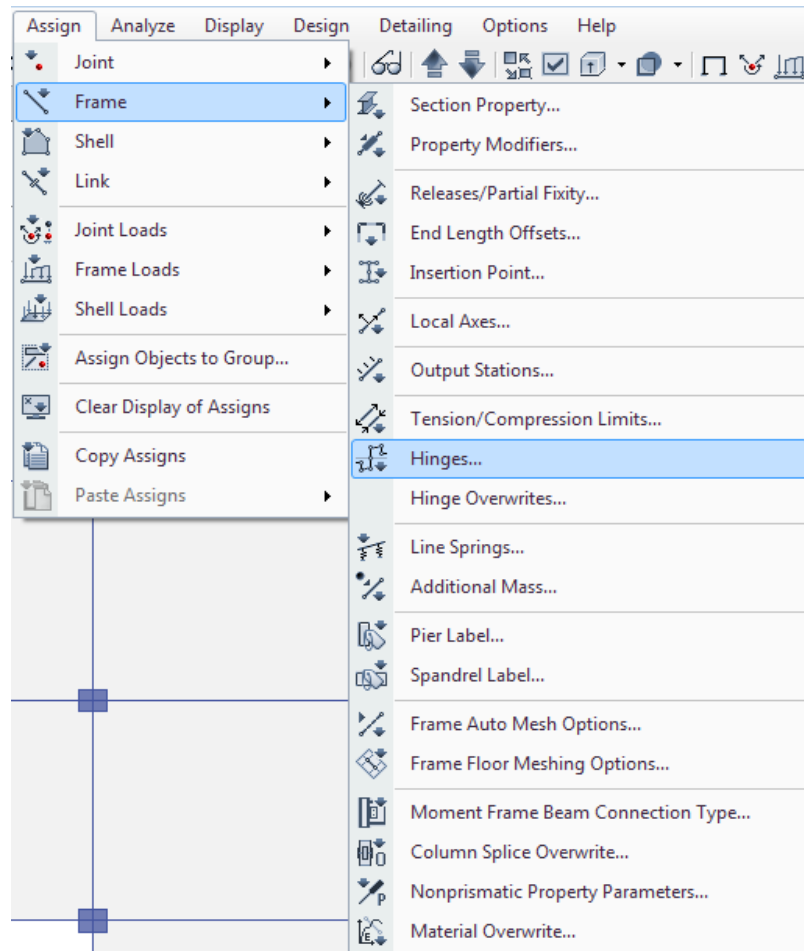


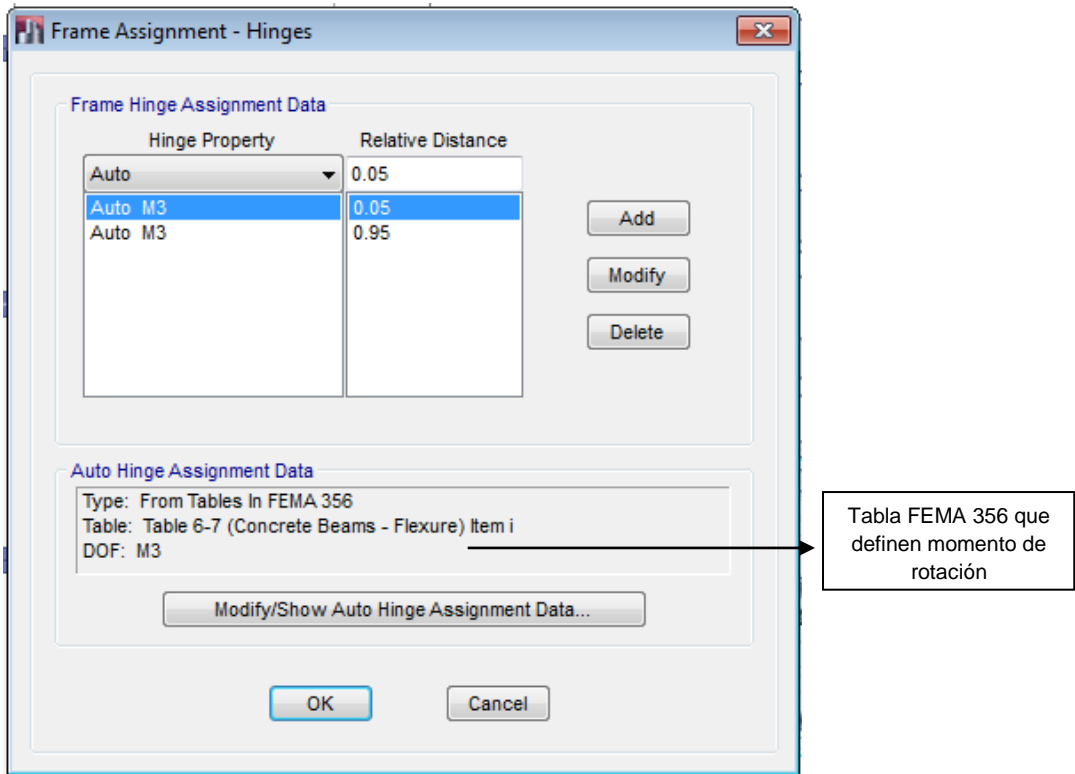
h) Definición de load combinations



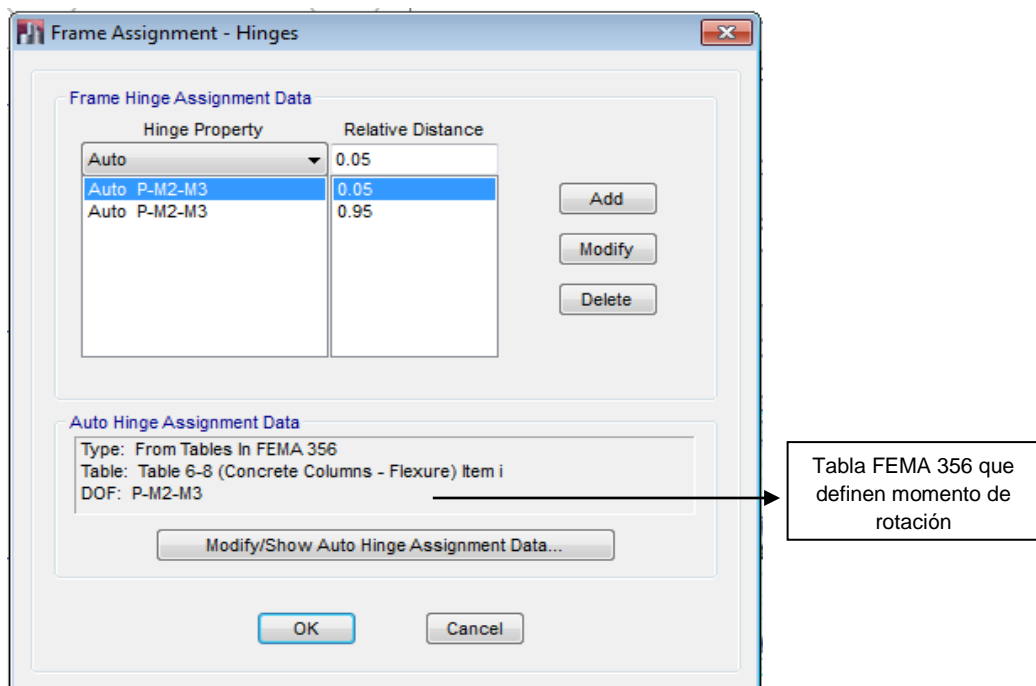
i) Definición de rótulas plásticas

En este comando se le asigna los datos del peso propio, las carga vivas, la carga viva de techo primeramente se selecciona las vigas de cada entre piso y se va assign/ frame/ hinged hay se le asigna un 5% y 95% para generar las posible rotula plástica para vigas agregamos las tablas de vigas de fema 356 del momento rotación del concreto.





Para el caso de columnas siguiendo los mismos parámetros assign/ frame/ hings hay se le asigna un 5% y 95% para posible módulo de rotula plástica para columnas agregamos las tablas () la cual trabaja como carga axial momento 3 el cual le decimos que la busque del caso Pushover en el cual hay una variación en la carga axial producto del incremento de la carga.



6.4. Dibujo de los Elementos

Después de haber definido las secciones, diafragmas, los casos de cargas a los que será sometida la estructura y sus rotulas plásticas, se procede con el dibujo de los elementos que conforman a la misma, para tal efecto se hará uso de las herramientas de dibujo, tanto las que se encuentran en el comando “Draw” de la barra de comando, como las que aparecen como iconos de acceso directo en la “Barra de Herramientas de Dibujo y Enfoque”.

Lista general de menú DRAW:

Barra de herramientas de dibujo:

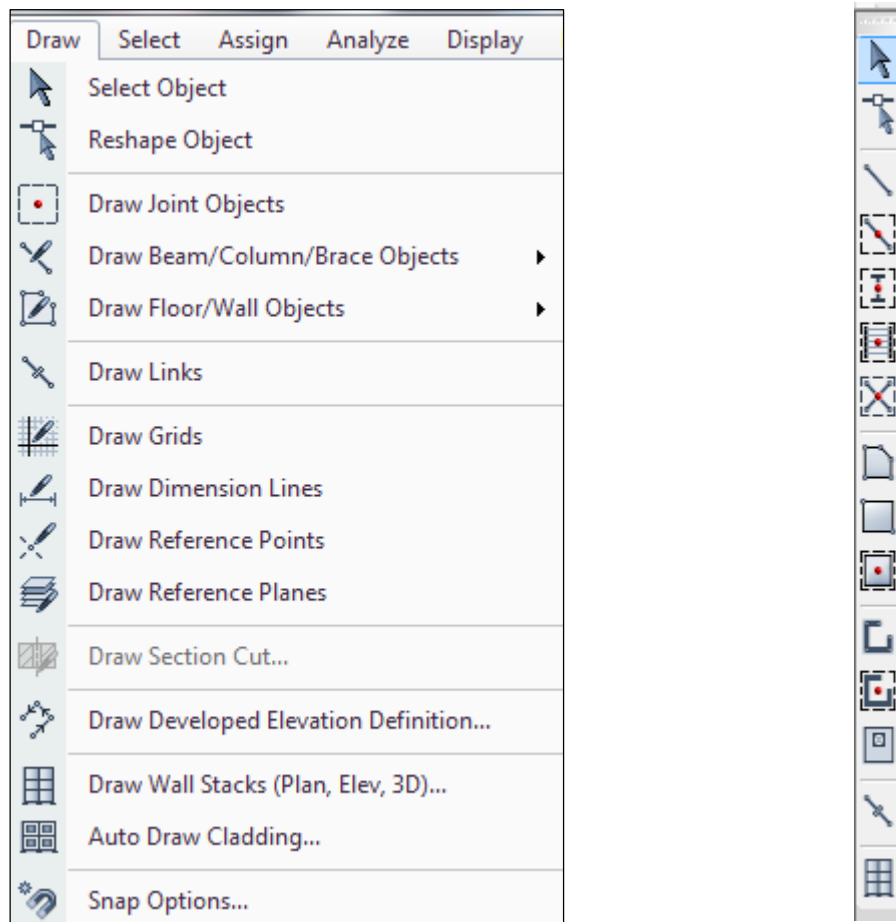


Figura 6
Menú DRAW y barra de herramientas de dibujo

6.4.1. Dibujo de vigas

Bosquejo de elementos de vigas:

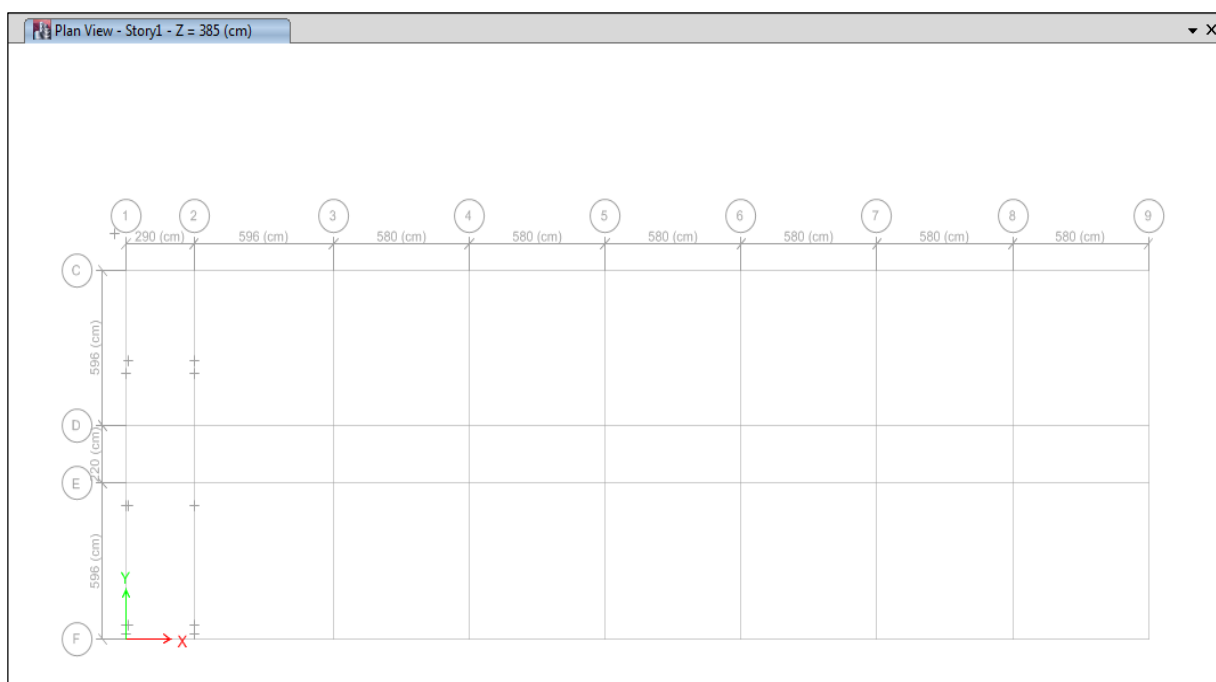




Figura 7
GRID para los elementos de vigas

Para el dibujo de las vigas de nuestra edificación se utilizara el ícono , con este icono se tendrá que seleccionar dos puntos para poder dibujar la viga (punto inicial y punto final de cada viga), para este procedimiento se recomienda trabajar con la vista en planta (XY), para facilidad de dibujo.

Nota: También se pudo realizar el dibujo de las vigas utilizando el icono , en el cual se selecciona la grilla entre eje y eje en donde debe estar colocada la viga, y el elemento se dibuja automáticamente.

Utilizando esta herramienta las vigas deberán estar colocadas y dibujadas de la siguiente manera:

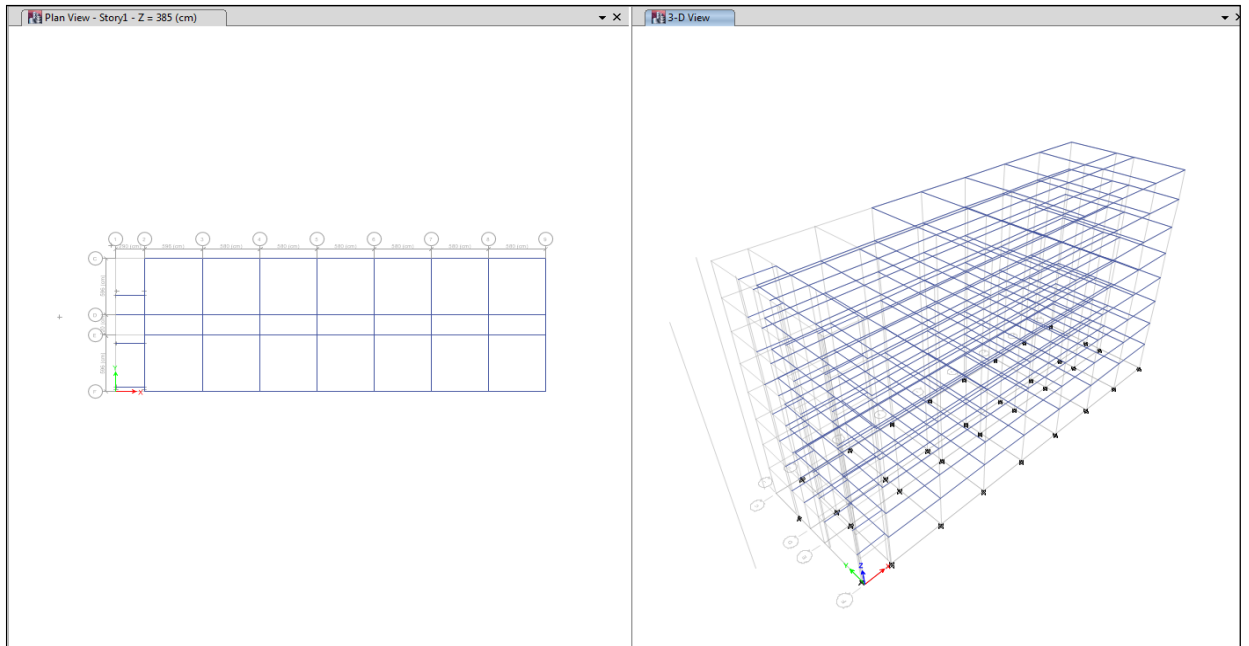


Figura 8
Dibujo con elementos FRAME para vigas

6.4.2. Dibujo de columnas

Bosquejo de columnas:

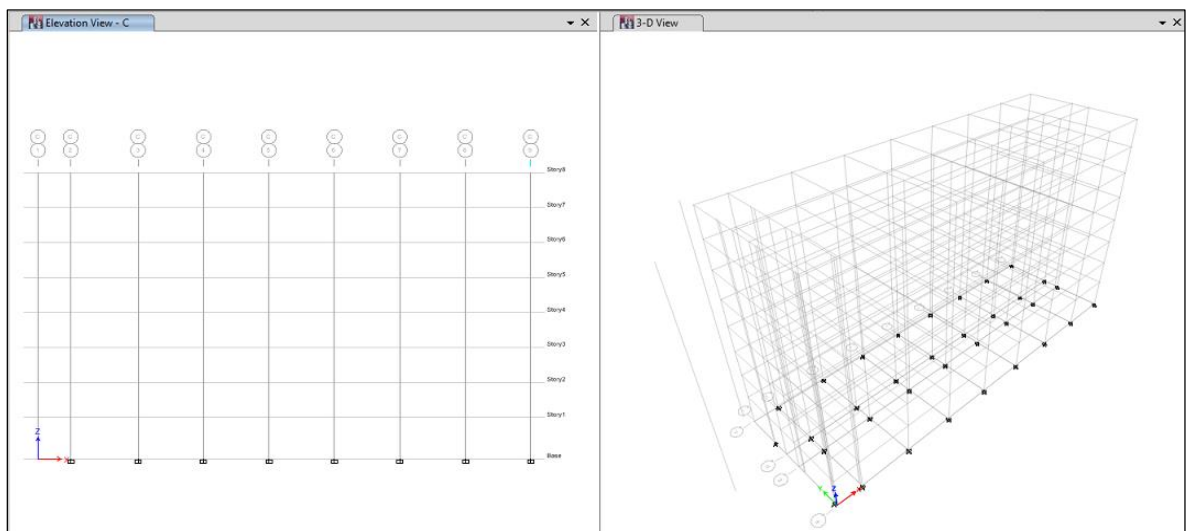



Figura 9
GRID para los elementos de columnas

Para el dibujo de columnas de nuestra edificación se utiliza el siguiente ícono como herramienta de dibujo  (QUICK DRAW COLUMNS), en el cual se debe seleccionar el punto donde será colocada la columna y

esta se dibujará automáticamente, en el piso que se está trabajando, para este proceso se recomienda trabajar en la vista planta para que la selección de las columnas sea rápida y fácil.

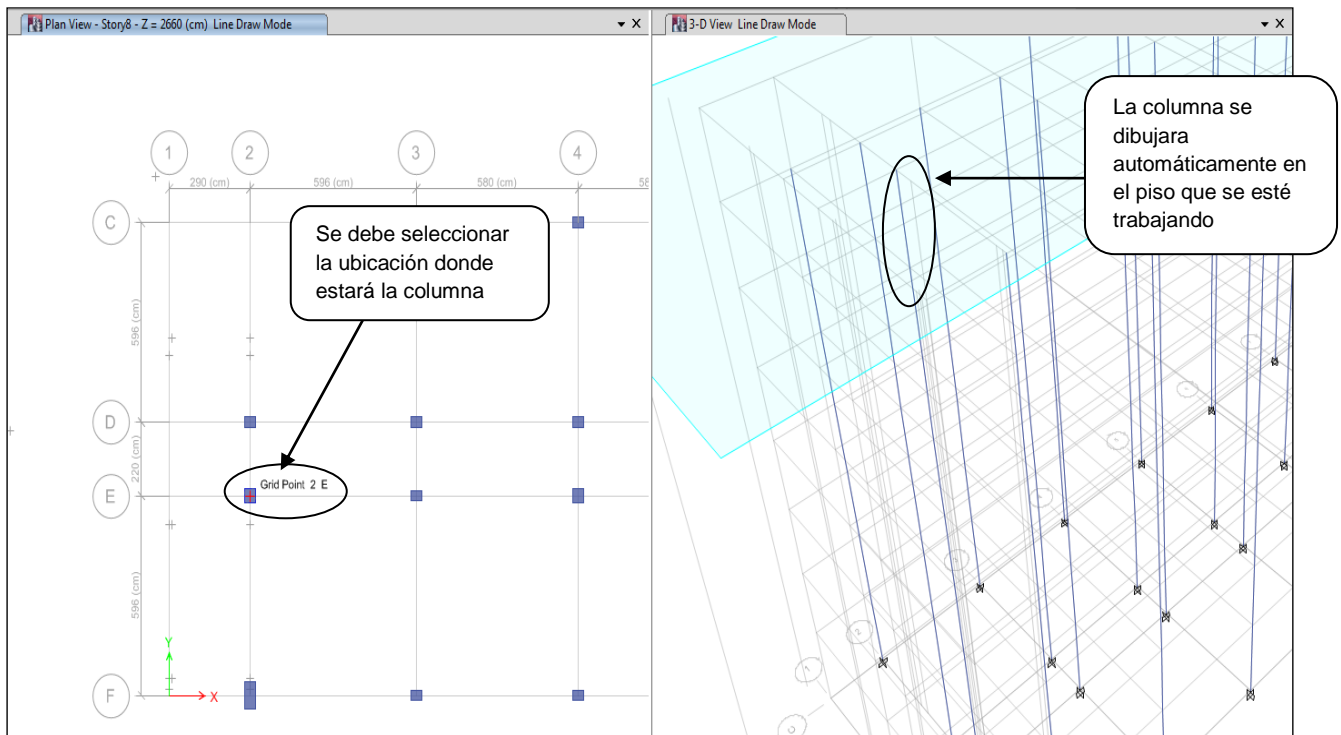





Figura 10
Dibujo con elementos FRAME para columnas

6.4.3. Dibujo de losas

Para realizar el dibujo de las losas aligeradas y macizas de nuestro caso en estudio, se puede desarrollar con las siguientes herramientas:

-  (DRAW FLOOR/ WALL), con esta herramienta podemos dibujar losas irregulares ya que se tienen que seleccionar varios puntos de la losa para que pueda ser plasmada en el modelo.
-  (DRAW RECTANGULAR FLOOR/ WALL), con esta herramienta podemos dibujar losas rectangulares, en el cual es necesario seleccionar dos puntos extremos en donde estará ubicada la losa.

-  (QUICK DRAW FLOOR/WALL), con esta herramienta podemos dibujar las losas dando un click en el área que estará ubicada la losa (debe ser un área cerrada en la GRID), esta se dibujara automáticamente.

Nota: Para nuestro caso en estudio se recomienda utilizar la herramienta (QUICK DRAW FLOOR/WALL), ya que todas las áreas de las losas están cerradas en la GRID y están son rectangulares.

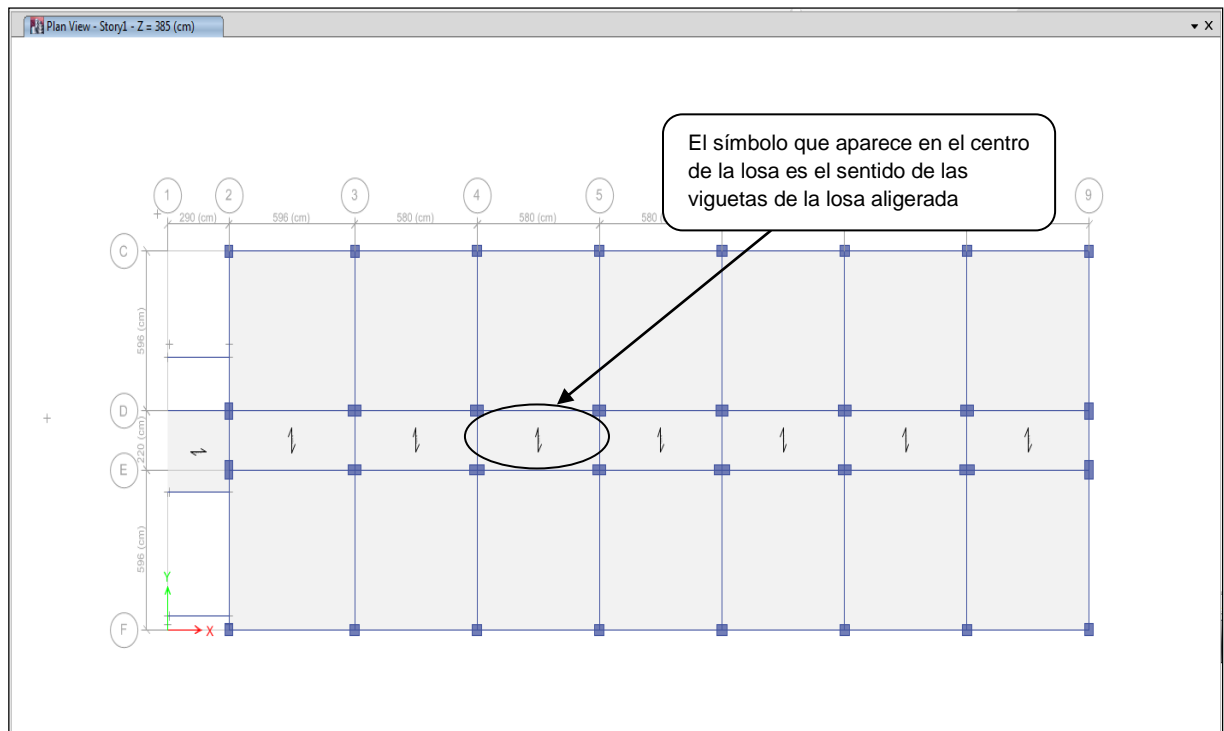


Figura 11

Modelamiento de losas aligeradas en uno y dos sentidos

6.4.4. Dibujo de muros

En nuestro caso de estudio tenemos un muro que está ubicado en el extremo de la estructura (eje 1), en el cual utilizaremos la siguiente herramienta de dibujo:

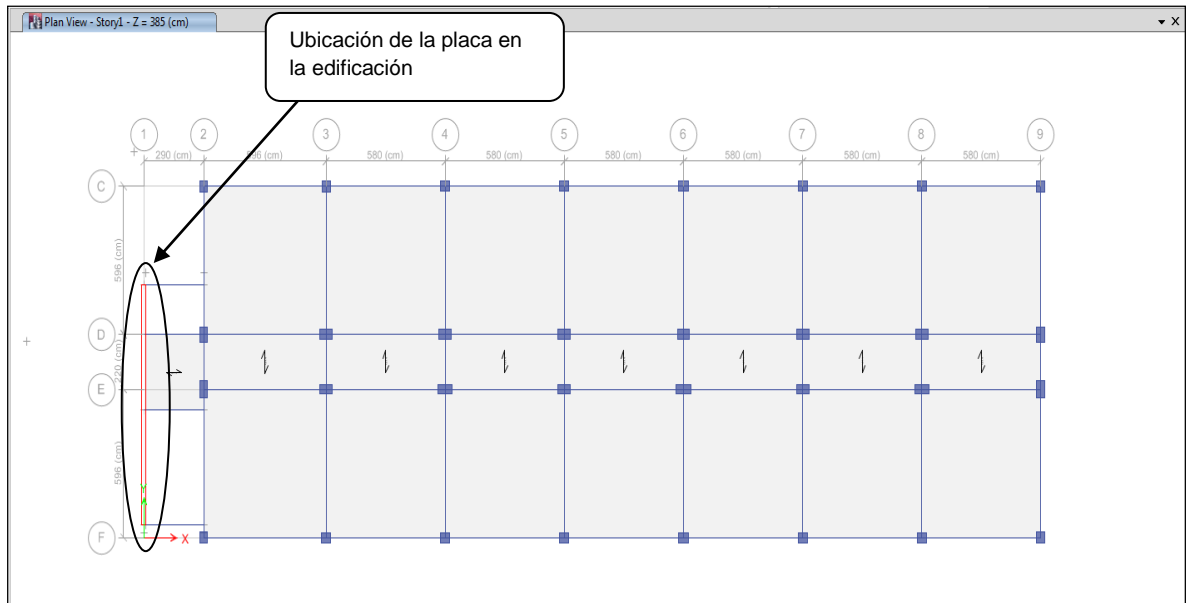

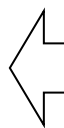


Figura 12
Modelamiento de muros de corte de la edificación

 (DRAW WALLS), en el cual se debe seleccionar el punto inicial y final del muro para que este pueda ser dibujado, se debe trabajar en la vista planta (XY), para que el proceso de dibujo sea rápido y fácil.

Nota: Se recomienda utilizar la opción de similar story para que todo lo que se realice en un piso se pueda plasmar en los pisos similares.



Esta opción está ubicada en la parte inferior derecha de la pantalla del programa

6.5. Asignación

Luego de haber realizado el dibujo de toda la edificación, se debe asignar las propiedades en los elementos estructurales (vigas, columnas, muros, techo, apoyos) ya que cada uno tendrá un comportamiento distinto, también se deberá asignar los centros de masas de cada nivel de la edificación y las cargas actuantes en cada nivel (carga muerta, viva, acabados y tabiquería), para ello utilizaremos la siguiente herramienta:

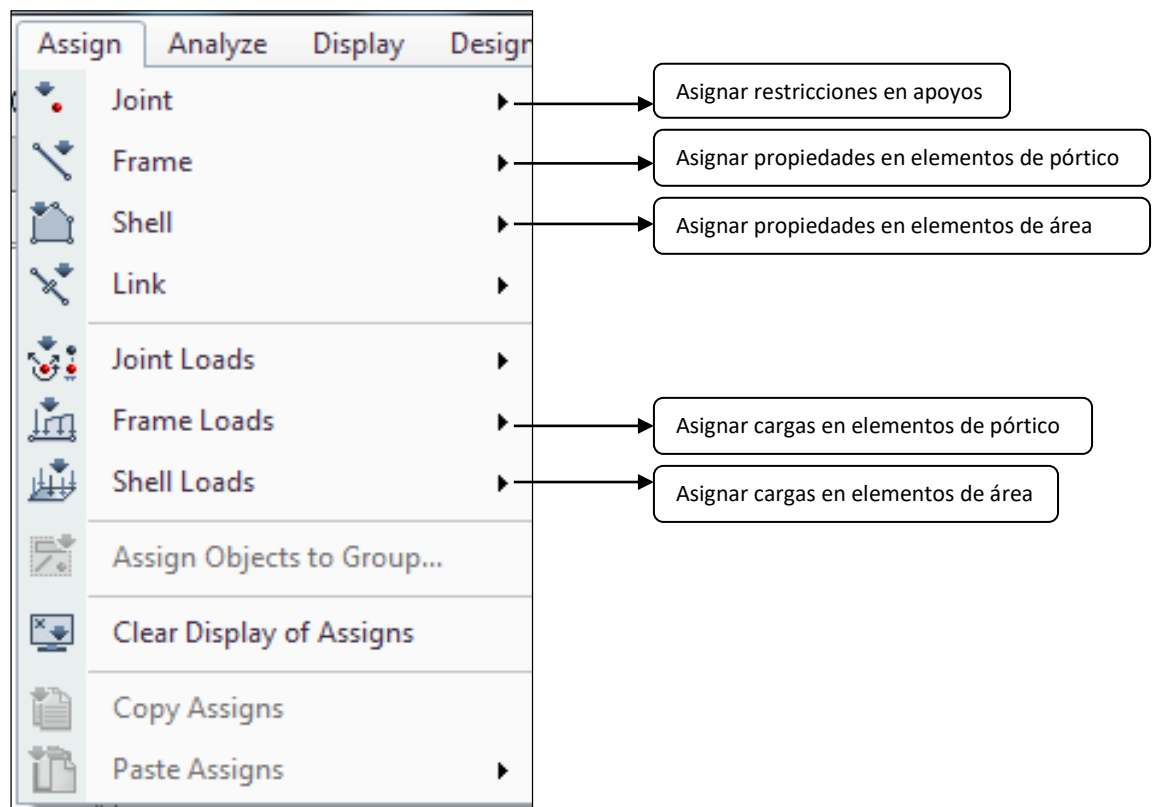


Figura 13
Opciones de Menú ASSING

6.5.1. Restricción en la base del edificio

Para lograr esta asignación, primero debemos ubicarnos en la base de la edificación, para luego seleccionar todos los nudos de la base.

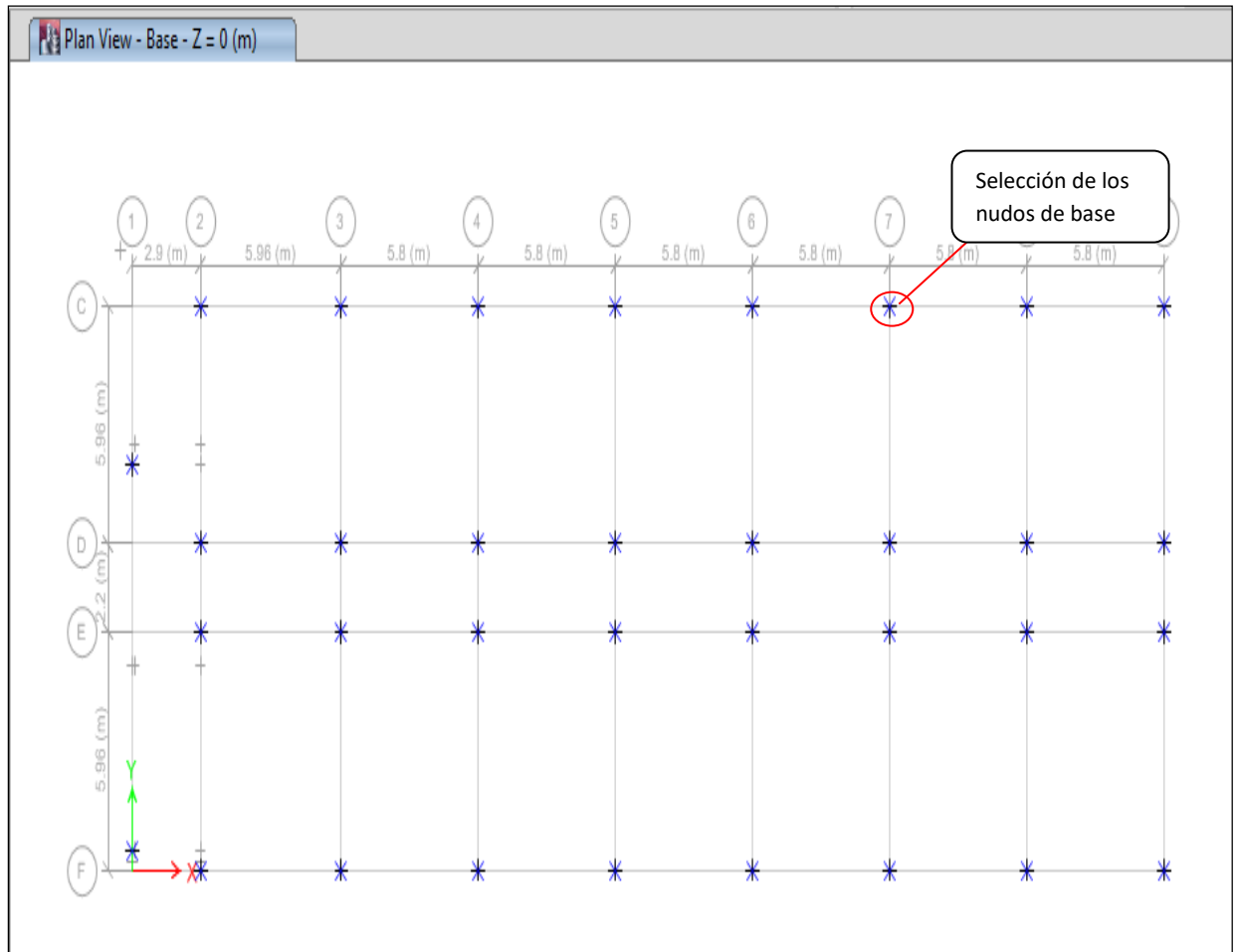


Figura 14
Selección de los nudos base de la edificación

Una vez seleccionado los nudos de la base, nos ubicamos en ASSIGN/ JOINT/ RESTRAINTS, en la barra de herramientas, como podemos observar en la siguiente imagen.

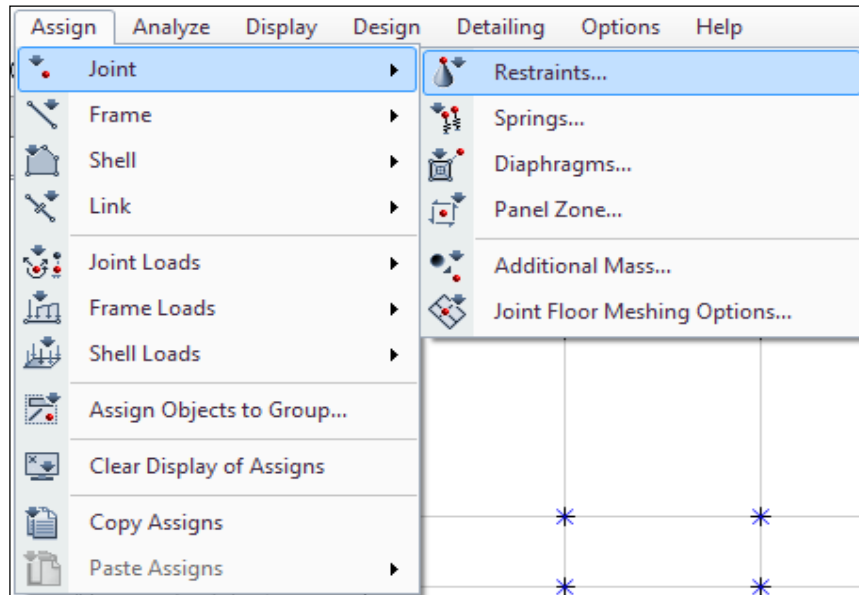


Figura 15
Selección de los nudos base de la edificación

Nos aparecerá la siguiente ventana, en donde deberemos escoger que tipo de apoyo base tendría nuestra edificación (empotrado, fijo, desplazable).

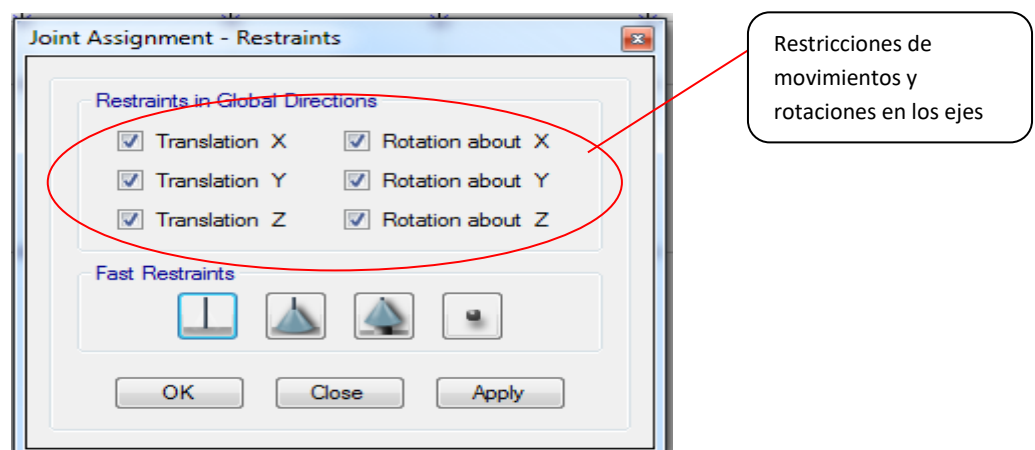



Figura 16
Tipos de restricciones en los apoyos

Para nuestro caso en estudio se escogerá el empotrado, para evitar los movimientos y rotaciones en todos los ejes ().

6.5.2. Asignación en elementos de pórticos

Se debe seleccionar el elemento que queremos asignar su sección y propiedades correspondientes, el cual podría ser las columnas o las vigas de la edificación, para este ejemplo se seleccionaran las columnas, como en nuestro caso de estudio tenemos distintos tipos de columna, se deberá seleccionar las columnas que sean del mismo tipo.

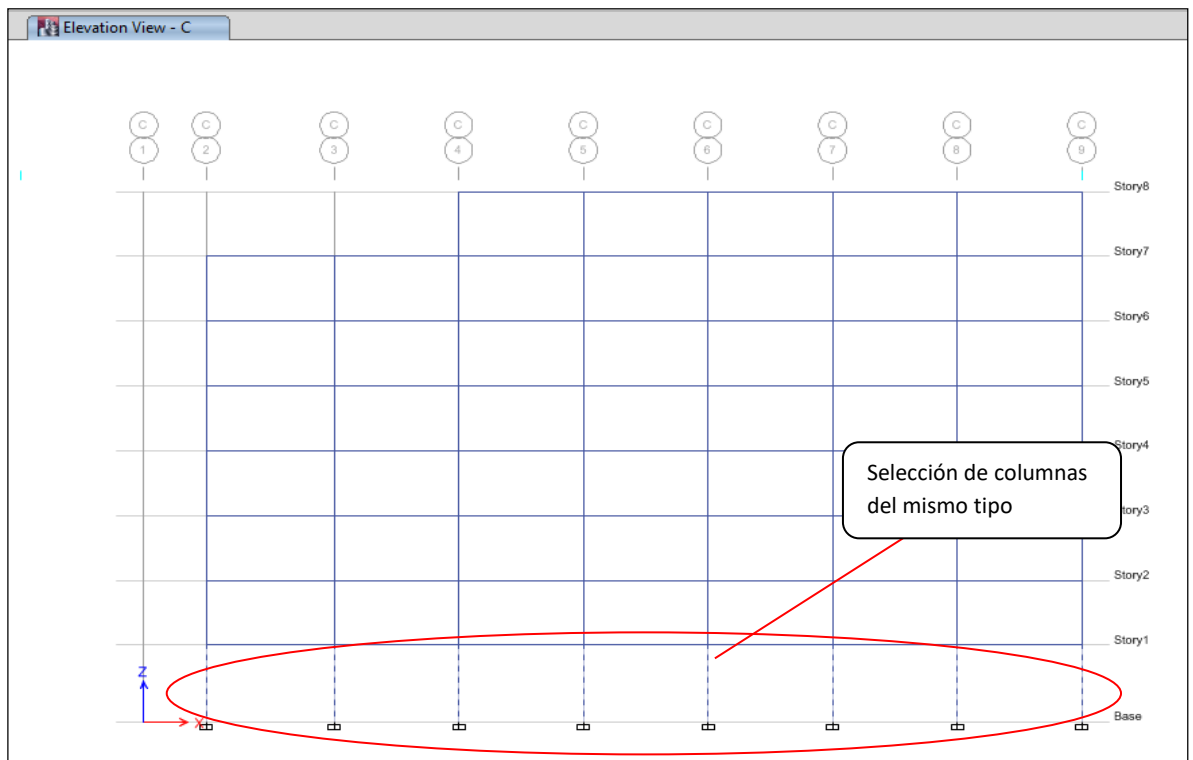


Figura 17
Selección de columnas para asignación de propiedades

Luego debemos ubicarnos en ASSIGN/ FRAME/ SECTION PROPERTY, tal como se muestra en la imagen.

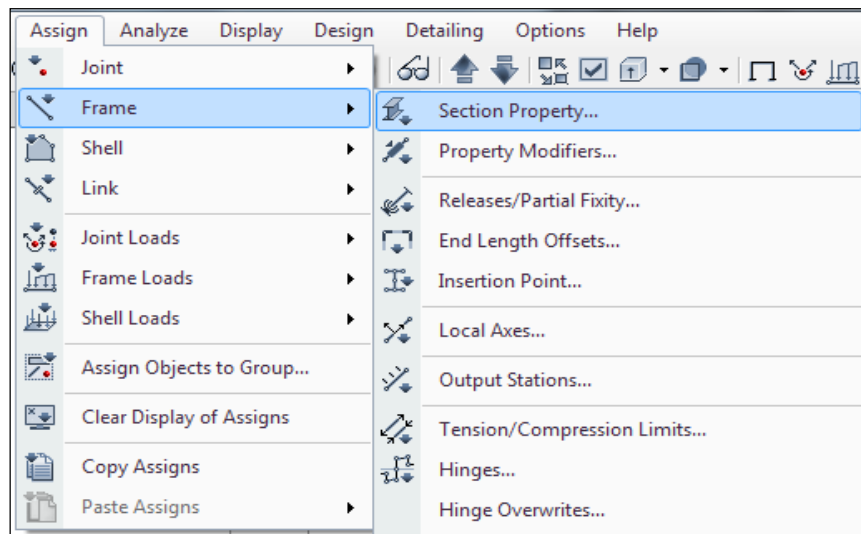


Figura 18
Ruta para asignar la sección de los elementos

Nos aparecerá una ventana, la cual podemos escoger la sección correspondiente a las columnas seleccionadas, que habíamos definido en el punto 4.2.

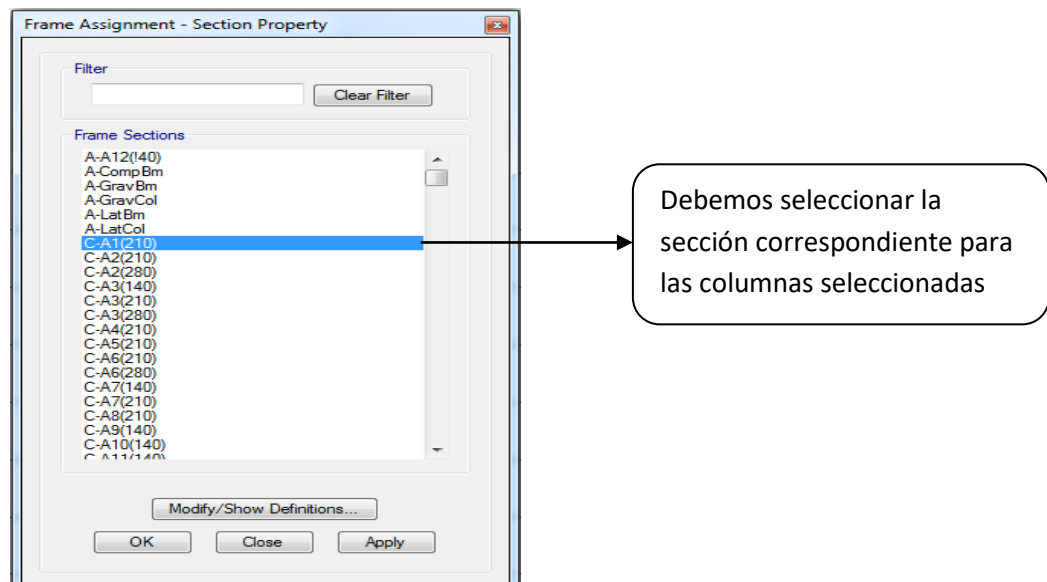


Figura 19
Ventana de selección de las secciones FRAME

Nota: Para la asignación de las vigas se debe realizar los mismos pasos, debemos siempre tener en cuenta que tenemos distintos tipos de columnas y vigas los cuales es importante la selección de estas para su correcta asignación de sección.

6.5.3. Asignación de elementos de área

Se debe seleccionar el área que queremos asignar su sección y propiedades correspondientes, el cual podría ser las losas de techo o los muros de corte de la edificación, para este ejemplo se seleccionaron las losa aligerada de techo, como en nuestro caso de estudio tenemos distintos dos tipos de losa, se deberá seleccionar las losas en las cuales se comportara como losa aligerada.

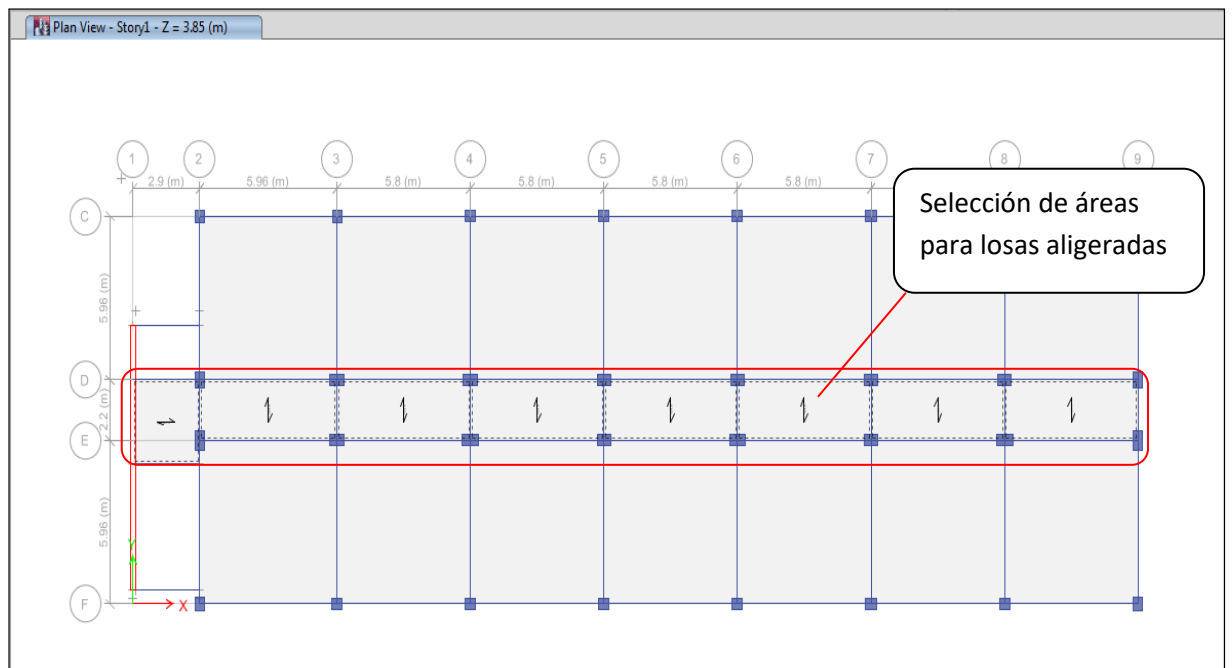


Figura 20
Selección de áreas de losas de techo

Luego debemos ubicarnos en ASSIGN/ SHELL/ DECK SECTION, tal como se muestra en la imagen.

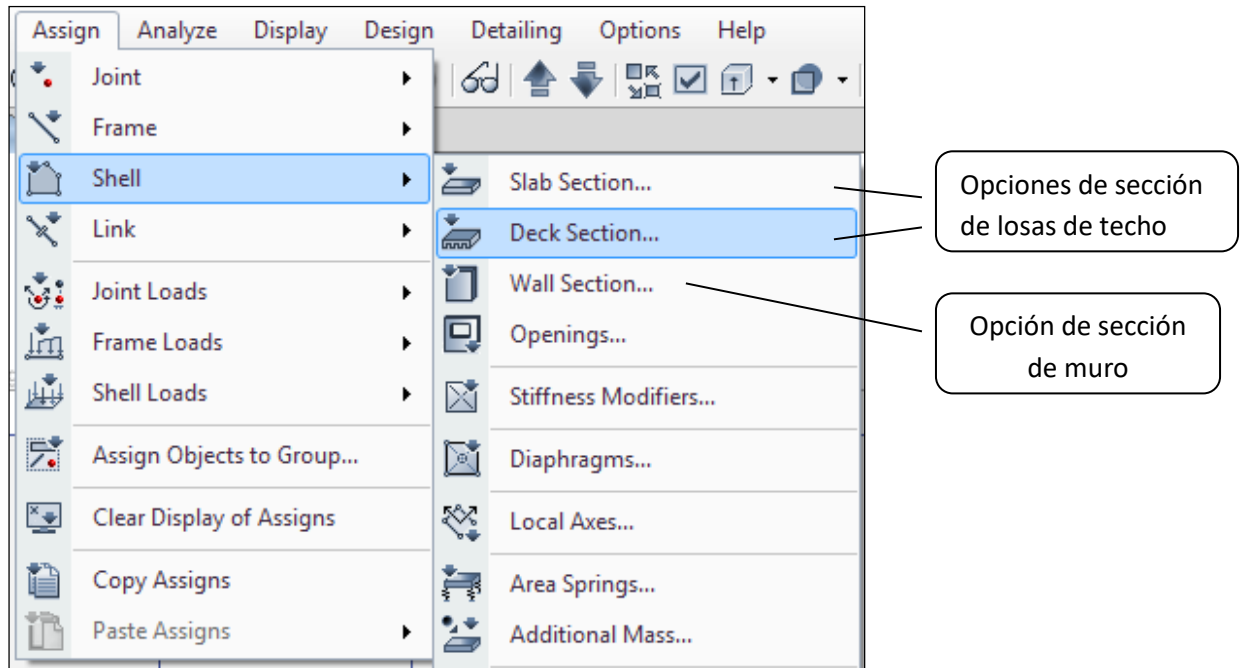


Figura 21
Ruta para asignar la sección de las losas de techo

Nota: De las dos opciones que se escoja para la asignación de la losa, dependerá de la definición de cada sección de losa que se haya realizado en el punto 4.2.

Una vez seleccionada la opción DECK SECTION, nos aparecerá una ventana en la cual podemos escoger la sección correspondiente a las losas seleccionadas.

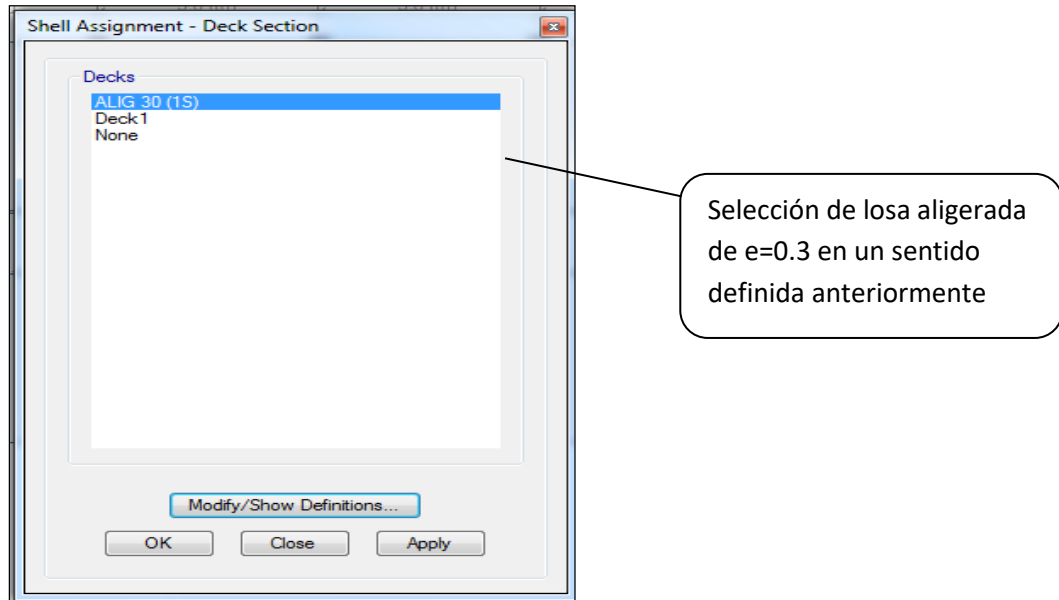
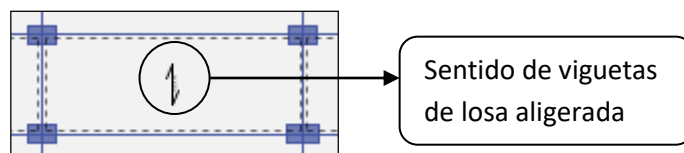


Figura 22
Ventana de selección de las secciones DECK

Nota: Es importante tener en cuenta el sentido que están dirigidas las viguetas de la losa aligerada.



Para Poder cambiar el sentido de la losa debemos ubicarnos en ASSIGN/SHELL/ LOCAL AXES, nos aparecerá el siguiente cuadro:

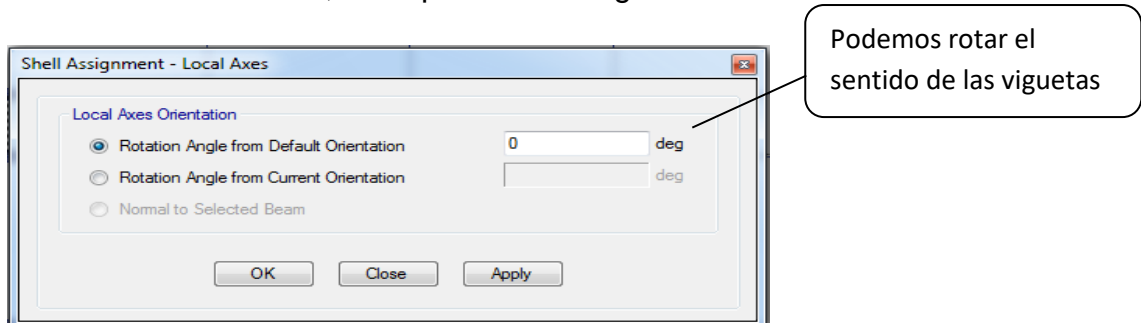


Figura 23
Cambio de orientación de los ejes locales de losas

6.5.4. Asignación de cargas en elementos de área

Luego de asignar las secciones en todos los elementos estructurales, se debe asignar las cargas vivas, acabados y tabiquería, en el cual se selecciona todas las losas donde se cargara estas fuerzas distribuidas.

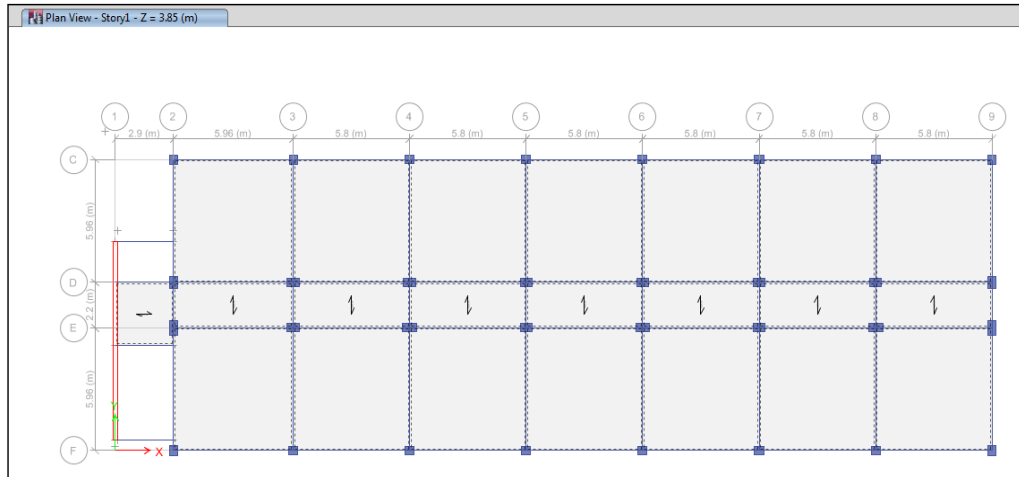


Figura 24
Selección de losas para asignar cargas de gravedad

Debemos ubicarnos en la barra de herramientas y seleccionar ASSIGN/ SHELL LOADS/ UNIFORM, esta opción nos permitirá que las cargas estén distribuidas en las áreas seleccionadas.

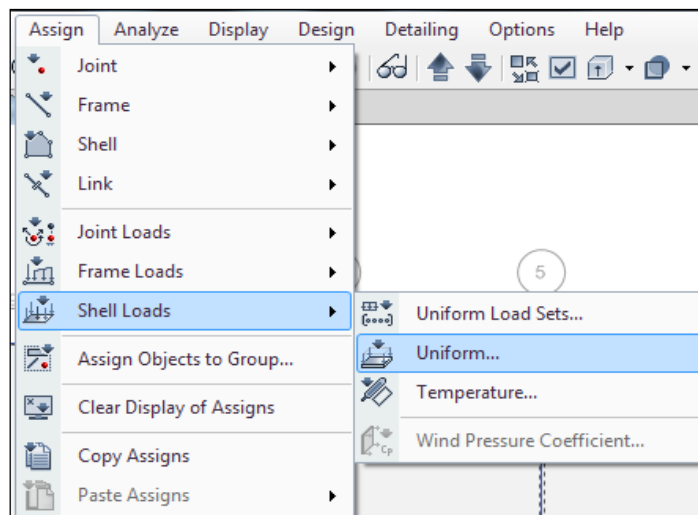


Figura 25
Ruta para asignación de cargas gravitacionales en losas

Nos aparecerá la siguiente ventana:

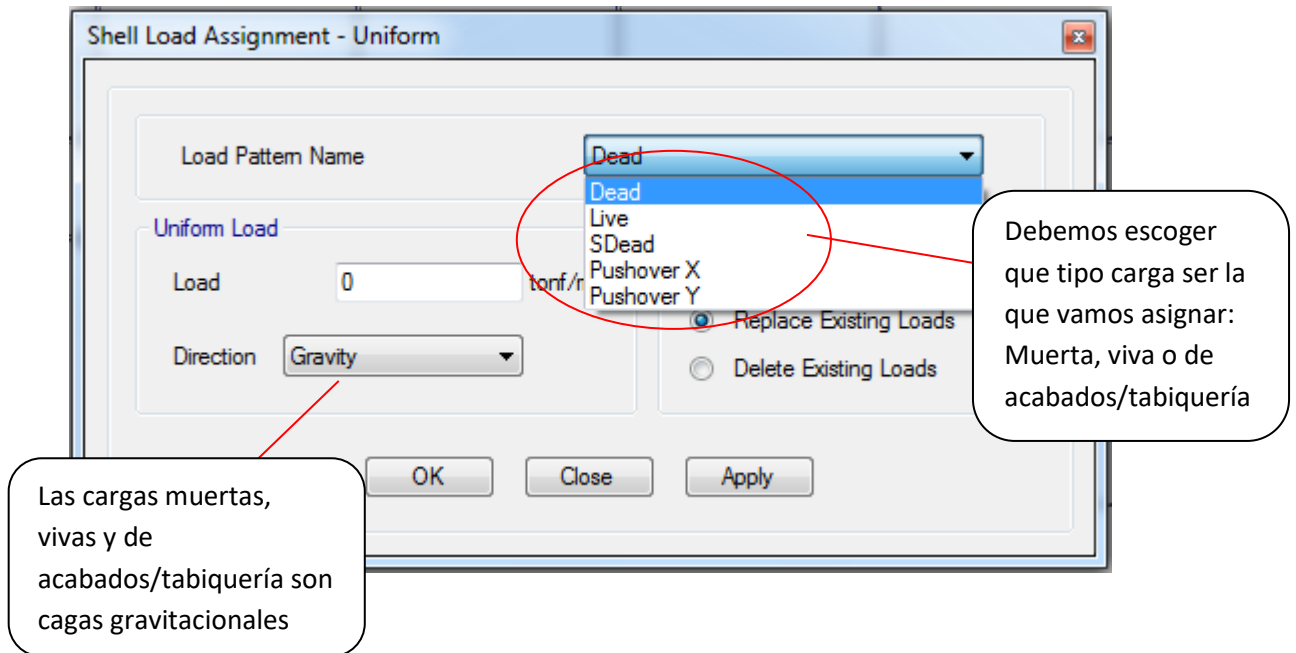


Figura 26
Ventana de selección de tipo y cantidad de carga

En la opción de Load se debe colocar la cantidad de fuerza distribuida (tonf/m²) que soportara cada losa.

Si hemos realizado correctamente el procedimiento en las losas seleccionadas deberá aparecer las cargas que le hemos asignado.

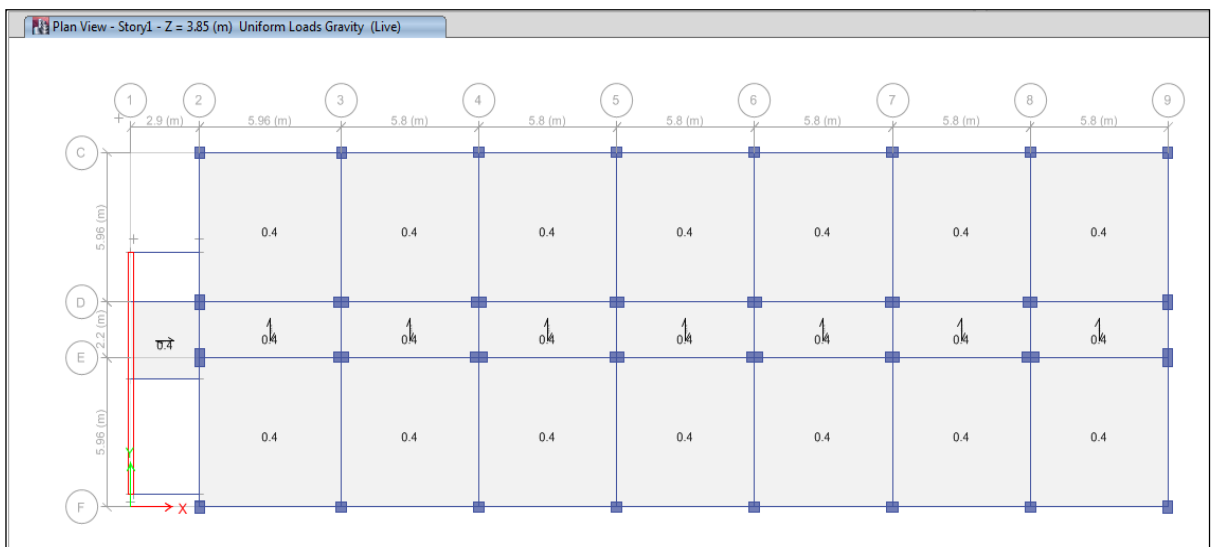


Figura 27
Verificación de asignación de cargas en losas

En nuestro caso para el ejemplo hemos seleccionado la carga viva de 0.4 ton/m², también se deberá incluir la carga de acabados/tabiquería de 0.49 ton/m² en todas las losas.

6.5.5. Asignación de diafragmas

La asignación de diafragmas en cada piso es muy importante ya que así se podrá lograr la transmisión de cargas en todos los elementos estructurales, para ello debemos seleccionar todas las losas que conformaran el diafragma del piso.

Luego debemos seleccionar en la barra de herramienta ASSIGN/ SHELL/ DIAPHRAGMS, en el cual nos aparecerá el siguiente cuadro:

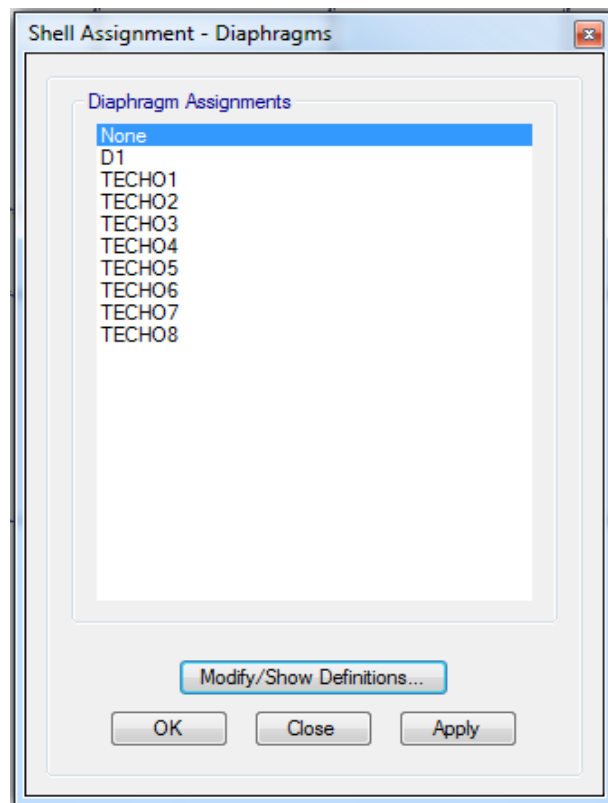


Figura 28
Ventana de asignación de diafragmas

En donde se deberá de seleccionar cada diafragma para cada piso, en este ejemplo se seleccionara el TECHO1, ya que estamos en el piso 1 y tendremos como resultado lo siguiente:

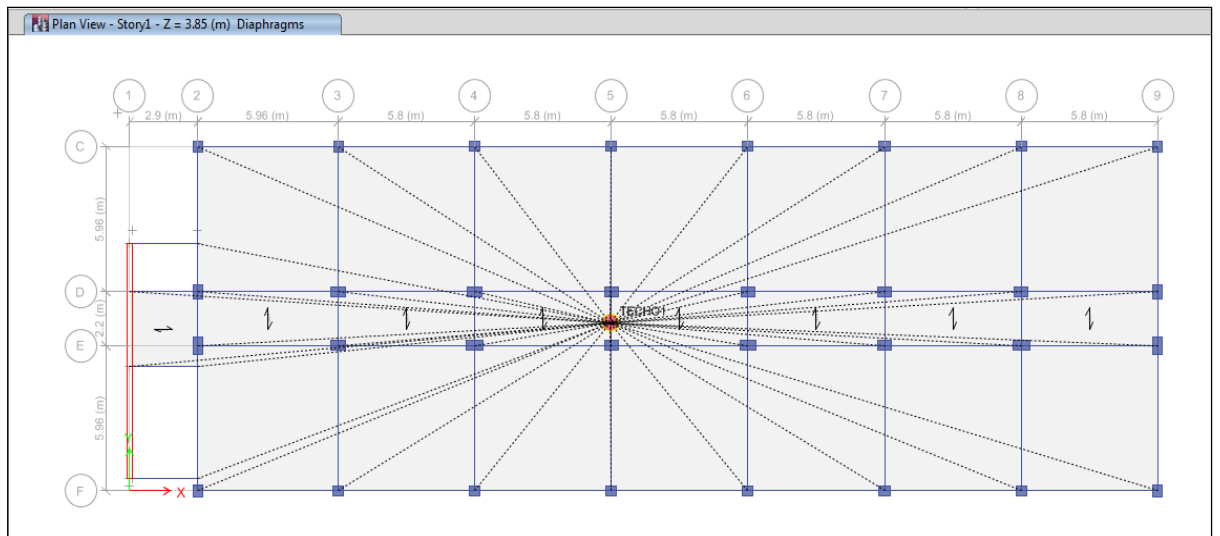


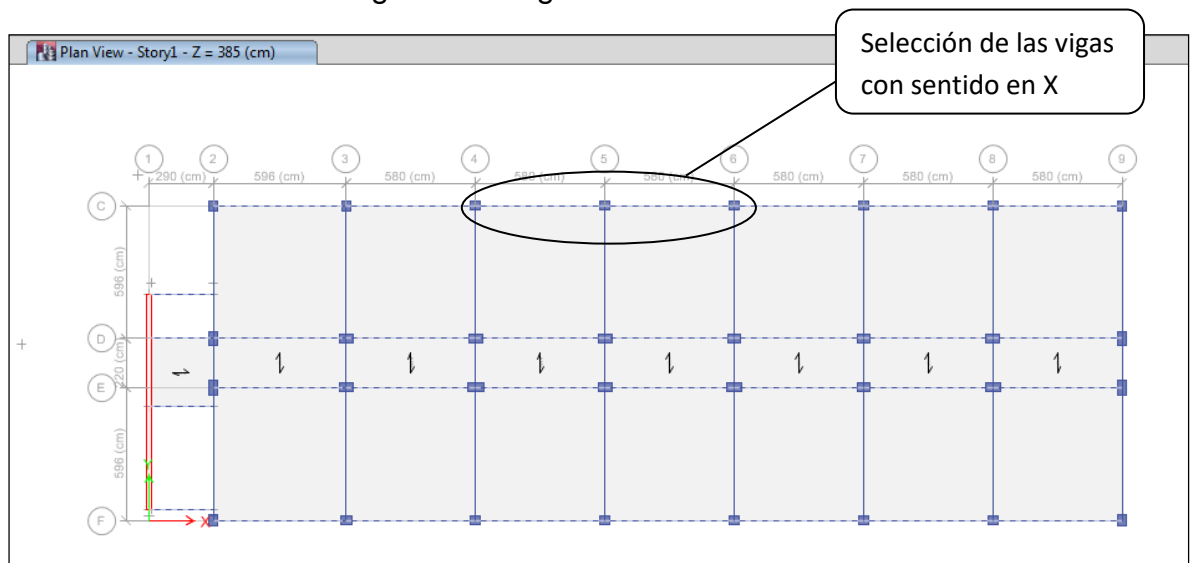
Figura 29
Asignación de diafragma en el piso 1

6.5.6. Asignación de rotulas plásticas

Para la asignación de rotulas plásticas debemos tener en cuenta que en nuestro caso de estudio estas serán asignadas en las columnas y vigas, para el caso de las vigas se debe de diferenciar las vigas en el sentido X y las del sentido Y, para ello se debe seleccionar por separado.

Rotulas de vigas en sentido X:

- Primero debemos seleccionar todas las vigas con sentido en X, como se muestra en la siguiente imagen.



- En la barra de herramientas seleccionamos ASSIGN/ FRAME/ HINGES.

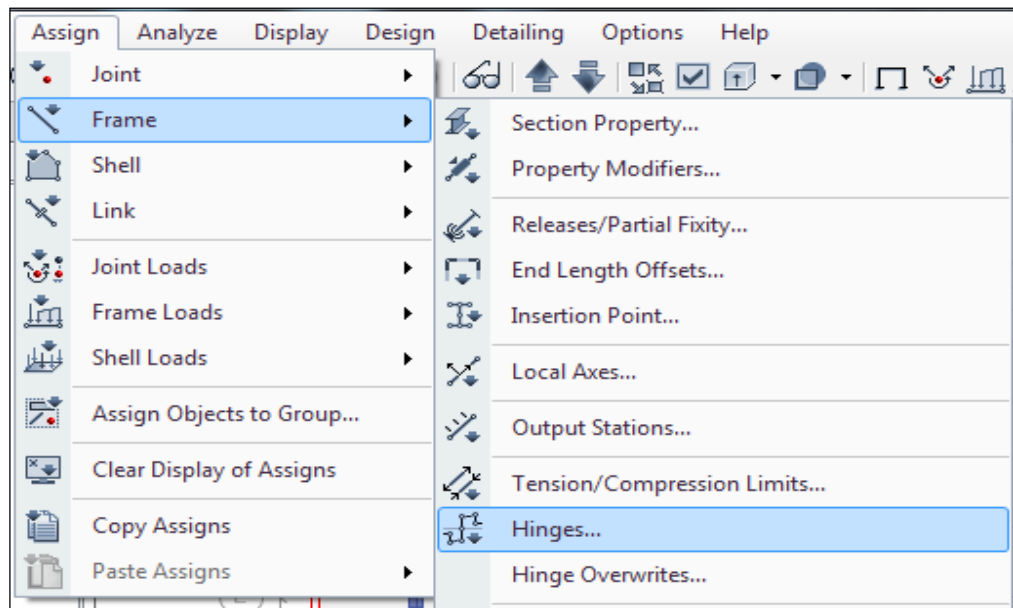
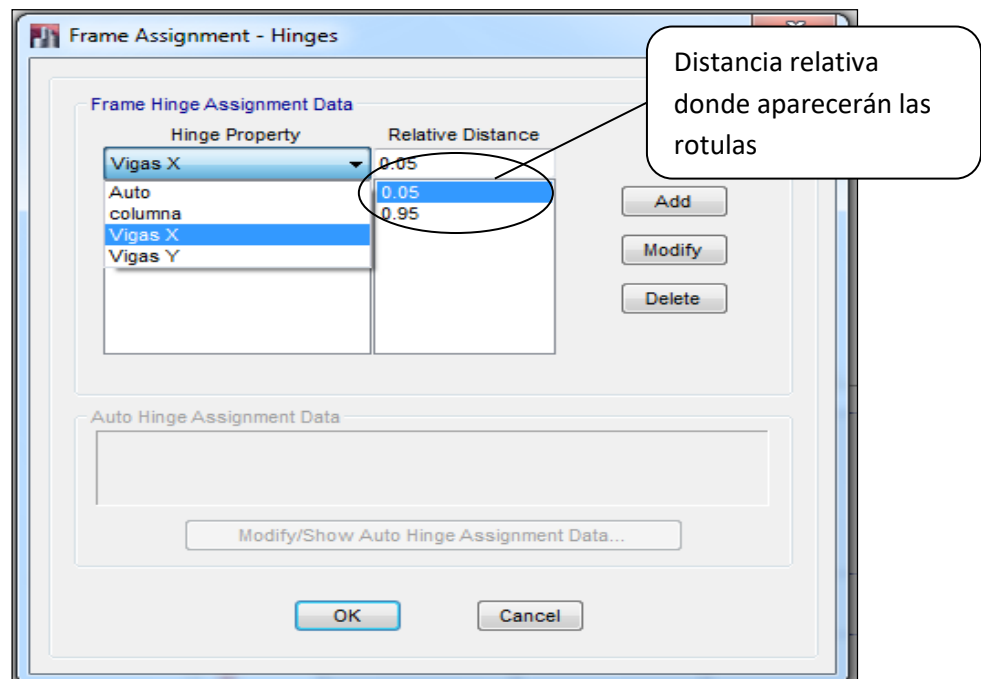


Figura 30
Ruta para asignación de rotulas plásticas

- Luego debemos escoger la propiedad de la rótula que queremos asignar al elemento, el cual ya ha sido definido en el capítulo 4.2, en este caso sería las vigas X como se muestra en la imagen, también es importante agregar la distancia relativa donde aparecerán las rotulas plásticas, en nuestro caso serán al 5% y 95% de la longitud de la viga.



Nota: El procedimiento es el mismo para las vigas con sentido en Y, solo cambia la selección en la propiedad de rotulas (Hinge property), se debe seleccionar vigas Y, luego podremos comprobar que la asignación es correcta con la siguiente imagen.

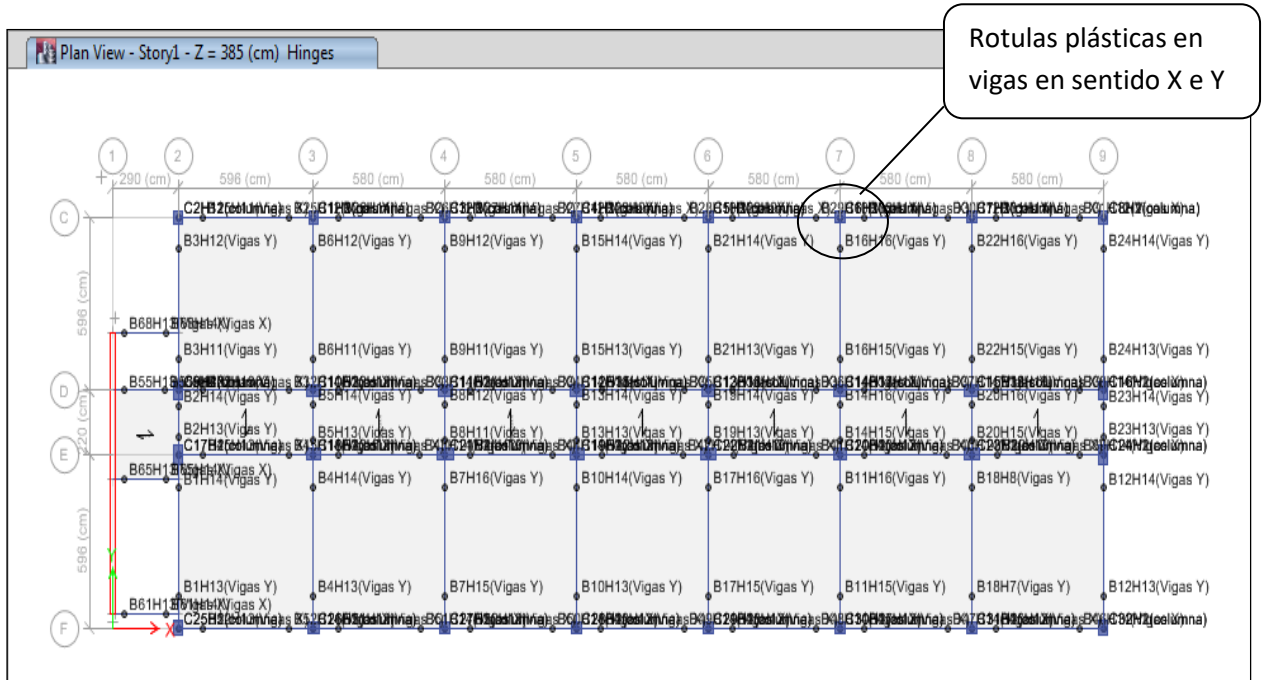
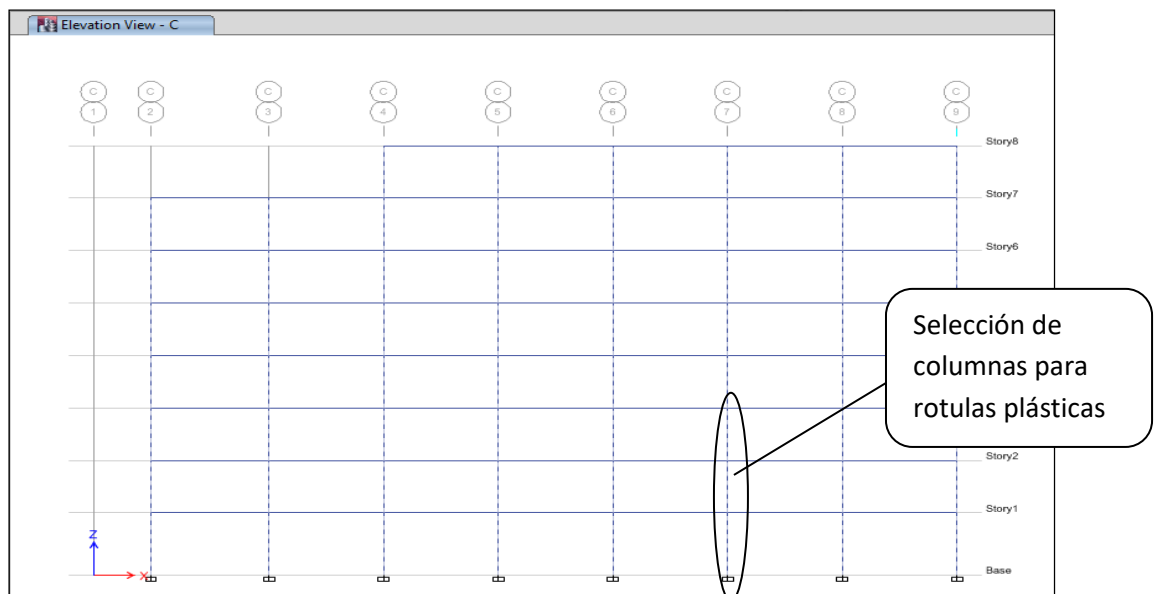


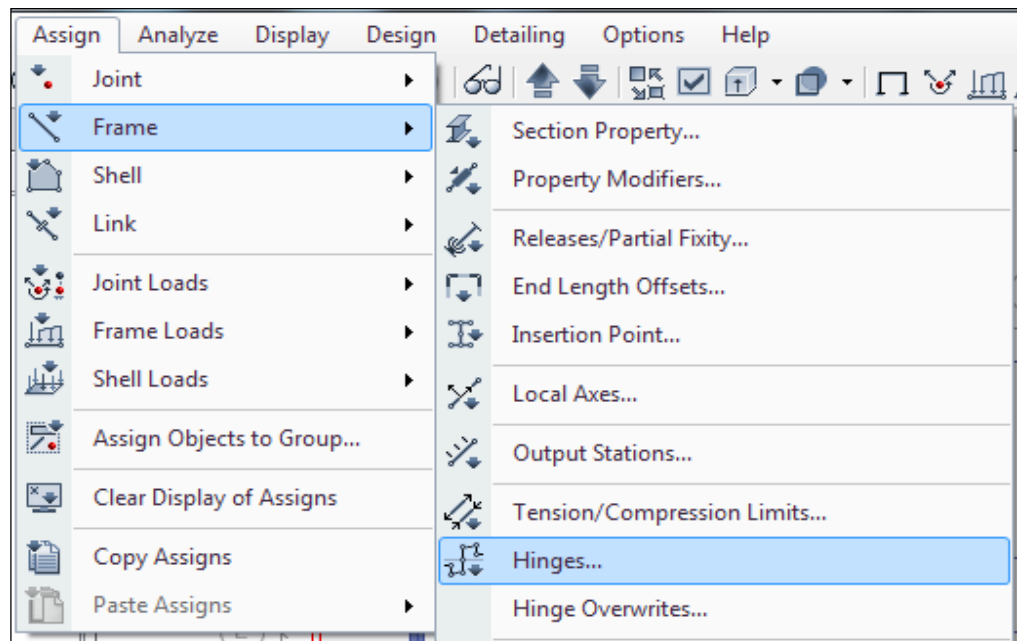
Figura 31
Rotulas plásticas en vigas en el modelo de la edificación

Rotulas de columnas:

- Primero debemos seleccionar todas las columnas, como se muestra en la siguiente imagen.



- En la barra de herramientas seleccionamos ASSIGN/ FRAME/ HINGES.



- Luego debemos escoger la propiedad de la rótula que queremos asignar al elemento, el cual ya ha sido definido en el capítulo 4.2, en este caso sería las columnas como se muestra en la imagen, también es importante agregar la distancia relativa donde aparecerán las rotulas plásticas, en nuestro caso serán al 5% y 95% de la longitud de la columna.

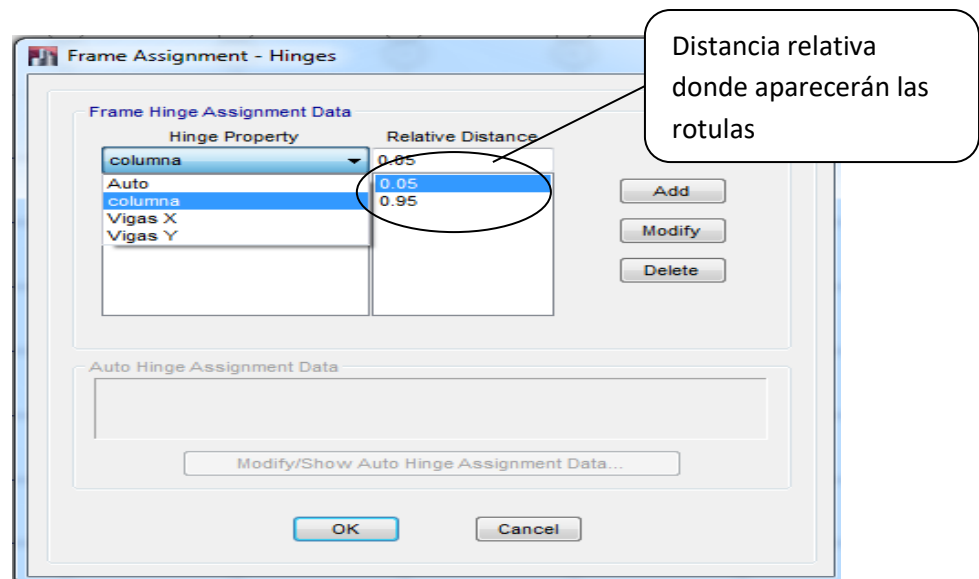


Figura 32
Ventana de asignación de rotulas plásticas

- Luego de hacer los pasos anteriores, podemos observar que a nuestro modelo se le asigno las rotulas correspondientes, como se muestra en la siguiente figura:

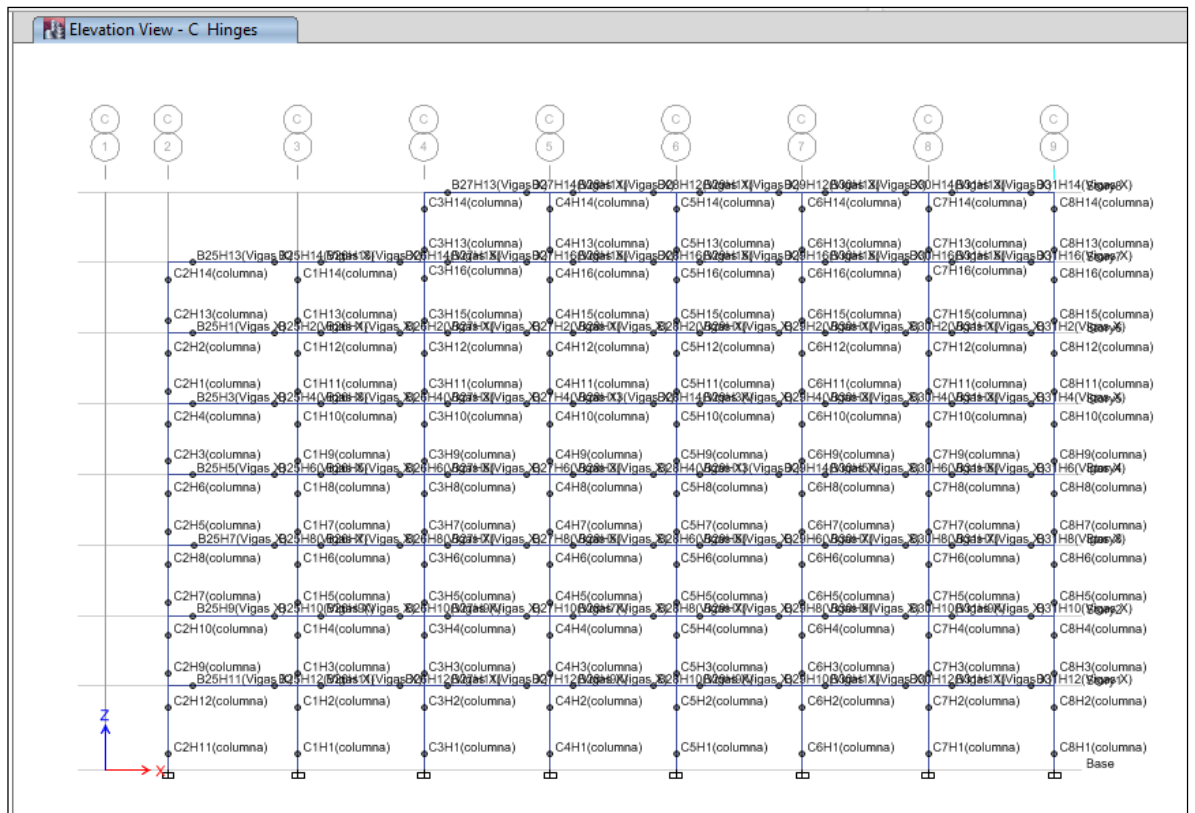
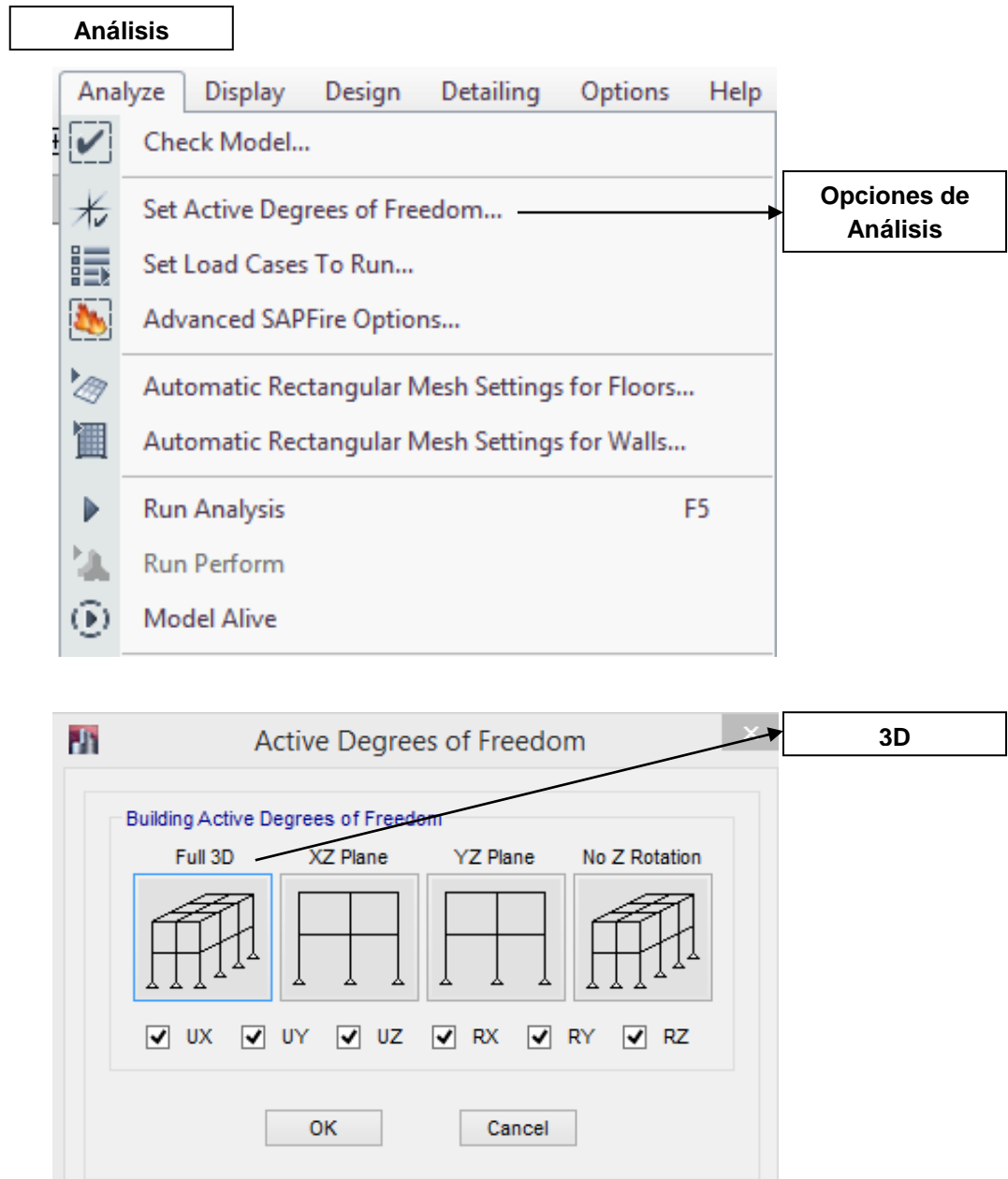


Figura 33
Rotulas plásticas en columnas en el modelo de la edificación

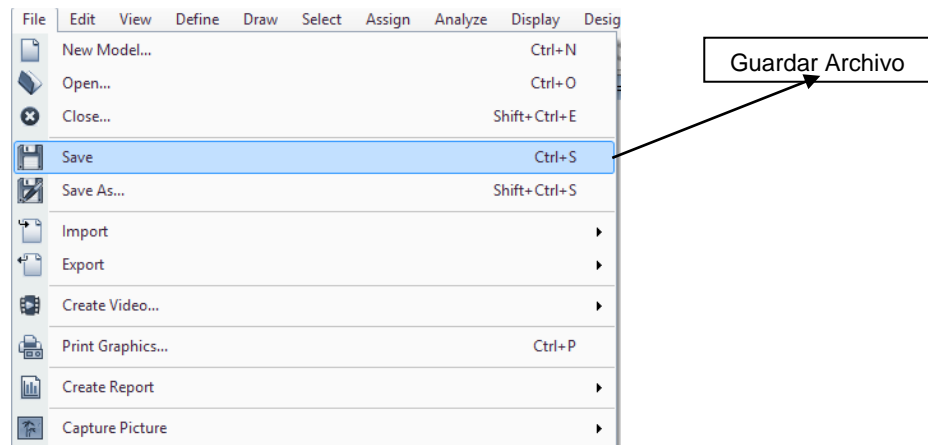
6.6. Menú Analyze

En el plano lo analizaremos en XZ configurando que nuestro análisis es plano con sus respectivas cargas gravitacionales seguidamente se elige correr la estructura.

6.6.1. Set Analysis.

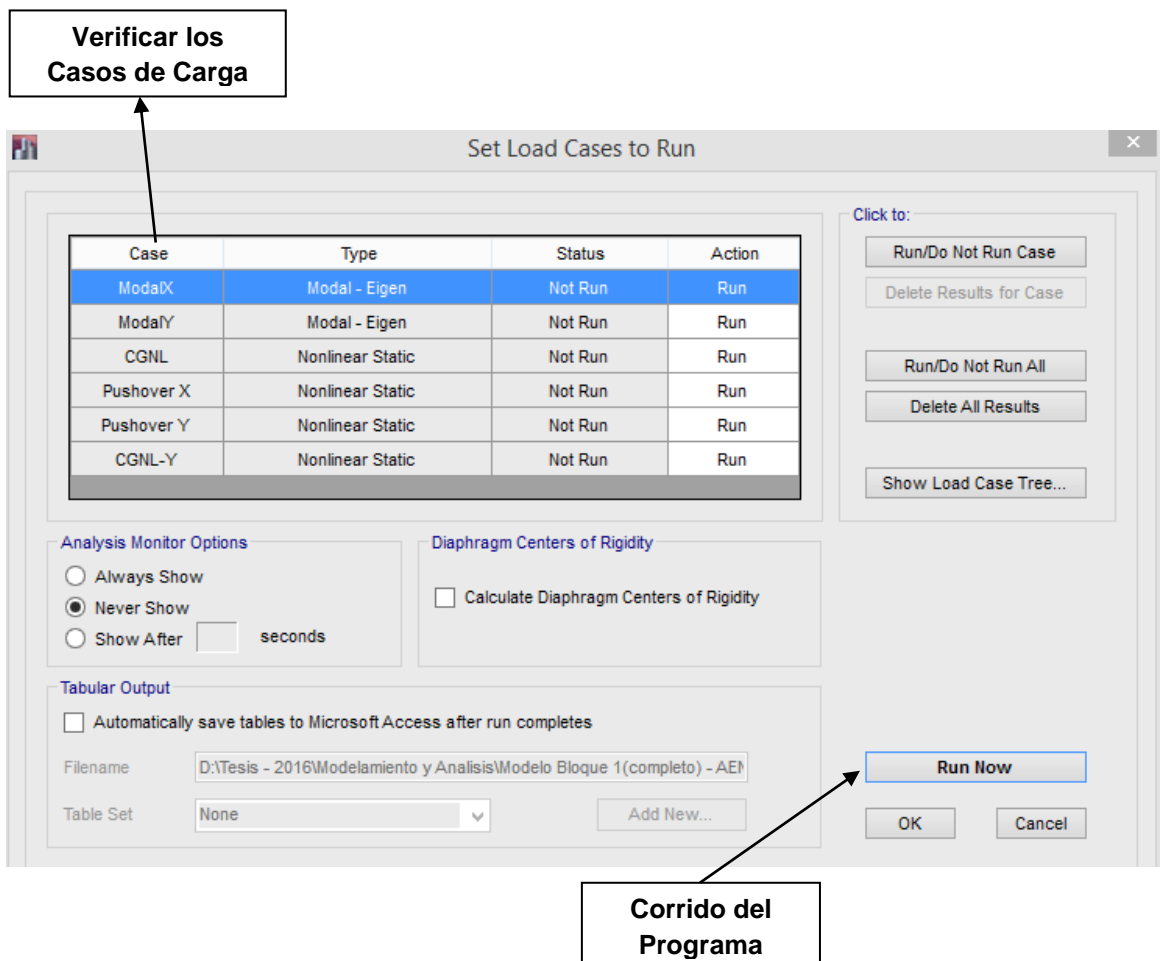


6.6.2. Guardar



6.6.3. Run Analysis

Después de haber seleccionado marcos espaciales, seleccionamos correr el programa para dar por terminado el análisis a la estructura y se continúa con el análisis de resultados obtenidos para cada elemento. Imagen a continuación es después del corrido del mismo:



6.7. Obtención de resultados

6.7.1. Resultados de rotulas plásticas

Para obtener los resultados de la secuencia de apariciones de las rotulas plásticas debemos ir a la barra de herramientas y seleccionar DISPLAY/ DEFORMED SHAPE.

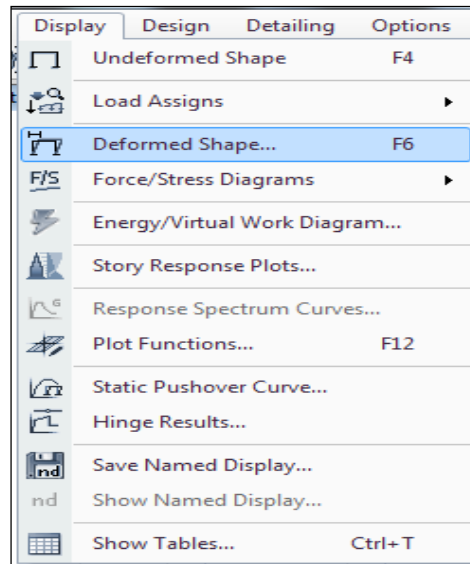
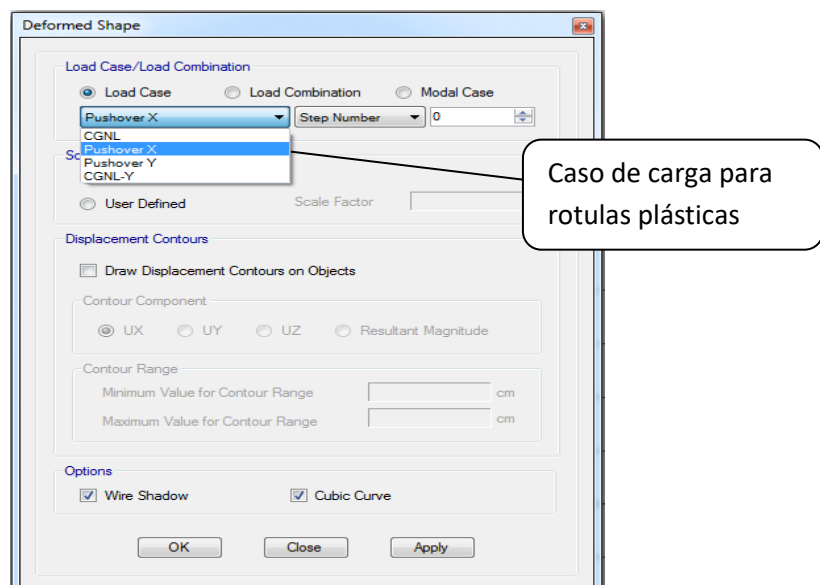


Figura 33
Ruta para visualizar las rotulas plásticas

Luego nos aparecerá una ventana donde debemos seleccionar el caso de carga que nos permitirá observar las rotulas en las columnas y vigas, las cuales son los casos de Pushover X e Y.



Por último nos aparecerá en la ventana principal el modelo con algunas rotulas plásticas en las vigas o en las columnas, para ver todas las rotulas del resultado del análisis debemos dar siguiente para continuar con los pasos restantes que tiene el análisis no lineal Pushover.

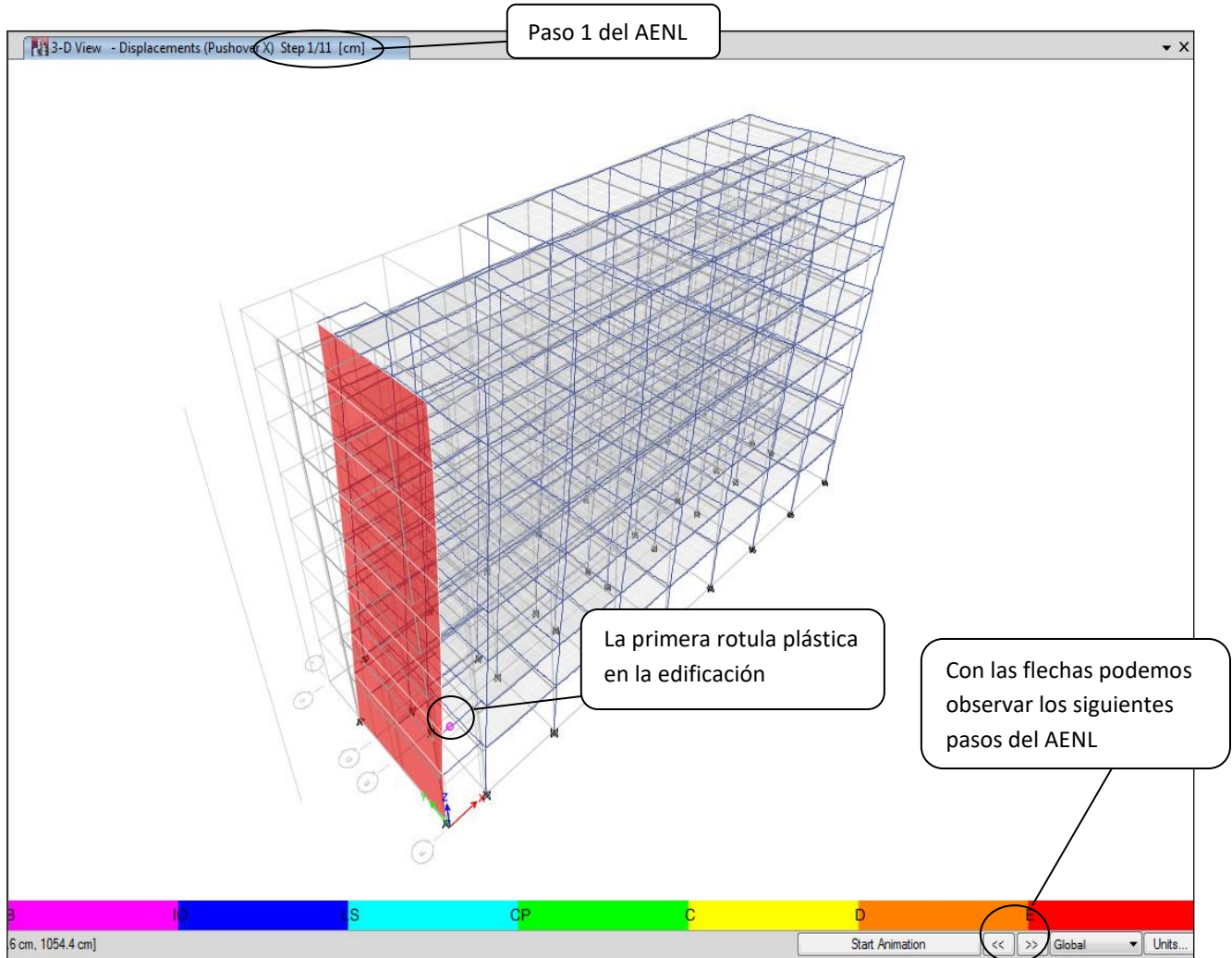


Figura 34
Visualización de la primera rotula plástica de la edificación

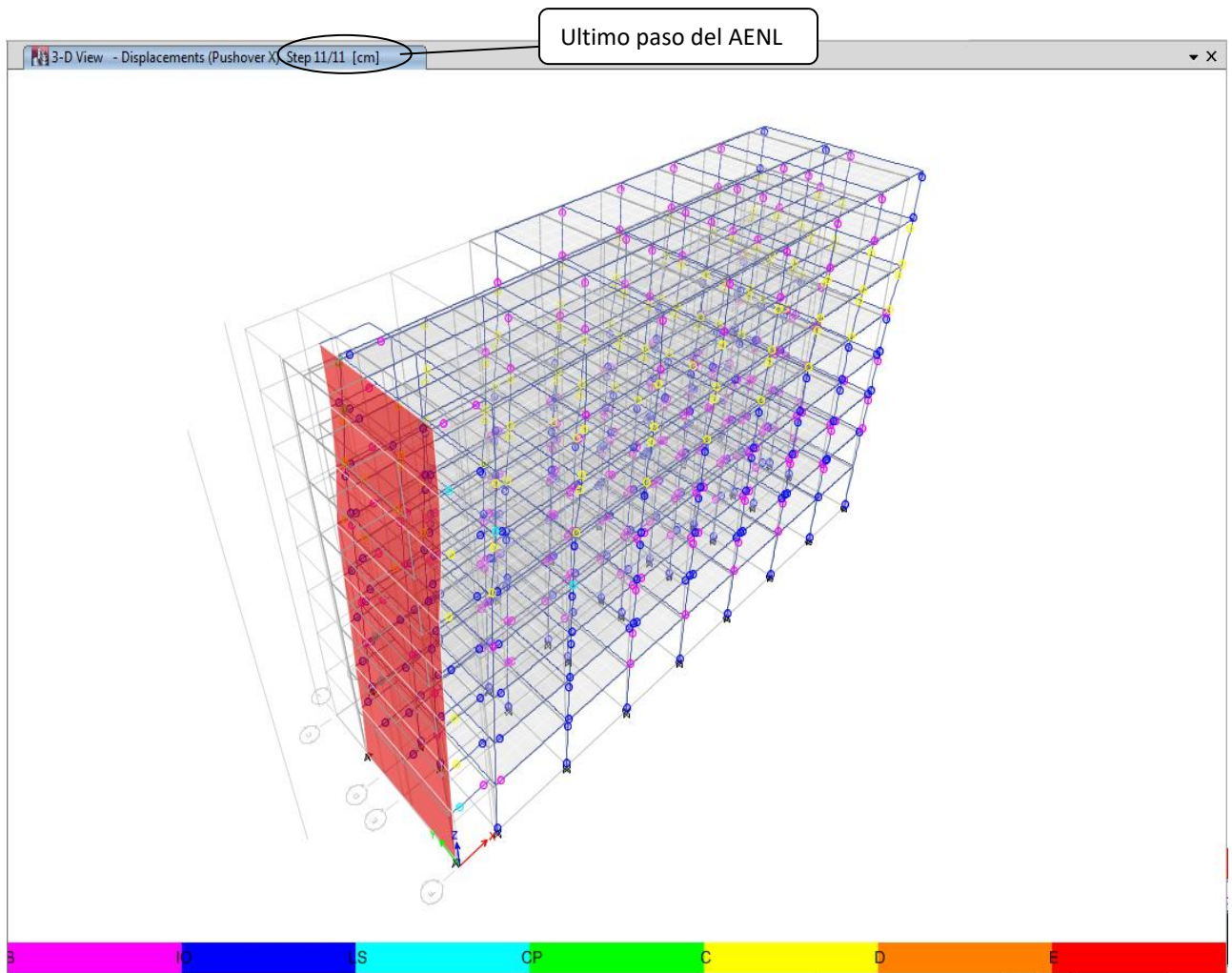
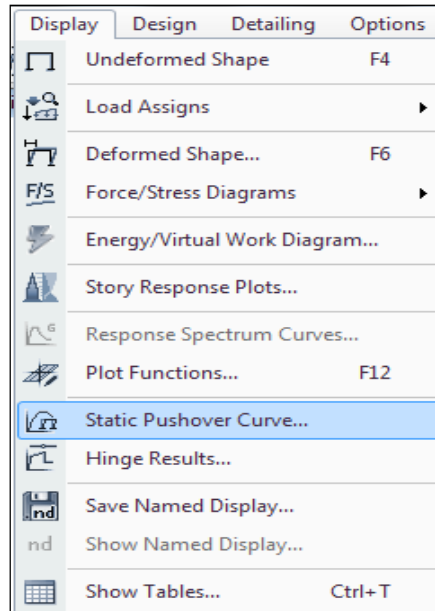


Figura 35
Rotulas plásticas de la edificación en estudio

Nota: El color de las rotulas plásticas significa el grado critico que tiene cada elemento el cual varía desde los de color violeta son de grado critico bajo y los rojos de grado critico alto.

6.7.2. Resultados de la curva capacidad

Para obtener la curva de capacidad debemos ir a la barra de herramientas y seleccionar DISPLAY/ STATIC PUSHOVER CURVE, luego nos aparecerá la curva de capacidad.



Para poder obtener la curva de capacidad tanto del eje X y del eje Y, debemos colocar el caso de carga correspondiente al cual queremos analizar cómo se muestra en la imagen

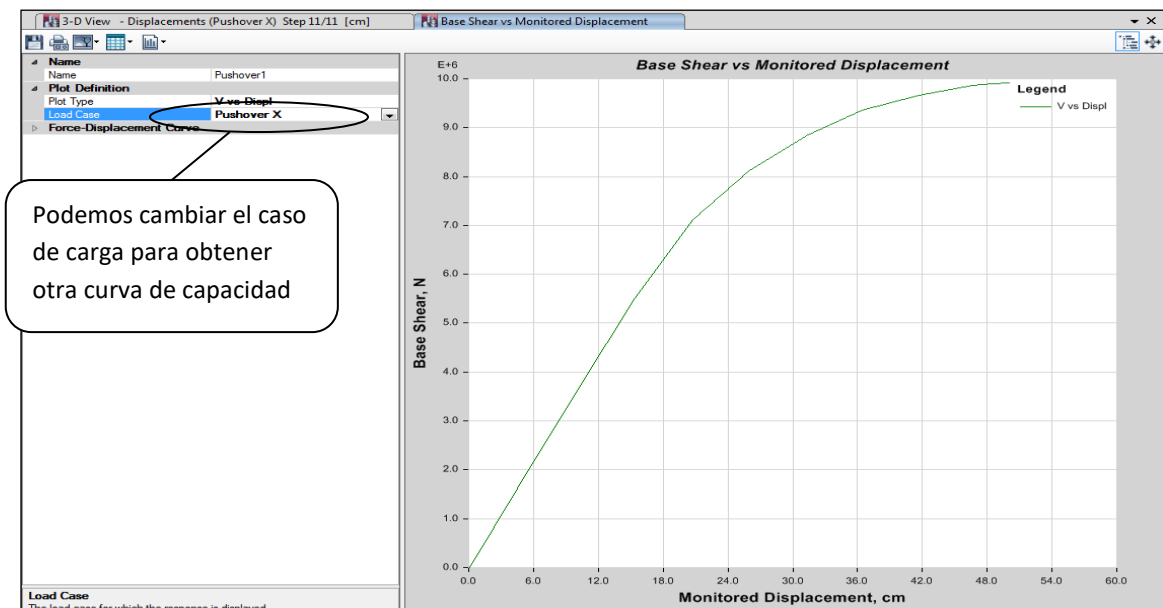
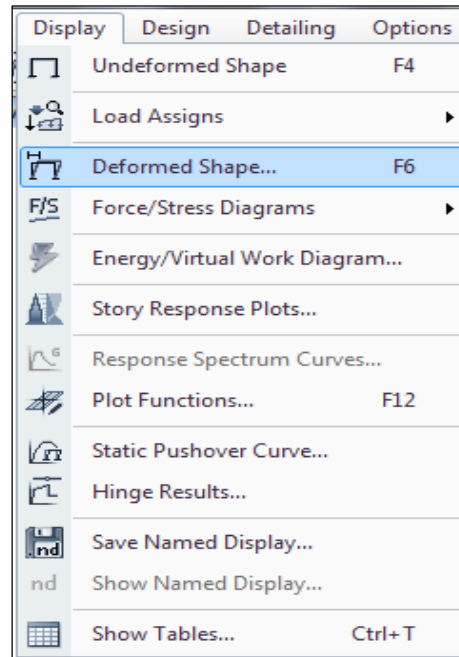


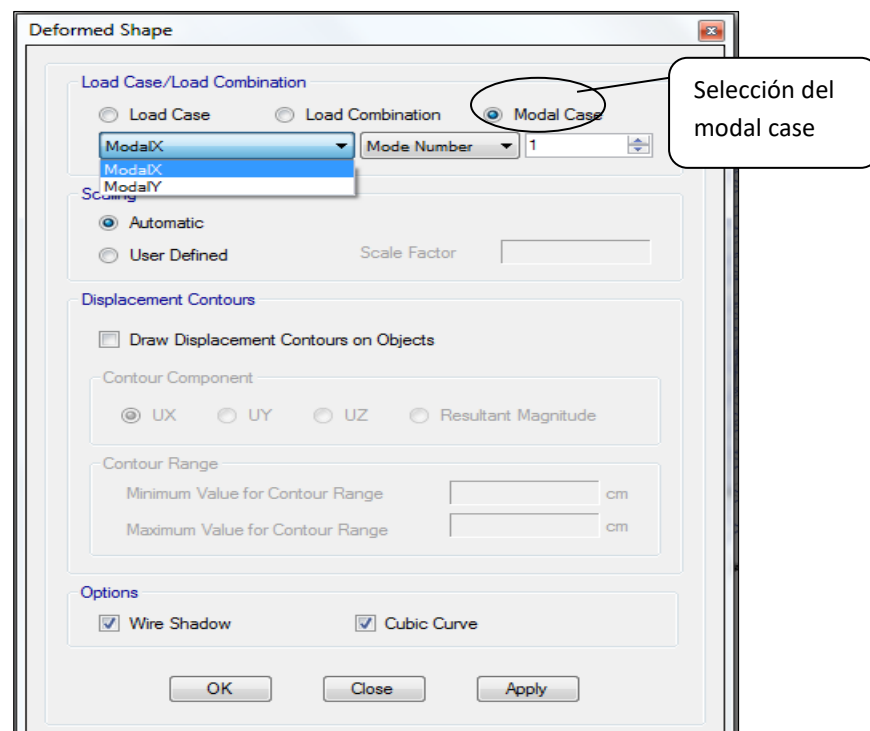
Figura 36
Curva de capacidad en el sentido X

6.7.3. Resultados de modos y periodos de vibración

Para obtener los modos y los periodos de vibración del análisis, debemos colocarnos en la barra de herramientas de dibujo y seleccionar DISPLAY/ DEFORMED SHAPE.



Luego nos aparecerá una ventana en la cual se debe colocar en la opción de MODAL CASE, como se muestra en la siguiente imagen:



Podremos ver los periodos de vibración en la pestaña de la izquierda, como se muestra en la siguiente imagen:

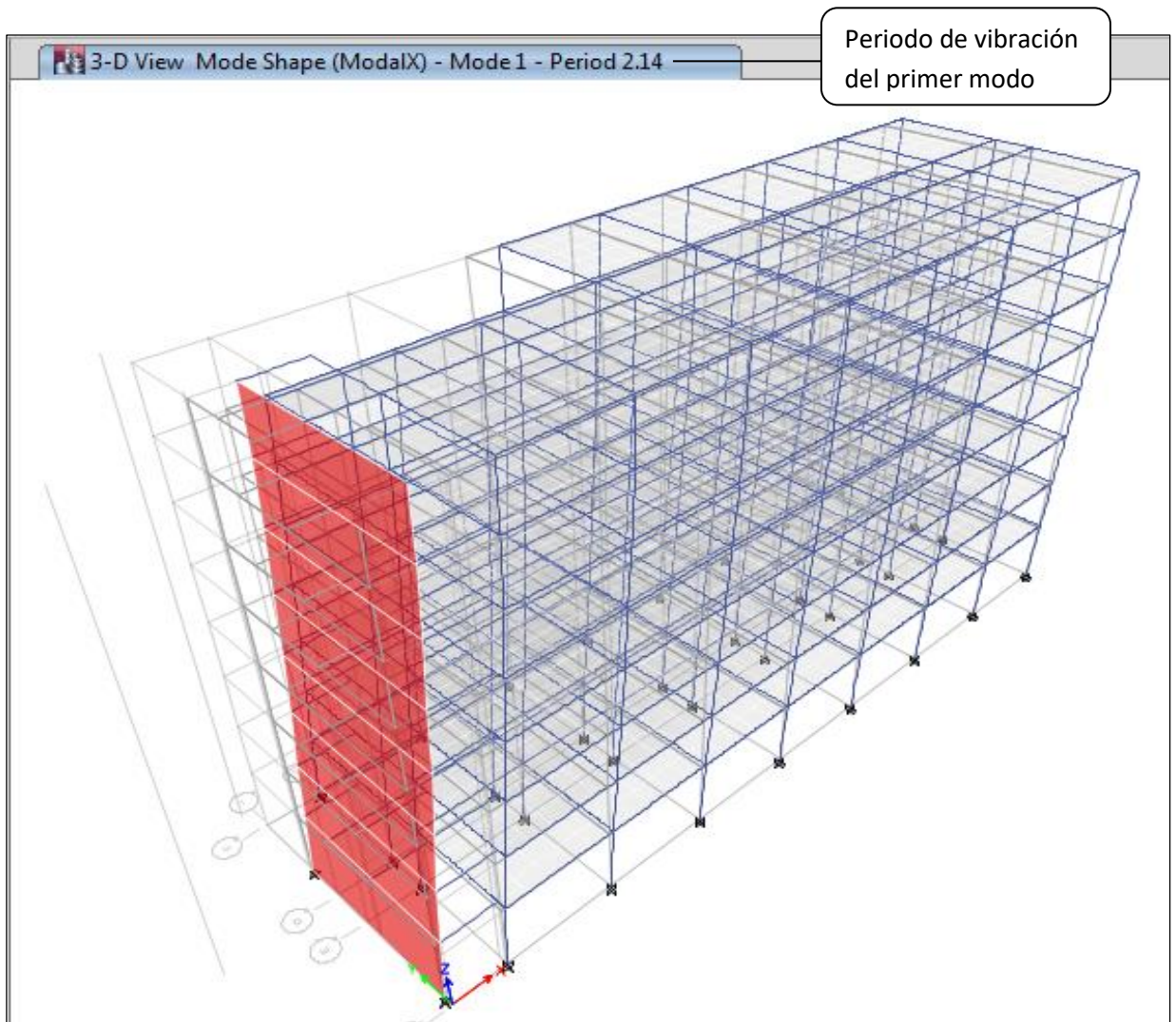
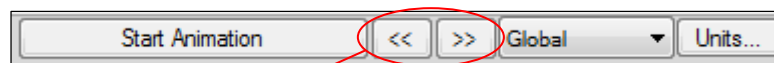


Figura 37
Visualización de los modos y periodos de la edificación

Nota: Para poder visualizar los otros periodos de vibración de los siguientes modos debemos colocarnos en las flechas de la parte inferior de la ventana principal.



Flechas para cambiar los modos de y periodos de vibración

