

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“INTERACCIÓN DINÁMICA SUELO-ESTRUCTURA
PARA EDIFICIOS APORTICADOS ALTOS EN EL
DISTRITO DE TRUJILLO, REGION – LA LIBERTAD
2019”**

TESIS:
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:
Bach. MENDOCILLA SALAS LUIS MIGUEL

ASESOR:
ING. ENRIQUE DURAND BAZÁN

TRUJILLO – PERÚ

2019

HOJA DE FIRMAS

“INTERACCIÓN DINÁMICA SUELO-ESTRUCTURA PARA EDIFICIOS
APORTICADOS ALTOS EN EL DISTRITO DE TRUJILLO, REGION – LA
LIBERTAD 2019”

”

AUTOR: Bach. Mendocilla Salas Luis Miguel

JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE.

SECRETARIO.

VOCAL.



DEDICATORIA

Dedicar este trabajo a todos mis familiares como son mi hermano Julio Cesar, Amilkar y mi sobrino Joaquín y en especial a mi Madre, por su apoyo incondicional y por nunca dejar de creer en mí y es ella mi inspiración y fuente de fortaleza.

Mendocilla salas Luis miguel

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por esta gran oportunidad de realizar esta investigación y demostrar lo aprendido en mi centro de estudios.

... A mis padres, hermanos y demás familiares que me brindaron su apoyo en la realización de este trabajo.

... A mi asesor de tesis, Ing. Enrique Durand Bazán, por haberme brindado su confianza y conocimientos para llevar a cabo esta investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.	16
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.	20
1.3. Justificación.....	21
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
1.5. Antecedentes	22
1.6. Bases Teóricas.	26
1.7. Definición de términos básicos.....	101
1.8. Formulación de la hipótesis.	102
1.9. Propuesta de aplicación profesional.....	102
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	103
2.1. Material:.....	103
2.2. Material de estudio.....	104
2.2.1 Población.....	104



2.2.2. Muestra.....	104
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.	104
2.3.1. Para recolectar datos.	104
2.3.2. Para procesar datos.....	106
2.4 Operacionalización de variables	108
III. RESULTADOS.....	109
IV. DISCUSIÓN.....	171
V. CONCLUSIONES.....	218
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	220
ANEXOS	222

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diferencia entre las edificaciones con base indeformable y deformable.</i>	46
Tabla 2 <i>Tipo de suelo</i>	64
Tabla 3 <i>Tipo de vibración</i>	67
Tabla 4 <i>Tipo de coeficiente de Poisson</i>	68
Tabla 5 <i>Factores de Zona “Z”</i>	84
Tabla 6 <i>Clasificación de los Perfiles de Suelo</i>	85
Tabla 7 <i>Factor de Suelo “S”</i>	85
Tabla 8 <i>Periodos “TP” y “TL”</i>	86
Tabla 9 <i>Factor de Amplificación Sísmica (C)</i>	86
Tabla 10 <i>Categoría de las Edificaciones y Factor “U”</i>	87
Tabla 11 <i>Sistemas Estructurales</i>	88
Tabla 12 <i>Irregularidades en Altura</i>	89
Tabla 13 <i>Irregularidades en Planta</i>	91
Tabla 14 <i>Categoría y Regularidad de las Edificaciones.</i>	92
Tabla 15 <i>Estimación del Peso</i>	94
Tabla 16 <i>Límites para la distorsión del entrepiso</i>	96
Tabla 17 <i>Factores de zona “z”</i>	112
Tabla 18 <i>Clasificación de los perfiles de suelo</i>	112
Tabla 19 <i>Factor de suelo “s”</i>	113
Tabla 20.	113
Tabla 21 <i>Categoría y regularidad de las edificaciones</i>	114
Tabla 22 <i>Base reacciones</i>	172
Tabla 23 <i>Control de programa</i>	172
Tabla 24 <i>Velocidades conjuntas relativas</i>	172

Tabla 25 Masas conjuntas ensambladas	204
Tabla 26 Programa control	212
Tabla 27 Objetos y elementos: articulaciones.....	212
Tabla 28 Programa de control	216
Tabla 29 Proporciones de masa participantes modales.....	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.onda sísmica	27
Figura 2.onda sísmica	27
Figura 3.Distribución espacial de los grandes terremotos y sus áreas de ruptura en la Región central del Perú.	28
Figura 4.Mapa de sismicidad para la región central del Perú con sismos ocurridos entre los años 1995 y 2006 (ML>4.5).	29
Figura 5.Consecuencias del sismo de Ocoña en el sur del país (23.06.2001).	30
Figura 6.Mapa de Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo.	32
Figura 7.guración de la prueba de Refracción Sísmica	35
Figura 8.Prueba sísmica Up-hole.	35
Figura 9.Esquema del experimento de Down-Hole.....	36
Figura 10.Representación de la prueba cross-hole con dos (a) y con tres (b) perforaciones.	37
Figura 11.Velocidad de registro por el método de Cross-Hole.	37
Figura 12.Ensayo sonda suspendida.....	38
Figura 13.Ensayo de Columna de Resonante (RC).....	39
Figura 14.Ensayo triaxial Cíclico.	41

Figura 15. Esquema de una cámara triaxial cíclica.....	41
Figura 16. Esfuerzos Cíclicos Inducidos en el Elemento.	42
Figura 17. Aparato de Corte Simple Cíclico, (Jaime, 1980).....	42
Figura 18. Distribución de esfuerzos para condiciones de deformación en corte simple. ..	43
Figura 19. Péndulo de torsión libre	43
Figura 20. Resultados de pruebas con el péndulo de torsión.	44
Figura 21. Respuesta dinámica de una edificación sobre roca y sobre un suelo blando.....	45
Figura 22. Diferencias del movimiento en distintos puntos de un sistema suelo - Cimentación-estructura	46
Figura 23. Resortes y amortiguadores equivalentes del suelo (Avilés, 1991).....	47
Figura 24. Modelo de base rígida.	51
Figura 25. Modelo de base flexible.	51
Figura 26. Respuesta sísmica de una estructura cimentada sobre roca o en suelo.....	53
Figura 27. Modelo del péndulo invertido.....	55
Figura 28. Modelo de barra en voladizo con masas puntuales.....	56
Figura 29. Modelo de barra empotrada en losa rectangular con masas puntuales.	56
Figura 30. Modelo con masas puntuales en los nudos de la estructura.....	57
Figura 31. Modelo sofisticado del péndulo invertido con masas puntuales.....	58
Figura 32. Modelo espacial de interacción suelo-estructura.	59
Figura 33. Esquemas de cálculo de las condiciones de fijación de la estructura tipo péndulo invertido: a) Esquema tradicional, b) Esquema considerando la flexibilidad de la base de fundación.	60
Figura 34. Esquema espacial de cálculo de la cimentación tipo zapata aislada.....	61
Figura 35. Modelo dinámico V.A. Ilchev.....	65
Figura 36. Módulo de Balasto.....	74
Figura 37. Modelo de Winkler.....	74

Figura 38.Modelo Propuesta por FEMA 440.	76
Figura 39.brazo rígido viga-columna.	77
Figura 40.brazo rígido columna-zapata.	78
Figura 41.Diafragma Rígido.	78
Figura 42.Centro de Masa Inicial.	79
Figura 43.Centro de Rigidez.....	80
Figura 44.Zonas Sísmicas.	84
Figura 45.Amplificación Sísmica.	86
Figura 46.Zonas sismicas.	111
Figura 47.Altura de los pisos en x,y.	115
Figura 48.Desplazando en z.	116
Figura 49.Desplazamiento en z.....	116
Figura 50.Desplazamiento de grillas.....	117
Figura 51.Numeración de grillas en x,y,z.....	117
Figura 52.número de grilla en x.....	118
Figura 53.Modelamiento de zapata.	118
Figura 54.Restricciones empotrada	119
Figura 55.Sección empotrada.....	119
Figura 56.Rotaciones y traslación.....	120
Figura 57.Empotramiento.	120
Figura 58.Difinición de materiales.....	121
Figura 59.Materiaial d concreto para la columna.	121
Figura 60.Material.	122
Figura 61.Viga y columna.	122
Figura 62.Ejes locales.....	123
Figura 63.Ejes respecto a las columnas.	123

Figura 64.Tipo de material para columnas	124
Figura 65.Tipo de columna.	124
Figura 66.medidas de columna.	125
Figura 67.medidas de columna.	125
Figura 68.Vigas.....	126
Figura 69.Vigas de 50x40.....	126
Figura 70.asignamos las vigas.....	127
Figura 71.Selección de columnas.	127
Figura 72.seccionamiento de columnas.	128
Figura 73.distribucción de columnas.....	128
Figura 74.Secciones de vigas.	129
Figura 75.selección de vigas.	129
Figura 76.Sección de una viga	130
Figura 77.vigas.....	130
Figura 78.distribucción de vigas.	131
Figura 79.Colocacion de masas.	131
Figura 80.Restrinción de masas.....	132
Figura 81.Restricion de traslacion y rotación.	132
Figura 82.Brazos rígidos.....	133
Figura 83.Selección de vigas transversales y brazo rígido.....	133
Figura 84.Asignar los diafragmas.....	134
Figura 85.Diafram de la losa 2.	134
Figura 86.Diaframa de la losa 3.	135
Figura 87.Diaframa de la losa 1.	135
Figura 88.losa 2.....	136
Figura 89.Losa 3.....	136

Figura 90.Asiganacion de masas.....	137
Figura 91.Masas.....	137
Figura 92.Liberación de empotramientos.	138
Figura 93.Verificación de zapatas.	138
Figura 94.Modificamos x,y,z.	139
Figura 95.Determinar las características.	139
Figura 96.Selección de zapata.	140
Figura 97.Material de zapata.....	140
Figura 98.Selección de zapata.	141
Figura 99.Material y dimensiones de zapata.....	141
Figura 100.Insertamos la zapata.....	142
Figura 101.Zapata.	142
Figura 102.Direcciones x,y.....	143
Figura 103.Seleccionamos los centroides de las zapatas.	143
Figura 104.Restricciones alrededor del eje 3.	144
Figura 105.Coeficientes de rigidez.....	144
Figura 106.Espectro.	145
Figura 107.Aceleración.	145
Figura 108.Ajustar el espectro.....	146
Figura 109.Aspectro ajustado.....	146
Figura 110.Eliminación de la carga muerta.	147
Figura 111.Modificación de los modos.....	147
Figura 112.Modos de 12 a 8.	148
Figura 113.Modo 8.	148
Figura 114.Sismo xx.	149
Figura 115.Analisis modal.....	149

Figura 116.Simo Y.	150
Figura 117.Combinaciones.	150
Figura 118.Combinación 1.....	151
Figura 119.Desplazamiento en x.	151
Figura 120.Combinación XX.....	152
Figura 121.Desplazamiento en Y.	152
Figura 122.Análisis para la edificación aporticada.	153
Figura 123.Análisis.	153
Figura 124.Resultados.	154
Figura 125.Verificación del modo 1.....	154
Figura 126.Zapata	155
Figura 127.Desplazamiento mayor magnitud.	155
Figura 128.Desplazamiento en x.	156
Figura 129.Derivadas.	158
Figura 130.Cantidad de traslación.....	159
Figura 131.Fuerzas.....	160
Figura 132.Verificamos el cortante.	161
Figura 133.Porticos.....	162
Figura 134.Esfuerzo.	166
Figura 135.Aplicación.	166
Figura 136.Elementos de fuerza.	167
Figura 137.Fuerza.	167

RESUMEN

Trujillo es una zona de alta sismicidad, en 1970 sufrió un sismo con consecuencias devastadoras, Es necesario la revisión y análisis periódico de la Norma de Diseño Sismo resistente, porque se ha comprobado que muchas edificaciones diseñadas bajo estas normas se comportaron bien ante los sismos y otro mal, habiendo actuado bajo los mismos parámetros actualmente se están construyendo viviendas y departamentos de gran altura, el sistema de cimentación empleado es de zapatas aisladas, convencionalmente para diseñar estos edificios se hace el análisis sísmico considerando el empotramiento perfecto en la base, siempre restringiendo todos sus grados de libertad, sin tener en cuenta que hay tipos de suelo con propiedades elásticas, es decir que el empotramiento en la base no es la idealización más adecuada; siendo necesario que la aplicación de modelos dinámicos sean los más correctos y adecuados para su análisis estructural, como los modelos de interacción suelo-estructura. El presente trabajo obedece básicamente a una investigación teórica, como instrumento se usó el programa SAP-2000 para modelar y obtener algunos resultados a base de tablas para una mayor interpretación de la aplicación de los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura, se logró la reducción de las fuerzas internas en los elementos estructurales aporticados con respecto al modelo convencional de empotramiento en la base; concluyéndose que ante un evento sísmico la rigidez del suelo de fundación absorbe parte de la energía liberada.

Palabras clave: Interacción sísmica suelo-estructura, modelo dinámico.

ABSTRACT

Trujillo is an area of high seismicity, in 1970 it suffered an earthquake with devastating consequences. It is necessary to review and periodically review the Design Standard Earthquake resistant, because it has been proven that many buildings designed under these standards behaved well before the earthquakes and another bad, having acted under the same parameters currently high-rise housing and apartments are being built, the foundation system used is isolated footings, conventionally to design these buildings seismic analysis is done considering the perfect embedment at the base, always restricting all its degrees of freedom, without taking into account that there are types of soil with elastic properties, that is to say that recessing at the base is not the most suitable idealization; It is necessary that the application of dynamic models be the most correct and suitable for structural analysis, such as soil-structure interaction models. The present work is basically due to theoretical research, as an instrument the SAP-2000 program was used to model and obtain some results based on tables for a better interpretation of the application of dynamic soil-structure interaction models, the reduction was achieved of the internal forces in the structural elements contributed with respect to the conventional model of embedding in the base; concluding that before a seismic event the stiffness of the foundation floor absorbs part of the energy released.

Keywords: Soil-structure seismic interaction, dynamic model.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática.

Sucasaca y Mamani (2017) afirma que la Interacción Suelo – Estructura es un estudio elemental con la finalidad de comprender cómo se comporta la cimentación y la estructura ante cargas dinámicas, principalmente el de sismo para comprender este fenómeno es fundamental saber las propiedades dinámicas del suelo, el periodo fundamental de vibración y se pueda construir un espectro para el diseño sísmico que ayudará a saber de modo exacta la aceleración máxima a la que está sometida la estructura cuando se presenta un sismo. En la actualidad se utiliza la suposición de que el movimiento en la base de la estructura durante una excitación sísmica es igual al movimiento del terreno a campo abierto lo que equivale al movimiento que ocurriría en la base de la cimentación en caso que no hubiese ninguna estructura por lo tanto únicamente es posible la suposición si la estructura se encuentra cimentada sobre un suelo rígido (p. 16).

Fernández (2013) afirma que la “Interacción Dinámica Suelo Estructura son modificaciones producidas por el movimiento del terreno como en la respuesta dinámica de la estructura debido a la flexibilidad relativa del sistema suelo-cimentación vinculado a la rigidez del sistema y se conoce como interacción dinámica suelo-estructura (IDSE)” (p. 21).

La respuesta dinámica de las estructuras es un fenómeno diverso que depende de una gran numerosidad de variables como las propiedades de la estructura. Es importante IDSE en la respuesta estructural que se define por la oposición que existe entre la rigidez del sistema suelo-cimentación y la rigidez de la estructura por lo que en estructuras rígidas. (Fernández, 2013).

Galicia y León (2007) la Interacción Suelo-Estructura estudia la ingeniería geotécnica y estructural en las últimas décadas el progreso de las capacidades de las computadoras ha reconocido examinar los tipos de estructuras considerando su interacción con el suelo de fundación en conclusión la interacción suelo-estructura es muy notorio en el cálculo de edificaciones puesto que influye en la determinación de los modos de vibración libre asimismo en la redistribución de los esfuerzos en el edificio y cimentación. Asimismo, cambian las fuerzas internas en los diferentes elementos estructurales asimismo se utiliza programas de cómputo como es el SAP2000 el cual permite modelar y examinar edificaciones con técnicas de modelamiento simple y sofisticad lo que nos lleva a investigar referente a la sensibilidad de la respuesta sísmica proporcionadas por los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura seleccionado una edificación de albañilería confinada con platea de cimentación. (p. 1)

La ISE ha sido desarrollado y explicado por diversos científicos tales como: A.A. Amosov, A.V. Anikev, D.D. Barkan, D.N. Birulia, I.G. Filipov, V.A. Ilichev, A.E. Sargsian, N.N. Shaposhnikov, J. Jauzner, B.K. Karapetian, A.Z. Kats, B.G. Korenev, entre otros, cada uno ha tenido un punto de empezar desde la base existen modelos dinámicos más conocidos: Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y Modelo dinámico Winkler – Coeficiente de balasto (Valderrama y Meza, 2014, p. 16).

Villareal (2009) aplica mucha importancia al problema de interacción suelo-estructura en un sentido puede ser formulado como un soporte dinámico entre la base y la estructura. Actualmente la investigación consiste en los primeros modelos dinámicos de interacción suelo-estructura han influido en el estado esfuerzo deformación de la edificación en la categoría intermedio la investigación se hizo la modificación de la norma rusa SNIP II-7-81.

El Perú es un país sísmico y según la categorización mundial le corresponde 9 grados en la escala Mercalli Modificada cerca de 32 millones de peruanos vivimos en zonas sísmicas asimismo la dificultad de la metodología de cálculo de edificaciones con zapatas aisladas considerando la flexibilidad de la base de la cimentación. el método constructivo suelo estructura se usa con mucha frecuencia en la práctica y considera un campo abierto en la investigación sísmica en la actual investigación una aportación importante en el reajuste de los métodos de cálculo de edificaciones con zapatas aisladas (Villarreal, Genner, 2017, p. 5).

El Perú se encuentra ubicado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico” presenta vulnerabilidad y consecuencias dañinas en eventos sísmicos ya que éstos cuentan con probabilidades de tener lugar en la costa de nuestro país. Cerca del 40% del área peruana es altamente sísmica (**costa peruana**), (...) Por lo tanto desde un punto de vista más técnico (...) la vulnerabilidad frente a un sismo de determinadas características es una propiedad intrínseca de toda estructura y por consiguiente independiente de peligro del emplazamiento. Esto quiere indicar que una estructura puede ser vulnerable pero no estar en peligro si no se encuentra en un sitio de riesgo sísmica (Fernández, 2013).

la Norma de Diseño Sismo resistente peruana, debe ser analizada frecuentemente debido a que existen edificaciones que han sido diseñadas bajo la norma y a pesar de ello algunas han sido capaces de resistir un determinado movimiento sísmico mientras que otras edificaciones no han podido. Debido a ello se necesita modificar el reglamento (Valderrama & Meza, 2014) (p. 13).

En la mecánica de los suelos se presentan problemas relacionados con la interacción estructura -suelo, como son: zapatas continuas de cimentación, cimentaciones compensadas, cimentaciones profundas con pilotes, muros de retención y elementos subterráneos como pilas, ataguías, tubos túneles, etc. En la mayoría de los casos las estructuras de cimentaciones se construyen de concreto simple o reforzado además es importante conocer las propiedades mecánicas de esfuerzo – deformación -tiempo del concreto y del suelo bajo diferentes condiciones de carga. Asimismo, las propiedades mecánicas del suelo es importante saber la estratigrafía y Condiciones hidráulicas del lugar más aún en regiones sísmicas las propiedades dinámicas del concreto y suelo deben de determinarse para el problema específico en cuestión. La solución de la interacción entre la estructura y el suelo podrá obtenerse solo si se conocen las propiedades reales de esfuerzo-deformación–tiempo de los materiales y si se establece la compatibilidad de deformación entre la estructura y el suelo (Zeevaert, 1980).

El espectro de diseño “es la envolvente de dos o más los espectros de respuesta adicionalmente el espectro de diseño para la norma en específico que no se cuentan con registros históricos medidos, se utiliza métodos probabilísticos de estudios de amenaza sísmica” (Cañizares, 2016, p. 2).

Galicia y León (2007) La respuesta sísmica de la estructura está ligada a la forma de los movimientos sísmicos del terreno afectan la estructura a través de su cimentación las características dinámicas del suelo subyacente, la rigidez y disposición de la cimentación y el tipo de método estructural de la edificación interactúan entre sí para establecer los efectos sísmicos sobre ella no se tiene en cuenta la rigidez de la cimentación y las propiedades dinámicas del suelo subyacente en el estudio sísmico de la edificación puede conducir a variaciones apreciables entre la respuesta sísmica estimada y la

respuesta de la estructura por las razones anotadas es favorable incluir los efectos de la interacción suelo - estructura en el estudio sísmico de la edificación.

“Es la modificación del movimiento de terreno (en la base de la estructura) provocado por el aspecto de la estructura. Existe una mayor interacción en la disposición en la cual el movimiento en la base de la estructura se ve corregido por la disposición de la estructura” (Jinez, 2017, p. 12).

Los cálculos de la Interacción Suelo-Estructura son altamente relevantes para los edificios debido al diseño estructural en situación de campo es complejo las deformaciones diferenciadas del subsuelo afectan perceptiblemente en la colocación de las fuerzas a través de toda la estructura y de no saber de esta amenaza pone en peligro la seguridad de los edificios el rol de los Ingenieros Geotécnicos aumenta exponencialmente, asimismo el tema de la Interacción Suelo-Estructura aspira a ser un eje principal de investigación que proporciona la precisión del pronóstico de los cálculos en el diseño de una edificación como toda obra está construida sobre el terreno (Galicía et al., 2007, p. 8)

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la interacción dinámica suelo-estructura para edificios aporticados altos de la ciudad de Trujillo – la libertad 2019?

1.3. Justificación.

Sabemos que el efecto de interacción dinámica suelo – estructura no se considera en la normativa peruana las construcciones en zonas sísmicas se incrementan a diario en nuestro país en efecto la seguridad estructural tiene un valor importante en el progreso nacional la disminución de los costos asimismo la razón principal de la solución de este problema es la elaboración de metodologías de cálculo sísmico de estructuras considerando el efecto de interacción dinámica Suelo-Estructura en general, este problema se ha investigado en forma insuficiente y por lo tanto es un campo abierto para los investigadores.

La principal limitación que se tiene para la presente investigación es que el efecto de interacción dinámica suelo – estructura no se considera en la norma peruana, asimismo la escasez de investigación actual e información sobre el tema. A pesar de estas limitaciones se pudo ejecutar el estudio planteado ya que existen investigaciones realizadas por el Dr. Genner Villarreal Castro sobre interacción suelo – estructura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

- ✓ Evaluar la interacción dinámica suelo-estructura para edificios aporticados altos del distrito de Trujillo, región la libertad, 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos.

1. Describir el estado actual de la realidad sísmica de Trujillo.
2. Describir la interacción suelo – estructura en un edificio aporticado de Trujillo.
3. Identificar los diferentes modelos de Interacción Suelo-Estructura y describirlos.

4. Realizar una serie de análisis sísmicos con y sin Interacción Suelo-Estructura para una edificación aporticada utilizando el software SAP 2000 v19 y comparar resultados.

1.5. Antecedentes

como antecedentes nacionales podemos mencionar

- ✓ Sucasaca y Mamani (2017), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada “evaluación de los efectos de interacción suelo - estructura en el estadio universitario una – puno “tuvo como objetivo el análisis comparativo del comportamiento estructural con un análisis convencional (base empotrada) y considerando efectos de interacción suelo estructura. Aplica a realizar un análisis comparativo del análisis sísmico con apoyo empotrado y considerando la Interacción Suelo-Estructura, con la NTP E-030. como resultado se obtuvo que las propiedades dinámicas del suelo que intervienen en el análisis sísmico con ISE, son: El Módulo de Corte del suelo, Módulo de Poisson, Módulo de Elasticidad, la Velocidad de Onda de Corte y el Coeficiente de Balasto. Este antecedente es considerado para la investigación para definir en mi marco teórico en el proyecto de mi investigación.
- ✓ Aquino y Rodríguez (2015), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada “comparación de la respuesta estructural de los módulos b y c de la i. e. julio ramón Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo - estructura”, tuvo como objetivo realizar el estudio de comparar la respuesta estructural de los módulos b y c de la i. e. considerando y sin considerar la interacción suelo – estructura. Aplica a una mejor respuesta estructural en el análisis de edificios debido a que las fuerzas internas máximas en los elementos estructurales disminuyen asimismo esto sucede cuando la estructura es lo

suficientemente rígida lateralmente al contrario el edificio no presentará una buena respuesta de la interacción suelo – estructura. Como resultado se obtuvo el efecto de interacción suelo – estructura en el análisis de edificaciones debe considerarse en la normativa peruana ya que considerando este efecto se tiene una mejor respuesta estructural de las edificaciones. Este antecedente es considerado para la investigación ya que me ha servido para tener un conocimiento básico referente del análisis de una estructura utilizando ISE.

- ✓ Valderrama y Meza (2014), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas” tuvo como objetivo se busca demostrar que los esfuerzos internos obtenidos a partir de modelaciones que consideran la Interacción Suelo-Estructura, son menores a los que se obtienen de modelaciones que consideran la base empotrada, tomando como punto de partida el modelo dinámico publicado por D.D. Barkan – O.A. Savinov. . Aplica en las edificaciones a porticadas y que deberían construirse sobre un suelo de fundación rígido, ya que, si se hace sobre un suelo flexible, esto puede amplificar de manera considerable los desplazamientos de entrepiso y derivas. Como resultado se obtuvo Se concluye que la hipótesis de la presente tesis de investigación es válida, ya que se contrastó mediante un análisis estadístico conocido como la Prueba Chi-cuadrado. Este antecedente es considerado para la investigación ya que me sirve para un conocimiento claro y específico sobre mis objetivos planteados en mi proyecto de tesis.

como antecedentes internacionales podemos mencionar:

- ✓ Coyolt (2016), en su tesis presentada para optar por el grado de: maestro en ingeniería denominada “interacción dinámica suelo-estructura” , tiene como objetivo comparar tres criterios de diseño sísmico de los cuales ambos se encuentran en el cuerpo de las Normas Técnicas para Diseño por Sismo 2004 y el criterio formulado por el Dr. Zeevaert en 1973 y 1994 referido a los espectros envolventes de diseño por sismo con base en lo anterior, se ensayó un modelo que involucra las características dinámicas de la estructura y del subsuelo de apoyo. Aplica al método de Interacción Dinámica Suelo Estructura con la finalidad de hacer más transparente el procedimiento de diseño al considerar. Como resultados obtenidos se aplica el criterio de análisis dinámico modal, el criterio del apéndice A y espectros envolventes. Este antecedente es considerado para la investigación ya que me sirvió para considerar en mi marco teórico definiendo los tipos de interacción suelo- estructura.
- ✓ León (2015), en su tesis presentada trabajo para a la obtención del título de ingeniero civil denominada “Análisis comparativo del diseño de una edificación de hormigón armado considerando el sistema de base rígida versus la interacción suelo – estructura”, tiene como objetivo estudiar los efectos de la flexibilidad del suelo de fundación aplicabilidad de la interacción suelo-estructura utilizando los modelos presentado por los científicos D. D. Barkan – O. A. Savinov. Aplica a la necesidad de saber de la comunidad estudiantil y profesionales de la ingeniería civil este nuevo esquema de estudio estructural que considera la flexibilidad del suelo de fundación. Como resultado se dio con el resultado de la interacción suelo – estructura para el tipo de suelo considerado asimismo se comprobó al examinar dicha edificación es notoria por cuanto influye en la investigación de los modos de

vibración libre, desplazamientos, también como en la colocación de las fuerzas internas de los elementos estructurales además se menciona que dicho efecto se incrementa a medida que aumenta la altura de la edificación, asimismo mientras más blando sea el suelo de cimentación. Este antecedente es considerado para la investigación ya que se considerará en el marco teórico la determinación de los modelos de la interacción suelo- estructura.

- ✓ Mejia (2017), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Interacción Dinámica Suelo Estructura”, tuvo como objetivo realizar un análisis de la interacción dinámica suelo estructura. Aplica en las variaciones obtenidos por la norma técnica de diseño por sismo. Como resultado nos dice que las cargas dinámicas en el suelo por un sismo o por otro tipo de agente generador lo primero es tener en claro el comportamiento esfuerzo y deformación con la reacción del suelo de carácter no lineal surgiendo una complejidad para obtener las propiedades dinámicas del suelo por medio de pruebas de laboratorio y pruebas de campo sin tomar en cuenta la incertidumbre que se tiene al extraer muestras representativas y las alteraciones que sufren en su transporte al laboratorio y al manejo de las pruebas en el laboratorio. Este antecedente es considerado para la investigación ya que determinaremos las propiedades dinámicas en el marco teórico del proyecto de tesis.

Artículo científico:

- ✓ Morales, Manosalvas, y Tarapúes (2018), en su artículo científico denominado “Comparación de respuestas estructurales entre los sistemas de muros confinados (m2) y aporticado, implementando interacción suelo-estructura”, tuvo como objetivo analizar y comparar. Aplica el modelo Dinámico D.D. Barkan-o. A Savinov y para la distribución de la mampostería confinada (M2) se utilizó el

método puntual equivalente donde las paredes trabajen solo axialmente a presión y no absorban cortante reflejando un comportamiento real de la mampostería en el desempeño estructural de las edificaciones. Como resultado las derivas de piso reducen la mampostería m² dentro del estudio estructural por el aumento de rigidez lateral que aporta el m² al método estructural aporticado. Este antecedente es considerado para la investigación ya que nos ayuda a definir la rigidez en estructuras aporticadas.

1.6. Bases Teóricas.

1.6.1. Generalidades de sismo

1.6.1.1. Origen de los sismos

Morales (2019) Un sismo es un movimiento que se da por el cambio de posición de las placas tectónicas.

Existen dos tipos de ondas sísmicas principal que se produce en un sismo entre ellas tenemos:

Ondas internas: son las que se propagan en el interior de la tierra y está conformado por las ondas p y las ondas s.

Las ondas p: se propagan en dirección de avance de onda y se propagan a través de sólidos y fluidos. Son las más rápidas.

Ondas s: se propagan en sólidos son las ondas de corte es decir son las más lentas.

Ondas externas: son las que se propagan en la corteza terrestre y están conformado por las ondas Love y las ondas Rayleigh.

Ondas Love: se transmiten transversalmente en la onda de propagación.

Ondas Rayleigh: vibran a una dirección circular.

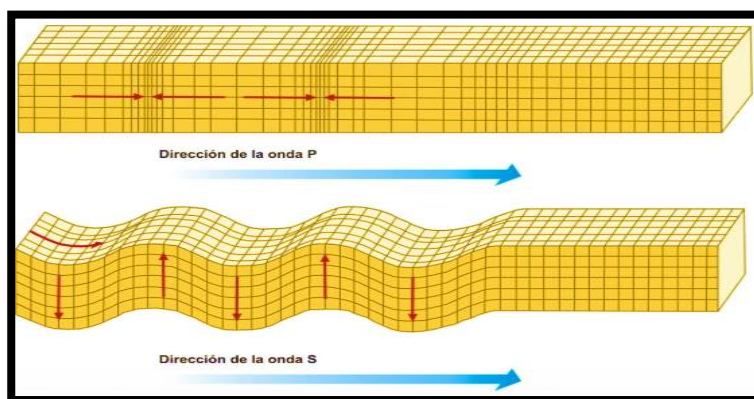


Figura 1.onda sísmica
Fuente: ncarquitectura

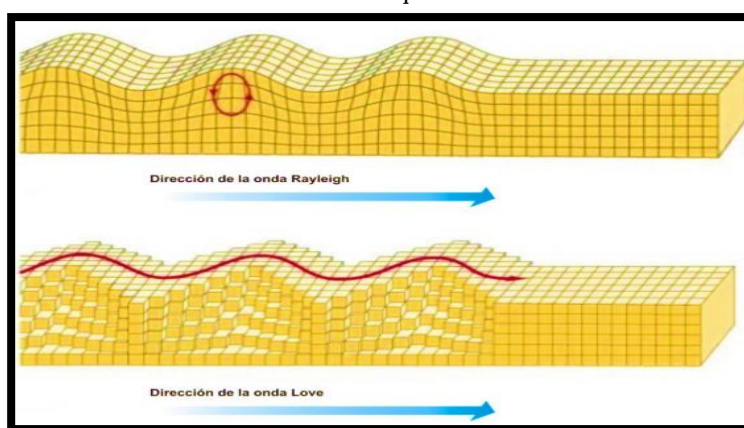


Figura 2.onda sísmica
Fuente: ncarquitectura

1.6.1.2. Introducción a los terremotos en Perú

En el Perú los terremotos han venido cobrando vidas debido a una mala planificación y la falta de conocimiento en los tipos de zonas sísmicas. Asimismo, en el Perú en las últimas décadas se ha detectado 7 terremotos de gran magnitud ocurridos en los años 1940, 1942, 1966, 1970, 1974 y dos en 1996 todos con magnitudes superiores a 7.0 Ms y valores de intensidad mayores a VII en la escala de Mercalli Modificada (MM).

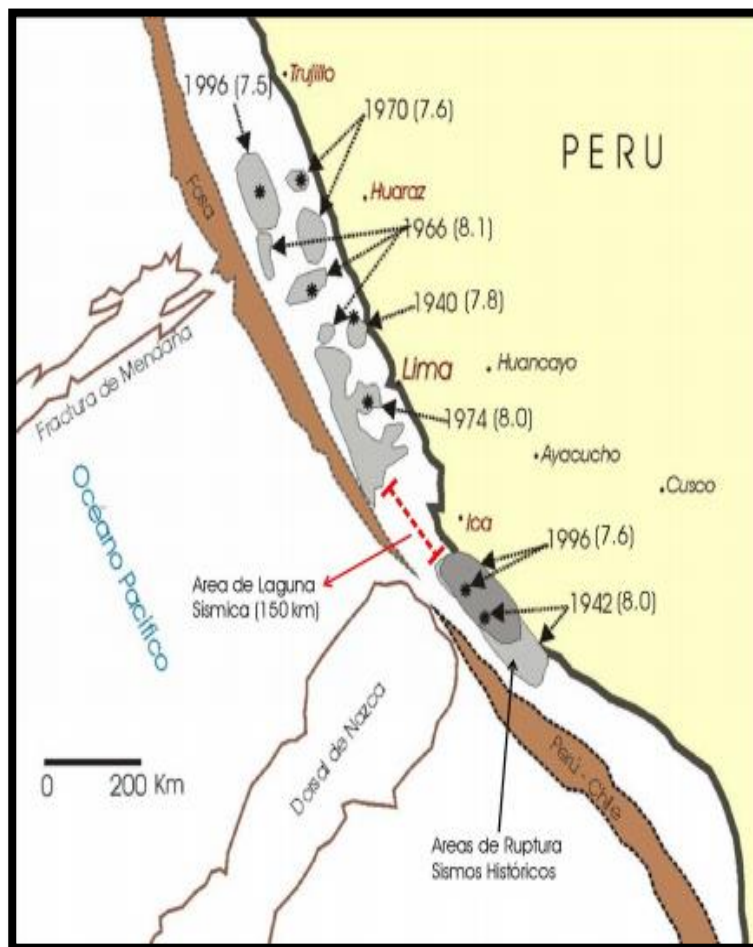


Figura 3. Distribución espacial de los grandes terremotos y sus áreas de ruptura en la Región central del Perú.

1.6.1.3. Sismicidad del Perú

El Perú se encuentra ubicado en la parte central y occidental de América del Sur, cuyo litoral constituye una zona de contacto de las placas Sudamericana y la de Nazca.

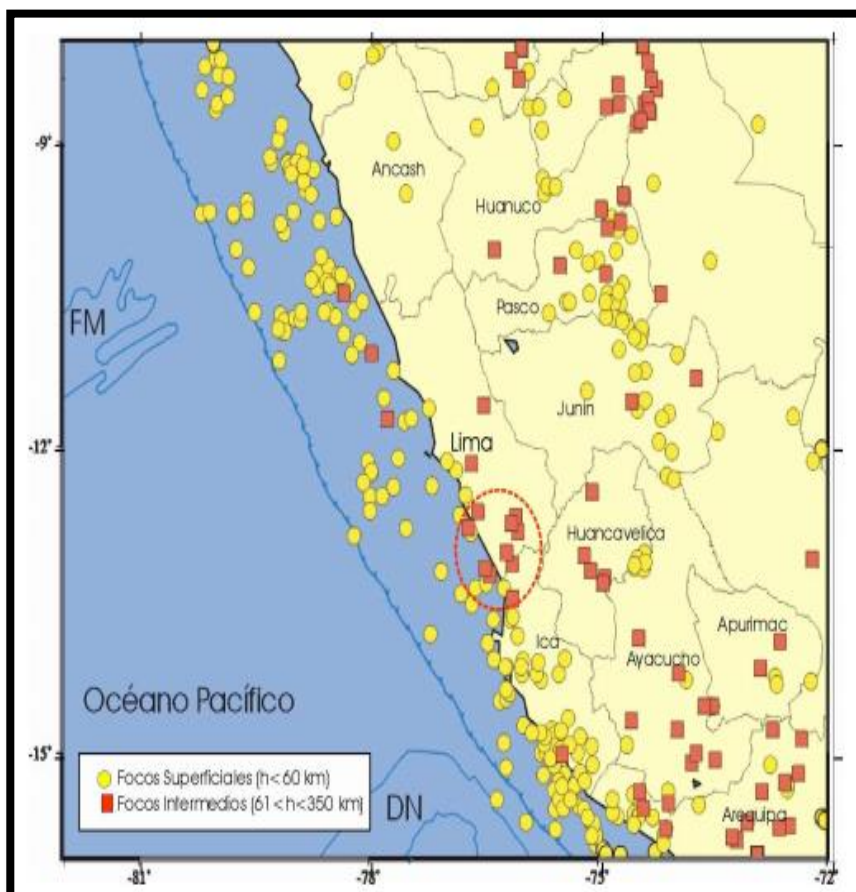


Figura 4. Mapa de sismicidad para la región central del Perú con sismos ocurridos entre los años 1995 y 2006 ($ML > 4.5$).

Fuente: instituto geofísico del Perú

1.6.1.4. Peligro sísmico en el Perú

Villarreal (2017) Es importante que el estado, sociedad y gobierno le den más importancia al peligro sísmico en el Perú por la falta de preparación a la ciudadanía y a la necesidad de dar pasos seguros en la inversión en esta área.

33 millones de peruanos viven en zonas sísmicas. En la fig. 5 se muestran los daños ocasionados por el sismo de Ocoña, ocurrido el 23.06.2001 en el sur del país, dejando muchos daños materiales y pérdidas humanas, lo cual nos hace reflexionar de la necesidad de formar equipos de investigación conjunta para resolver las deficiencias en cada una de las etapas del proceso constructivo de todo tipo de obras.



Figura 5. Consecuencias del sismo de Ocoña en el sur del país (23.06.2001).
fuente: Villareal, 2009

1.6.1.5. Geotécnica del distrito de Trujillo

1.6.1.5.1. Introducción:

En la ciudad de Trujillo encontramos estudios de la mecánica de suelos y dinámica sobre los efectos de la interacción suelo - estructura comprendidas sobre una creación de un código para el diseño sobre la planificación urbana.

- Responsabilidad gubernamental.
- Compañías de seguros y planes de defensa civil.
- Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de las edificaciones existentes.

1.6.1.5.2. Información recopilada de algunos estudios geotécnicos de Trujillo

En la investigación realizada de estudios geotécnicos realizados en el Distrito de Trujillo se puede desarrollar la siguiente zonificación geotécnica:

Zona 1:

Lujan (2011) la zona 1 presenta un estrato superficial de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto, luego un estrato de material de arenas pobremente gradadas con limos, cuyo espesor varía entre 2,00 m. a 4,00 m

Zona 2:

Lujan (2011) la zona 2 presenta inicialmente un estrato de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto y luego un estrato de arenas pobremente graduadas, cuyo espesor vario de 0.40 m. a 1,00 m.

Zona 3:

Lujan (2011) la zona 3 presenta un estrato superficial de relleno conformado por suelo orgánico, luego un estrato de arena arcillosa o arcilla de baja plasticidad, de 0.40 a 1.20 m. de espesor.

Zona 4:

Lujan (2011) La zona 4 presenta un estrato superficial de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto, luego un estrato de material de arenas pobremente gradadas, cuyo espesor varía entre 0.30 m. a 0.90 m.

- ✓ Zona 1= $Q_{adm}=0.914$ a 1.099kg/cm^2
- ✓ Zona 2= $Q_{adm}=1.100$ a 1.328kg/cm^2
- ✓ Zona 3= $Q_{adm}=0.794$ a 0.939kg/cm^2
- ✓ Zona 4= $Q_{adm}=0.939$ a 1.129kg/cm^2

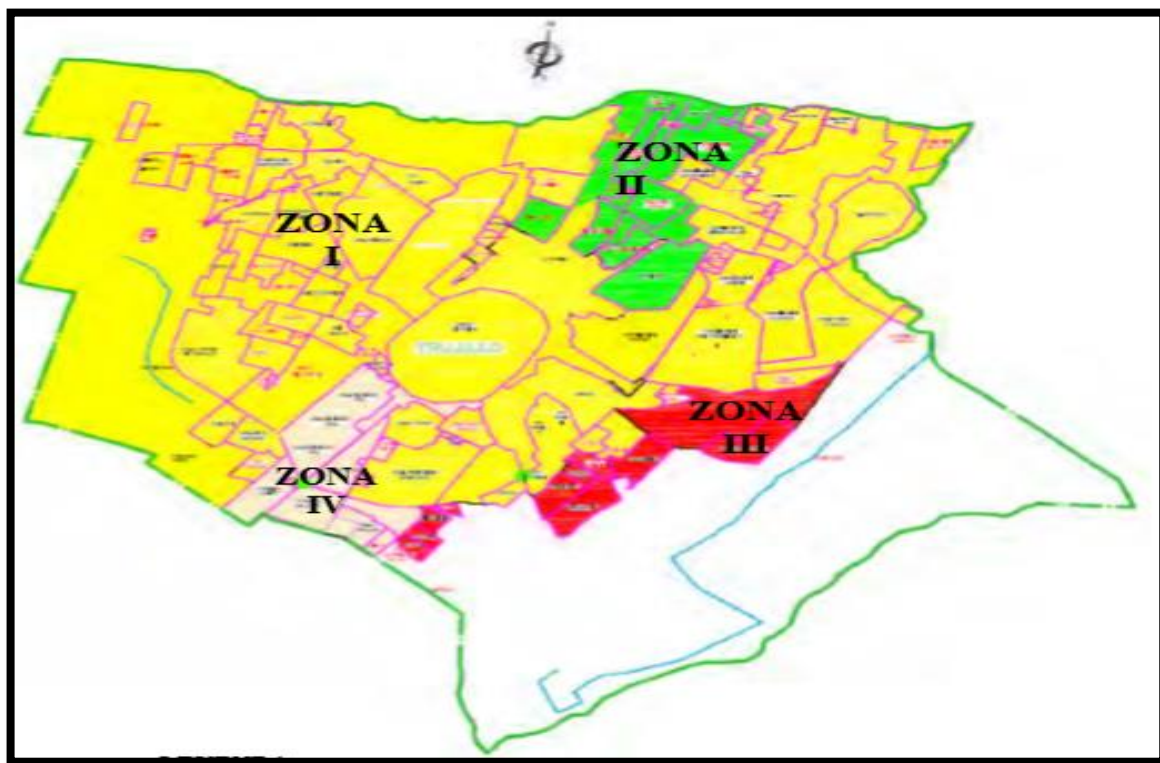


Figura 6. Mapa de Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo.
Fuente: (Lujan, 2011)

1.6.2. Dinámica de suelos

Sucasaca y Mamani (2017) La dinámica de suelos estudia la mecánica de suelos, las propiedades, el comportamiento del suelo y las cargas dinámicas que son producidas por sismos.

Algunos de los principales problemas para enfrentar en la dinámica de suelos son:

- ✓ Sismo. Vibración del suelo y la propagación de las ondas a través de los suelos. Esfuerzo dinámico, características de resistencia y deformación del suelo.
- ✓ Capacidad de carga dinámica y diseño de cimentaciones.
- ✓ Licuación de arenas.

1.6.2.1. Propiedades dinámicas

Las propiedades dinámicas del suelo se determinan mediante pruebas de campo y laboratorio.

Los parámetros más importantes son los siguientes:

- ✓ Módulo de Young, E .
- ✓ Módulo de corte, G .
- ✓ Coeficiente de Poisson, ν .
- ✓ Amortiguamiento, ξ .
- ✓ Parámetros de licuación: relación de esfuerzo cortante, presión de poro

1.6.2.1.1. Módulo de Corte Dinámico (G)

Sucasaca y Mamani (2017) es la relación entre esfuerzo y la deformación se puede calcular un valor medio durante el ciclo completo lo cual se puede aproximar por el módulo secante de corte expresado como:

$$G_{sec} = \tau / \gamma$$

Dónde:

τ = Esfuerzo cortante, kg/cm².

γ = deformación angular, %.

1.6.2.1.2. Coeficiente de Poisson (ν)

Sucasaca y Mamani (2017) es un parámetro importante del suelo difícil de calcular asimismo se acostumbra a determinar el módulo de rigidez (G) y del módulo de elasticidad (E) de tal manera que en una expresión matemática pueden ser representados los tres como:

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1$$

1.6.2.1.3. Coeficiente de Amortiguamiento (ξ)

Sucasaca y Mamani (2017) El amortiguamiento histórico puede ser calculado por pruebas en el laboratorio determinado mediante la curva de respuesta a la frecuencia en ensayos dinámicos La relación de amortiguamiento está representada como:

$$\xi = \frac{(\text{área del ciclo de histeresis})}{(4\pi \times \text{área bajo la curva de respuesta la frecuencia})}$$

1.6.2.2. Pruebas de Campo

1.6.2.2.1. Refracción Sísmica

Gordillo (2011) es uno de los metodos de la geofisicala, mide los tiempos recorridos de las ondas P y S de un origen de impulso para una serie lineal de puntos que se encuentran sobre la superficie del terreno a diferentes distancias la prueba de refracción sísmica es más frecuentemente usada que la prueba de reflexión sísmica su mayor aplicación en la ingeniería sísmica es el trazado de las líneas estratigráficas.

De estas grabaciones los tiempos de llegada de las primeras ondas a cada receptor pueden ser determinadas y representadas como función de la distancia de la fuente al receptor, como se muestra en la Figura 13.

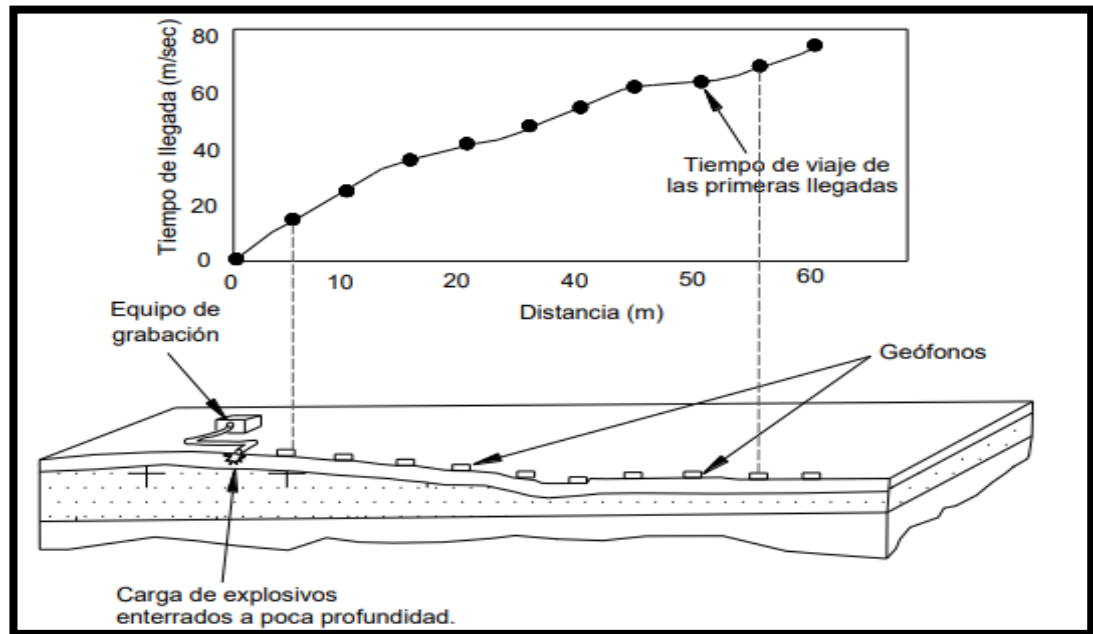


Figura 7. guración de la prueba de Refracción Sísmica
Fuente: (Gordillo, 2011, p. 42)

1.6.2.2.3. Método Down- Hole

Sucasaca y Mamani (2017) El método es utilizado para calcular parámetros dinámicos como el módulo de corte y rigidez, módulo de deformación dinámico, módulo de compresibilidad volumétrica. Asimismo, consiste en generar ondas sísmicas en la superficie las ondas s y p son registradas por un geófono triaxial.

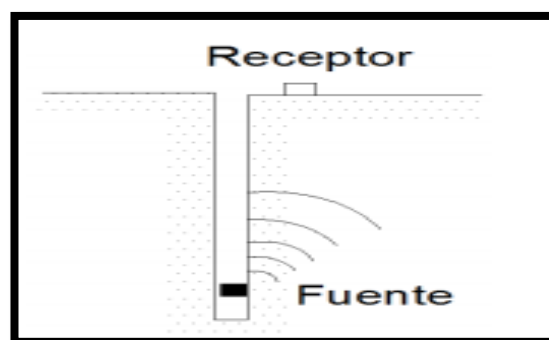


Figura 8. Prueba sísmica Up-hole.
Fuente: (Gordillo, 2011, p. 53)

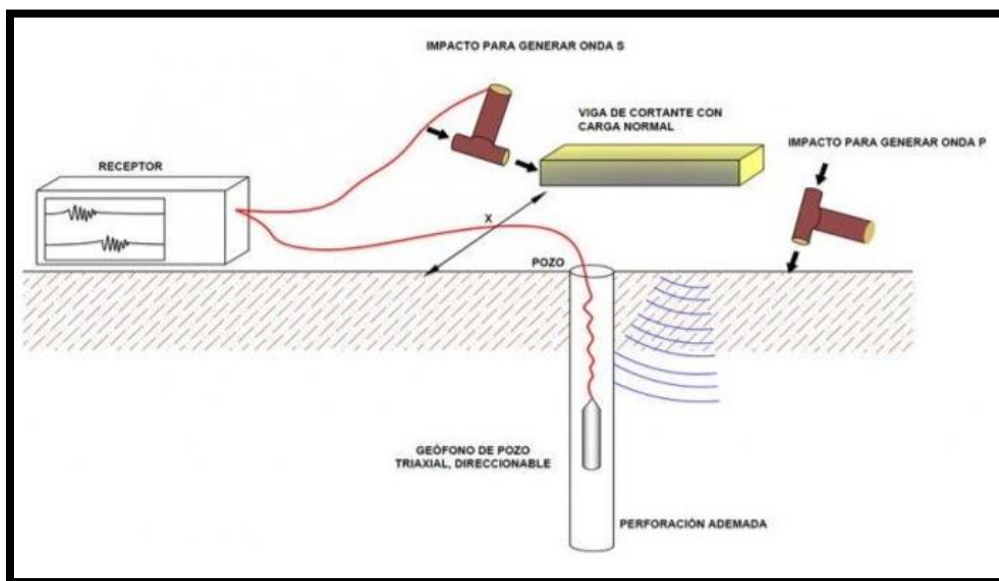


Figura 9. Esquema del experimento de Down-Hole.

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 37)

1.6.2.2.3. Método Cross- Hole

El ensayo determina la variación que experimenta el módulo de rigidez (G) con la profundidad en el interior de una perforación geotécnica a través del cálculo de la velocidad de propagación de ondas P o S en puntos colocados a la misma profundidad. El ensayo consiste en la generación de estallidos cortos de energía a diferentes profundidades de una perforación y la medición del tiempo de llegada o arribo de las ondas inducidas a profundidades equivalentes en otros pozos geotécnicos cercanos (receptores), mediante geófonos. El mínimo de sondeos para la ejecución del ensayo es de ambos (figura 13) uno de ellos es utilizado como sondeo fuente y el otro como sondeo receptor. Se recomienda utilizar más de dos sondeos (figura 3.5b) para minimizar los errores resultados de las medidas del tiempo de disparo, efectos del material superficial y de la anisotropía. Los sondeos deben ser ademados con anticipación varios días antes de la prueba con el fin de lograr adherencia entre

las paredes externas del ademe y el suelo. Este procedimiento de prueba es aplicado comúnmente a depósitos de suelos homogéneos.

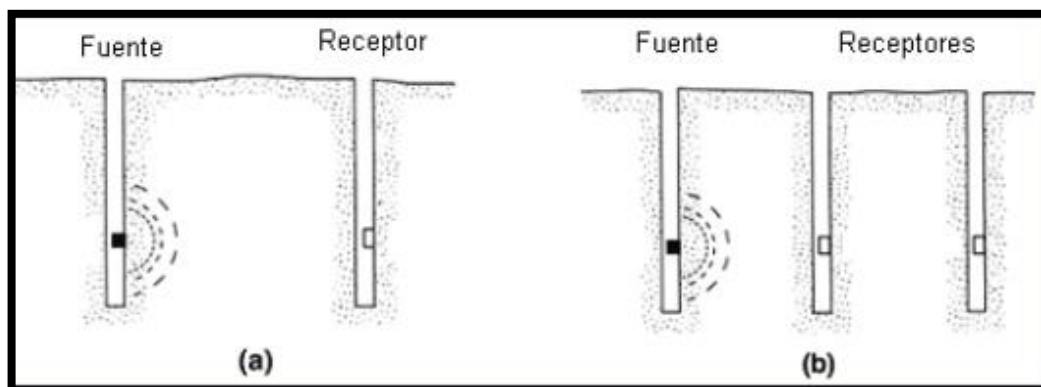


Figura 10. Representación de la prueba cross-hole con dos (a) y con tres (b) perforaciones.
Fuente: Sánchez, 2009

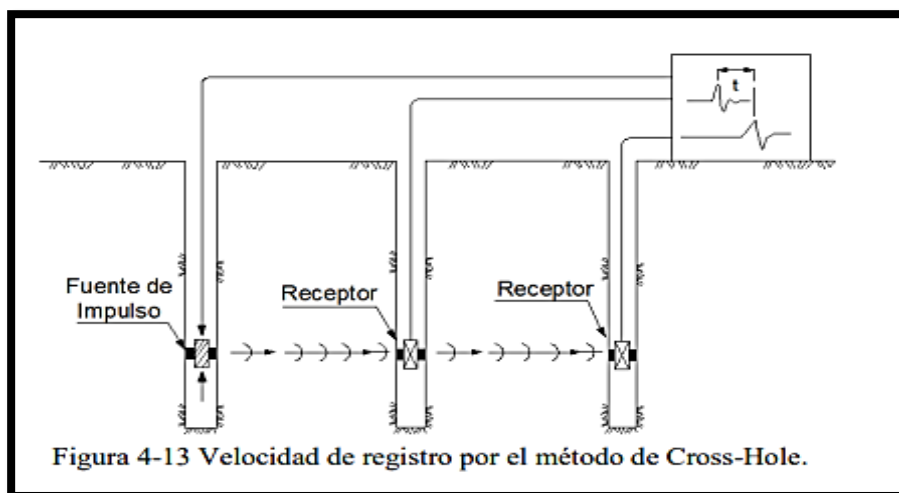


Figura 11. Velocidad de registro por el método de Cross-Hole.
Fuente: (Gordillo, 2011)

1.6.2.2.4. Método de Sonda Suspendida

Sucasaca & Mamani (2017) El método captura la propagación horizontal de la onda de cortante viajando verticalmente a través del depósito de suelo. En la Figura 18 se puede ver que la sonda consiste en el controlador de la fuente y los geófonos unidos con un cilindro de asilamiento flexible en el medio. Las ondas generadas por la fuente son registradas por dos geófonos que se han instalado a un metro de separación. Todo el conjunto está suspendido y centrado por las cuerdas de nylon para que la sonda no se encuentre en contacto con la pared de la

perforación. Un impulso en la fuente se transmite primero al fluido en el agujero perforado. El suelo adyacente a la pared es entonces desplazado horizontalmente.

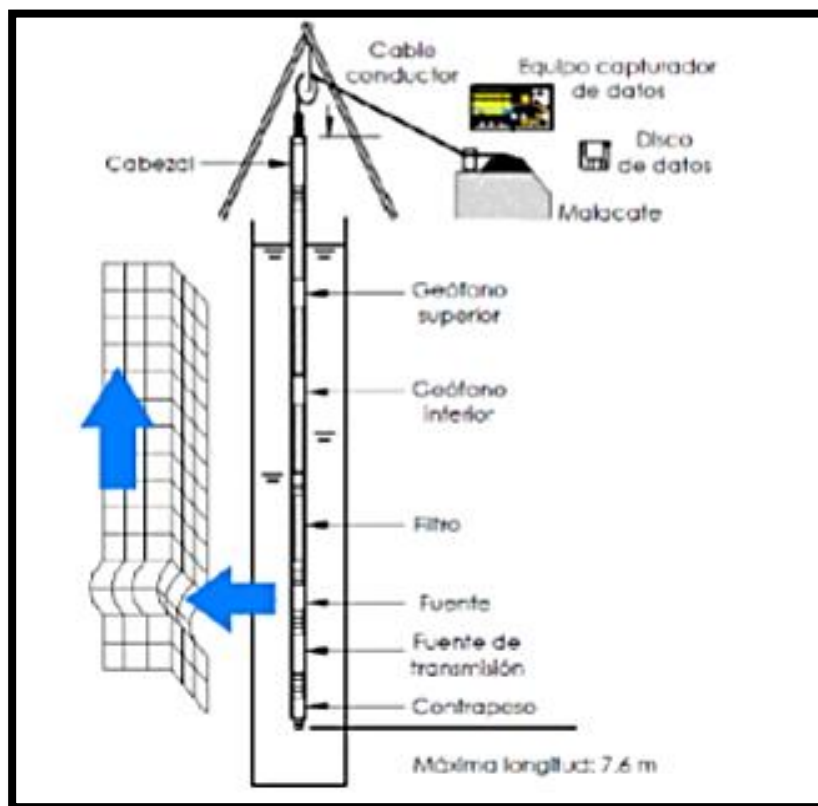


Figura 12. Ensayo sonda suspendida.
Fuente: (Rivera Martínez, 2016)

1.6.2.3. Pruebas de Laboratorio

1.6.2.3.1. Columna Resonante

Esta prueba consiste en someter un espécimen cilíndrico de suelo a un estado de vibración forzada longitudinal o torsional al modificar la frecuencia de excitación se logra conocer la frecuencia de resonancia del espécimen.

El equipo dinámico de columna resonante se utiliza para determinar el módulo de rigidez al cortante, G , y el amortiguamiento, ξ . Permite ensayar probetas de suelos granulares o friccionantes. Esta técnica induce a la muestra de suelo deformaciones de corte muy pequeñas (menores de 10-4%). Este ensayo consiste en aplicar a una muestra de suelo vibraciones forzadas longitudinales o

torsionantes, variando la frecuencia de excitación hasta lograr la resonancia del espécimen.

La frecuencia de vibración se controla a voluntad, lo cual permite realizar un barrido de frecuencias hasta encontrar la frecuencia de resonancia, f_n , que depende de las características del aparato utilizado como del espécimen. Posteriormente se puede obtener el módulo G de acuerdo con la siguiente expresión:

$$G = V_s^2 P$$

Dónde:

ρ = Densidad de masa del espécimen

Los principales factores que afectan esta prueba son: la presión de confinamiento, σ_c' ; la amplitud de la deformación angular, γ ; y la relación de vacíos e .



Figura 13. Ensayo de Columna de Resonante (RC).
Fuente: Geotecnología

1.6.2.3.2. Cámara Triaxial Cíclica

El ensayo tiene la finalidad de estudiar el comportamiento esfuerzo-deformación y la resistencia al esfuerzo cortante de un espécimen cilíndrico de suelo sometido a esfuerzos axiales cíclicos.

El ensayo es frecuentemente realizado manteniendo un esfuerzo radial constante y aplicando el esfuerzo desviador a una frecuencia de 1 Hz (ciclo por segundo). Conociendo el esfuerzo desviador y la deformación unitaria axial del espécimen es posible calcular el módulo de Young, E :

$$E = \sigma_d / \varepsilon$$

El esfuerzo cortante se puede calcular una vez conocido al esfuerzo desviador mediante:

$$\tau = \sigma_d / 2$$

Se obtiene el módulo de rigidez, G , y la deformación angular, γ , mediante las siguientes expresiones:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Dónde:

μ = Relación de Poisson

E = Módulo de Young

γ = la deformación angular

$$\gamma = \tau / G$$



Figura 14. Ensayo triaxial Cíclico.
Fuente: geotecnología

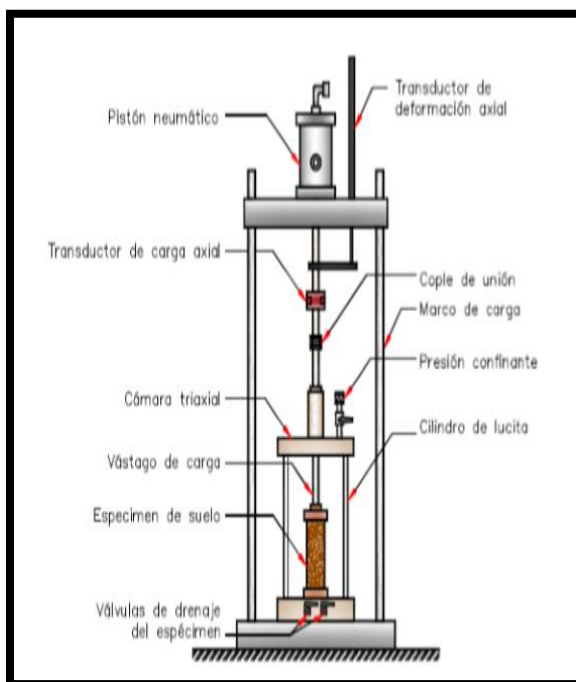


Figura 15. Esquema de una cámara triaxial cíclica.
Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 30)

1.6.2.3.3. Corte simple cíclico

Gordillo (2011) el ensayo estudia el comportamiento esfuerzo- deformación y la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra de suelo sometido a una condición de esfuerzos de corte simple. En la figura 16 se muestran la forma en cómo actúan los esfuerzos de corte simple cíclico inducidos en un elemento de suelo.

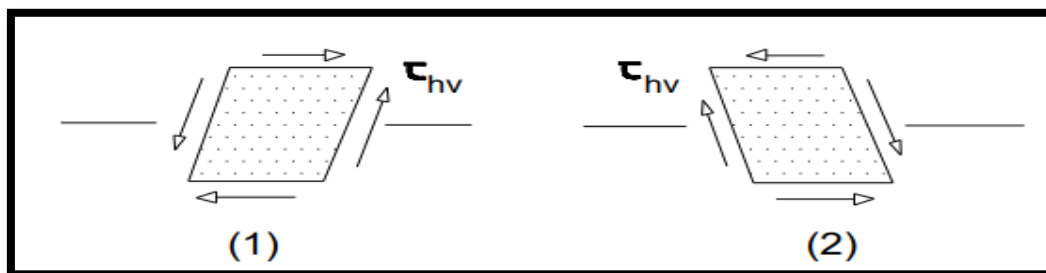


Figura 16. Esfuerzos Cíclicos Inducidos en el Elemento.
Fuente: (Gordillo, 2011, p. 30)

Un esquema del aparato de corte simple cíclico se muestra en la figura 17.

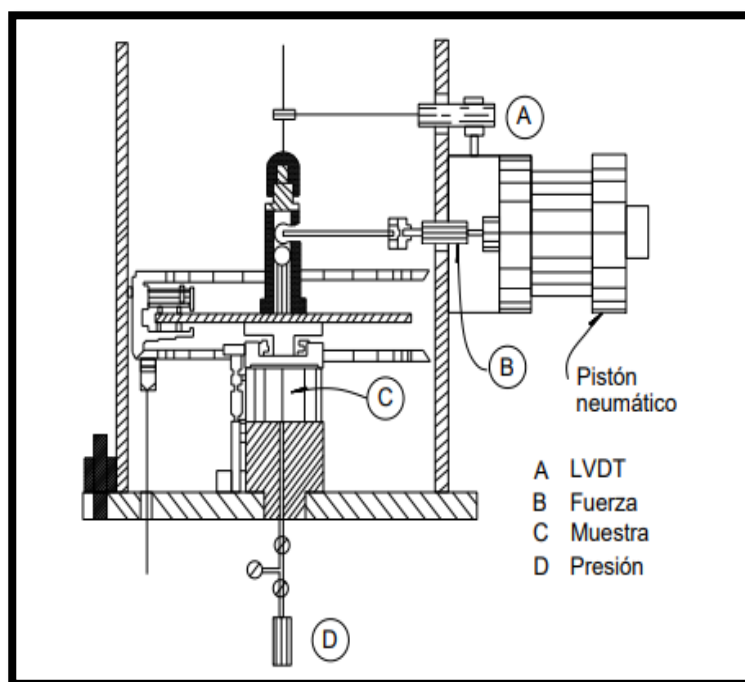


Figura 17. Aparato de Corte Simple Cíclico, (Jaime, 1980).
Fuente: (Gordillo, 2011, p. 31)

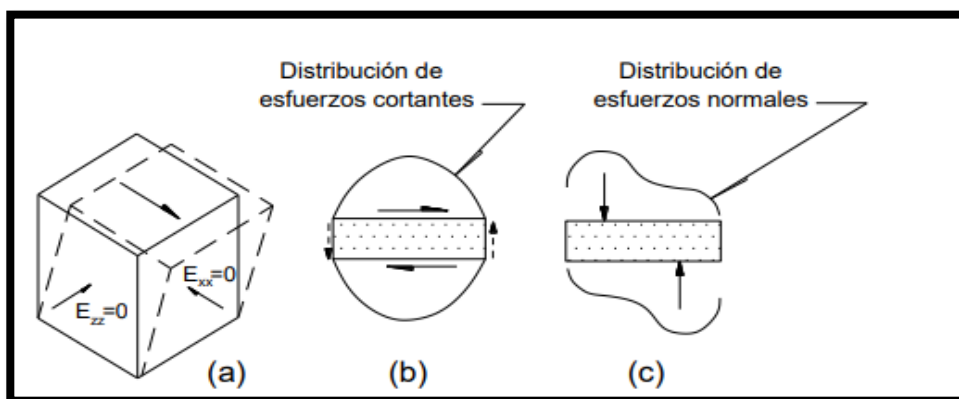


Figura 18. Distribución de esfuerzos para condiciones de deformación en corte simple.

Fuente: (Gordillo, 2011, p. 32)

Durante el ensayo es posible tomar medición de la fuerza cortante aplicada, el desplazamiento horizontal y la presión de poro generada.

1.6.2.3.4. Péndulo de torsión libre

Sucasaca y Mamani (2017) La prueba determina las propiedades dinámicas del suelo, principalmente la variación del módulo de corte G .

El ensayo consiste en someter una muestra cilíndrica de suelo a diferentes presiones de confinamiento para medir la respuesta a una vibración torsional libre del elemento como se observa en la figura 31.

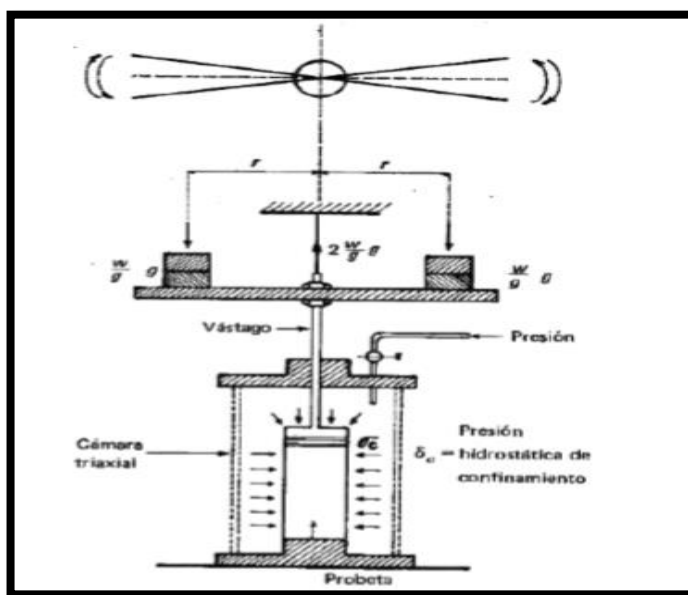


Figura 19. Péndulo de torsión libre .

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 33)

En los registros se obtiene la amplitud, el periodo y el decremento logarítmico de la vibración libre amortiguada del sistema aparato-suelo figura 20.

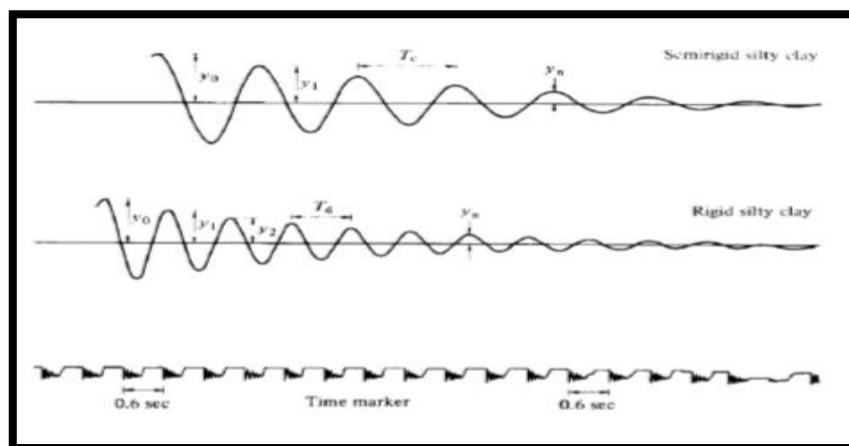


Figura 20. Resultados de pruebas con el péndulo de torsión.

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 34)

De acuerdo a la información obtenida se calcula el módulo de corte G , de acuerdo a la siguiente expresión:

$$G = \frac{J_a}{I_p} \cdot h$$

Dónde:

$J_a = \sum Mr^2$ Momento de Inercia de las masas del aparato

h = Altura de la muestra $I_p = \pi d^4 / 32$ Momento de Inercia de la muestra

El amortiguamiento crítico del suelo también puede ser determinado por medio de la siguiente expresión:

$$\xi_p^2 = \frac{\xi_s^2 - \xi_a^2 T_{ad}^2 / T_{sd}^2}{1 - T_{ad}^2 / T_{sd}^2}$$

Dónde:

T_{ad} = Periodo amortiguado libre del sistema

T_{sd} = Periodo amortiguado libre del aparato

1.6.3. Estudio de interacción suelo-estructura

Sucasaca y Mamani (2017) la interacción suelo estructura es la modificación del movimiento de terreno los principales efectos se consideran en la base de las edificaciones deformable se estudiará las diferencias fundamentales que tienen el modelo referente a aquellos que consideran bases indeformables. Consideremos dos estructuras desplantadas, una sobre un lecho rocoso (base indeformable) y otra sobre un suelo de rigidez relativamente baja (base deformable) se muestra en la figura 21.

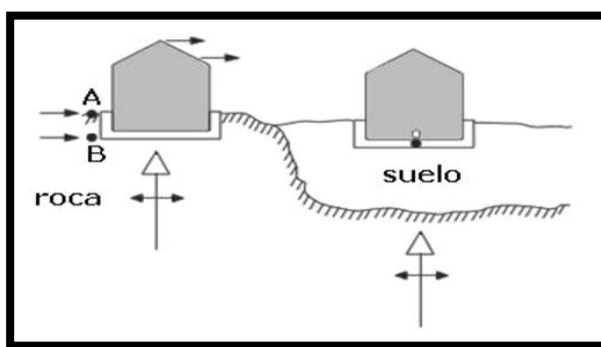


Figura 21. Respuesta dinámica de una edificación sobre roca y sobre un suelo blando.

Fuente: (Fernández, 2013, p. 20)

El tema de la estructura con base indeformable los movimientos en toda la cimentación son los mismos (punto A y B) por lo que la excitación en la base de la estructura (punto B) está compuesta por el movimiento en la superficie (punto A) además esta excitación se considera que varía en todo el lecho rocoso. La excitación la respuesta de la superestructura estará dada únicamente por las propiedades de la misma (masa, rigidez y amortiguamiento) por los desplazamientos que sean permitidos por su deformabilidad e inercia.

Asimismo, se detallará la respuesta dinámica de la cimentación con base deformable es fundamentalmente descomponer el problema en más partes se considera en la figura 22

El movimiento en el punto C pertenece al movimiento en el lecho rocoso definido anteriormente. La primera diferencia se da el suelo en una variación del movimiento entre los puntos C, D y E por lo general esto produce una reducción en las amplitudes de los movimientos de alta frecuencia e introduce una excitación rotacional en la base de la cimentación (punto O) ya que los puntos E y D no pueden moverse independientemente entre ellos.

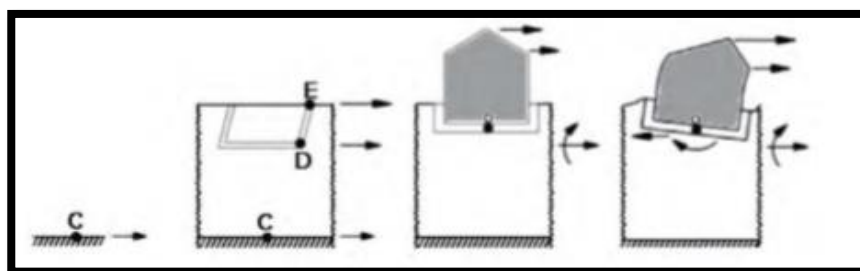


Figura 22. Diferencias del movimiento en distintos puntos de un sistema suelo -Cimentación-estructura

Fuente: (Fernández, 2013, p. 21)

Tabla 1

Diferencia entre las edificaciones con base indeformable y deformable.

Base Indeformable	Base deformable
- No hay modificaciones del movimiento en los distintos puntos del terreno. - No hay desplazamiento relativo de la cimentación respecto al terreno. - No hay componente de movimiento de cuerpo rígido de la superestructura (cabeceo y traslación).	- Existe una modificación del movimiento en los distintos puntos del terreno (Efectos de sitio). - Existe una modificación del movimiento de campo libre, debido a la presencia de la cimentación (interacción cinemática). - Existe un desplazamiento relativo de la cimentación respecto al terreno producido por las fuerzas de inercia de la superestructura (interacción inercial).

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 42)

1.6.4. Tipos de interacción dinámica suelo estructura

1.6.4.1. Interacción inercial

La interacción inercial se modela por las funciones de impedancia del suelo (rigideces y amortiguamientos del suelo-cimentación dependientes de la frecuencia) el estudio del suelo estructura completo con matrices de rigidez, amortiguamiento y masa que contienen todos los elementos del sistema.

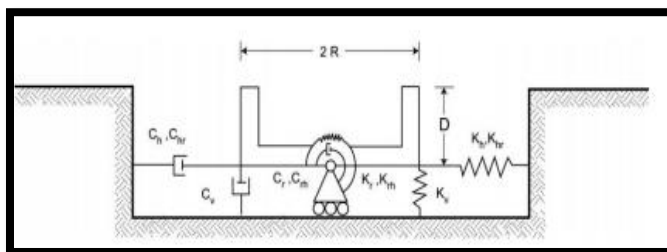


Figura 23. Resortes y amortiguadores equivalentes del suelo (Avilés, 1991).

Fuente: evaluación de daño en edificios considerando los efectos de interacción suelo estructura.

El concepto de rigidez dinámica se puede ilustrar empleando la analogía con un oscilador elemental la ecuación de movimiento es:

$$MX(t) + CX(t) + K(t) = P(t) \quad (1)$$

donde M, C y K son respectivamente la masa, el amortiguamiento y la rigidez del oscilador, $p(t)$ es la fuerza excitadora y $x(t)$ el desplazamiento. Para una excitación armónica $p(t) = \rho e^{i\omega_s t}$, en estado estacionario se tiene una respuesta $x(t) = \mathcal{X} e^{i\omega_s t}$. De aquí, la ecuación 1 se reduce a:

$$(K + i\omega_s C - \omega_s^2 M)x = P \quad (2)$$

Por definición, la rigidez dinámica del oscilador es la relación en estado estacionario entre la fuerza excitadora y el desplazamiento resultante, es decir

$$K(\omega_s) \frac{P}{X} = (K - \omega_s^2 M) + i\omega_s C \quad (3)$$

Es costumbre expresar a la función de impedancia en términos de la rigidez estática y de los coeficientes de impedancia dependientes de la frecuencia de excitación de la forma:

$$K(\omega_s) = K(K + i\omega_s C) \quad (3)$$

Dónde: $K = 1 - \omega_s^2 \omega^2$ y $c = 2\zeta_0/\omega$,

Siendo ω la frecuencia natural y ζ_0 el amortiguamiento viscoso del oscilador; este último representa el porcentaje de amortiguamiento con relación al crítico. Los parámetros k y c se conocen como coeficientes de rigidez y amortiguamiento respectivamente. Para el oscilador k decrece con la frecuencia y se hace nula para la frecuencia natural en tanto que c permanece constante. La ecuación 3 implica que la rigidez dinámica $k(\omega_s)$ se puede formular como el producto de la rigidez estática K por un factor dinámico complejo $(k + i\omega_s c)$ que considera las características de inercia y amortiguamiento del oscilador. Para la frecuencia cero, el factor dinámico se reduce a la unidad y por tanto la rigidez dinámica coincide con la estática. Con base en la analogía con el oscilador elemental la rigidez dinámica de la cimentación para cualquier modo de vibración se acostumbra expresar mediante una función compleja dependiente de la frecuencia de excitación de la forma.

$$\tilde{K}_m(\eta_m) = K_m^o [k_m(\eta_m) + i\eta_m c_m(\eta_m)](1 + i2\zeta_s)$$

Donde m indica traslación horizontal ($m=h$), cabeceo ($m=r$) o acoplamiento ($m=hr$).

El factor complejo $(1 + i2\zeta_s)$ intenta aislar el efecto del amortiguamiento (material) del suelo ζ_s en los coeficientes de rigidez y amortiguamiento.

K_m^0 es la rigidez estática mientras que K_m y C_m con respecto a los coeficientes de rigidez y amortiguamiento del suelo dependientes de la frecuencia normalizada n_m definida como:

$$n_m = \frac{\omega_s R_m}{\beta_s}$$

Donde β_s es la velocidad de ondas de cortante del suelo y R_m el radio de un círculo semejante a la superficie de desplante de la cimentación con mismo área o igual momento de inercia que dicha superficie esto es:

$$R_h = R_{hr} \left(\frac{A}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$R_r = \left(\frac{4I}{\pi} \right)^{1/4}$$

Donde A es el área de la superficie neta de cimentación e I el momento de inercia de la superficie con relación a su eje centroidal de rotación perpendicular a la dirección de análisis.

1.6.4.2. Interacción cinemática

La interacción cinemática es la diferencia entre el movimiento de campo libre y la excitación efectiva de la base es elemental para cimentaciones enterradas.

la interacción cinemática se manifiesta en una reducción de los movimientos de traslación de la cimentación fenómeno conocido como filtrado de la excitación sísmica asimismo como en la generación de cabeceo y torsión de la cimentación todo ello se debe a su efecto promediado. La interacción cinemática consiste en determinar la excitación efectiva de la cimentación provocada por el movimiento sísmico. Considerando que el movimiento de control tiene lugar en la superficie

libre, una buena aproximación de las funciones de transferencia para la traslación y rotación efectivas está dada por las siguientes expresiones:

$$Q_h = \begin{cases} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{\omega_s}{\omega_e}\right); & \text{si } \omega_s \leq 0.7\omega_e \\ 0.453; & \text{si } \omega_s > 0.7\omega_e \end{cases}$$

$$Q_r = \begin{cases} 0.275 \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{\omega_s}{\omega_e}\right)\right); & \text{si } \omega_s \leq \omega_e \\ 0.275; & \text{si } \omega_s > \omega_e \end{cases}$$

donde $\omega_e = \pi\beta_s/2D$ es la frecuencia fundamental de la región de enterramiento y ω_s es la frecuencia del movimiento de control. Si $D = 0$ se tiene que $\omega_e = \infty$ y por consiguiente $Q_h = 1$ Y $Q_r = 0$ significa la ausencia de interacción cinemática.

1.6.5. Interacción suelo-estructura

Sucasaca & Mamani (2017) En la interacción suelo-estructura el suelo es parte del estudio estructural de una edificación es fundamental para la determinación de los coeficientes de rigidez equivalentes del suelo con el fin de considerar la flexibilidad de la base de fundación, estos coeficientes de rigidez dependen de las características de suelo de cimentación, así como también de las características de la cimentación. El estudio de la interacción suelo-estructura se considera las propiedades elásticas del suelo, lo que implica que el suelo no es infinitamente rígido, como se considera en el sistema de base rígida, sino que tiene cierto grado de amortiguación que le permite absorber parte de la energía liberada por una excitación, como es el caso de un sismo.

La figura 24 ilustra la suposición de que la estructura se monta sobre una base rígida que se excita por el movimiento en campo libre. El movimiento en campo

libre es el movimiento teórico de un solo punto de la superficie del suelo, suponiendo que no hay ninguna estructura cerca de él.

El supuesto modelado considerando la base rígida es inapropiado para muchas estructuras, incluso los sistemas estructurales que incorporan elementos verticales rígidos para la resistencia lateral como, por ejemplo, muros de corte pueden ser especialmente sensibles a pequeñas rotaciones de la base. En cambio, en la figura 25 se ilustra la incorporación.

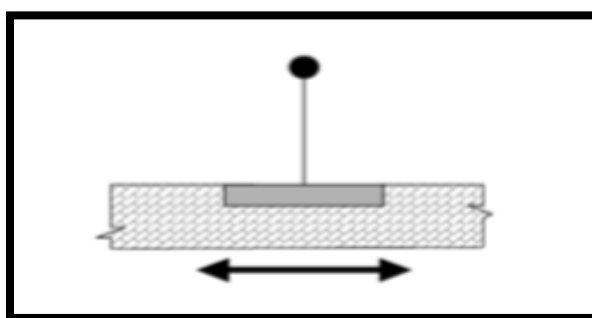


Figura 24. Modelo de base rígida.
Fuente: FEMA 440, 2005

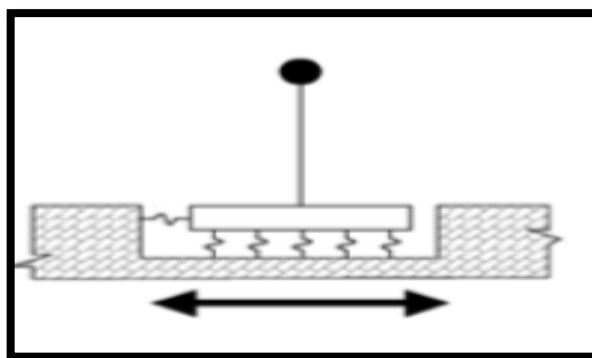


Figura 25. Modelo de base flexible.
fuente: fema 440, 2005

Los movimientos de tierra impuestos en la base de una estructura difieren de aquellos de campo libre debido a la presencia de la subestructura y pueden llegar a ser importantes para edificios con períodos fundamentales relativamente cortos (aproximadamente con períodos menores a 0,5 s), grandes dimensiones en planta, y presencia de sótanos¹.

Para Villareal (2009) el modelo matemático exacto del problema de la interacción suelo-estructura posee un sinnúmero de espectros de solución, es por esta razón que en la actualidad todavía no existe su verdadera formulación. Para solucionar diferentes aspectos de este problema, en investigaciones actuales se ha considerado a la base como un semiespacio elástico y la acción sísmica como un proceso ondulatorio, resolviendo de esta forma diversos dilemas de difracción de ondas en la cimentación.

En una edificación el comportamiento sísmico dependerá de cómo el movimiento del terreno producto de un sismo la afecte a través de su subestructura, Por esta razón las propiedades del suelo de cimentación, la rigidez, colocación y geometría de la cimentación, así como también el tipo de sistema estructural que la edificación disponga, participan e interactúan entre sí para definir los efectos sísmicos en ella. (López, 2013)

1.6.6. Efectos de la interacción suelo-estructura

Los efectos de la interacción suelo-estructura se considera para el primer caso una estructura cimentada sobre roca y para el segundo caso la misma estructura cimentada sobre suelo, tal como se indica en la fig.32.

En sismo el primer caso sería las ondas sísmicas hacen que el movimiento horizontal de las partículas del suelo sea directamente proporcional a la intensidad de dicho sismo. Asimismo, en la figura el punto A y B corresponden a la superficie de la roca y a la base de la estructura respectivamente donde este caso se considera que ambos puntos tienen el mismo comportamiento.

el tiempo que actúa un sismo se genera un cortante y un momento de vuelco en la base de la estructura, donde para el primer caso debido a la rigidez de la roca los esfuerzos resultantes no producen deformaciones adicionales en la base y ningún

movimiento de vuelco, por tanto, el desplazamiento horizontal en la base (punto B) es idéntico que en la superficie de la roca (punto A).

Para el segundo caso que trata de la estructura cimentada sobre suelo, el movimiento en su base (punto D) es diferente al punto donde termina el estrato rocoso (punto E) en donde este último se comporta de igual manera que el punto A, y debido a la presencia de la capa de suelo los puntos C y D hace que su movimiento sea diferente. Dependiendo del periodo de vibración de la capa de suelo el movimiento en estos puntos aumenta, es decir generalmente los desplazamientos horizontales de los puntos C y D se amplifican con respecto al punto E.

también el efecto de un sismo el movimiento en una estructura es diferente para ambos casos siendo el desplazamiento horizontal mayor en el punto C que el punto A cuando se tienen estructuras cimentadas sobre suelo blando.

El incremento del movimiento es la causa de que una estructura cimentada sobre un estrato de suelo, sufra un mayor daño estructural ante un sismo que una estructura cimentada referente a roca.

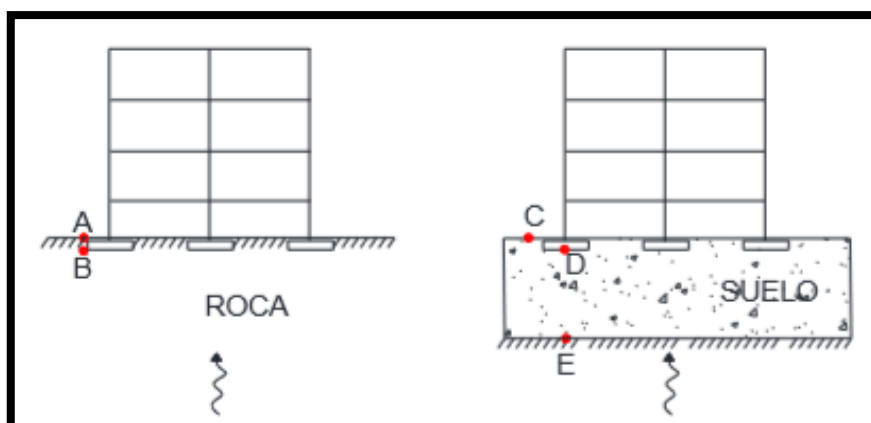


Figura 26. Respuesta sísmica de una estructura cimentada sobre roca o en suelo.
Fuente: Jurado, 2012

Al considerar la interacción suelo - estructura pueden presentarse los siguientes efectos frente al sistema de base rígida:

- Aumento en el periodo de vibración de la estructura
- Generalmente un aumento del amortiguamiento viscoso equivalente en la estructura, por cuanto el suelo de fundación disipa parte de la energía liberada por un sismo.
- Aumento en los desplazamientos laterales de la estructura, debido a la rotación de la base por efecto de cabeceo provocado por acciones sísmicas.

1.6.7. Modelos de interacción suelo-estructura

Gracias al progreso tecnológico y de la informática aplicada, actualmente es posible que en los modelos de cálculo de estructuras se incorpore las condiciones reales de trabajo, es por eso que muchas investigaciones se orientan hacia la búsqueda de nuevas metodologías del estudio estructural lo cual permiten generar métodos de cálculo más seguros que conlleven hacia un diseño económico.

Es importante mencionar que la solución de los problemas de la ingeniería sísmica es imposible sin la realización fundamentada de los respectivos modelos de estructuras. Tradicionalmente se utiliza el modelo de péndulo invertido sin peso, con masas puntuales a nivel de entresijos con una rigidez equivalente de todo el piso y empotrado en su base, modelo en el cual se puede considerar mutuamente la acción sísmica en dos direcciones perpendiculares a la estructura. (fig.33).

El modelo de péndulo invertido tiene como limitaciones la imposibilidad de la descripción de varios efectos dinámicos del trabajo real de la estructura, no se puede representar la interacción suelo-estructura pues al considerar al suelo como rígido, éste es indeformable y no existe ningún tipo de movimiento del mismo.

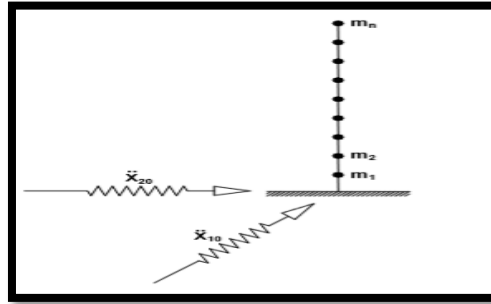


Figura 27. Modelo del péndulo invertido.
Fuente: (Villarreal, , 2009, pág. 10)

Luego en 1982 en Atenas durante la 7ma Conferencia Europea de Ingeniería Sísmica se propuso un modelo correspondiente a una barra en voladizo con masas puntuales unidas mediante conexiones elásticas, en donde se representa a la base con una masa m_1 (masa del estrato) que se apoya en suelo rocoso (fig. 34), representando de esta manera el trabajo de la estructura con el suelo de fundación. Durante una acción sísmica la base realiza desplazamientos horizontales y giros, en este modelo el amortiguamiento de la estructura y de la base se considera de resistencia viscosa.

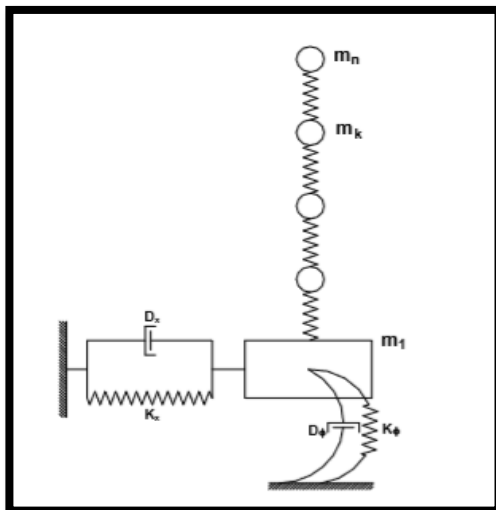


Figura 28. Modelo de barra en voladizo con masas puntuales.
Fuente: (Villarreal, , 2009, p. 11)

En Japón con el fin de representar en un modelo la interacción suelo-estructura, se planteó el mismo péndulo invertido, pero incorporando la cimentación en forma de una losa rectangular (fig. 30), la cual no solamente se desplaza por el suelo en la dirección X y si no que también gira alrededor del plano vertical, así como parcialmente puede perder contacto con de la superficie del suelo ante la acción de sismos muy severos.

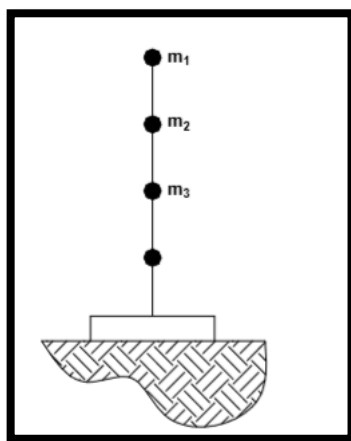


Figura 29. Modelo de barra empotrada en losa rectangular con masas puntuales.
Fuente: (Villarreal, 2009, p. 11)

En Turquía se presentó un modelo donde se fundamentó lo que son las masas entrecruzadas a nivel de nudos, cuyo sistema de cálculo se modeló en forma cruzada con masas puntuales en los nudos (fig. 31). A demás también se planteó que las aceleraciones van variando, lo que motivo al uso de los acelerogramas.

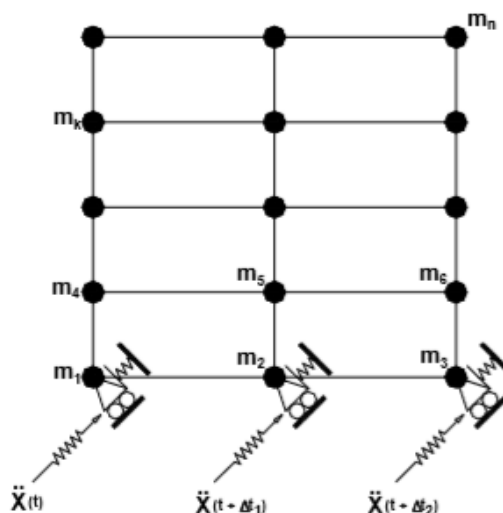


Figura 30. Modelo con masas puntuales en los nudos de la estructura.
Fuente: (Villarreal, 2009, p. 12)

En Uzbekistán se propuso un modelo que se caracteriza por considerar la deformación elasto-plástica tanto de la estructura, como también del suelo de fundación ante una acción sísmica, este modelo considera los desplazamientos horizontales del estrato de suelo y como se indica en la fig. 32, como puede observarse es un modelo que corresponde a una extensión del desarrollo del modelo de péndulo invertido.

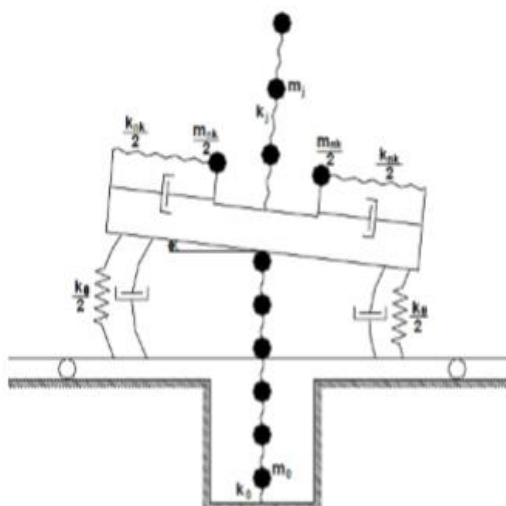


Figura 31. Modelo sofisticado del péndulo invertido con masas puntuales.

Fuente: (Villarreal, 2009, p. 12)

Los modelos anteriormente indicados, solo pueden ser usados para considerar la interacción suelo- estructura en estructuras de dos dimensiones, sin embargo, gracias a las investigaciones de Nikolaenko N.A. y Nazarov Yu.P., lograron desarrollar un modelo para estructuras espaciales, representándolo mediante un cuerpo sólido con 6 grados de libertad (3 traslacionales y 3 rotacionales), permitiendo de este modo explicar las vibraciones de desplazamiento y giro. En la figura 33 se indica el modelo al cual se hace referencia, cuya característica principal es que puede describir conjuntamente el movimiento de la estructura, teniendo en cuenta o no el desplazamiento del suelo de fundación.

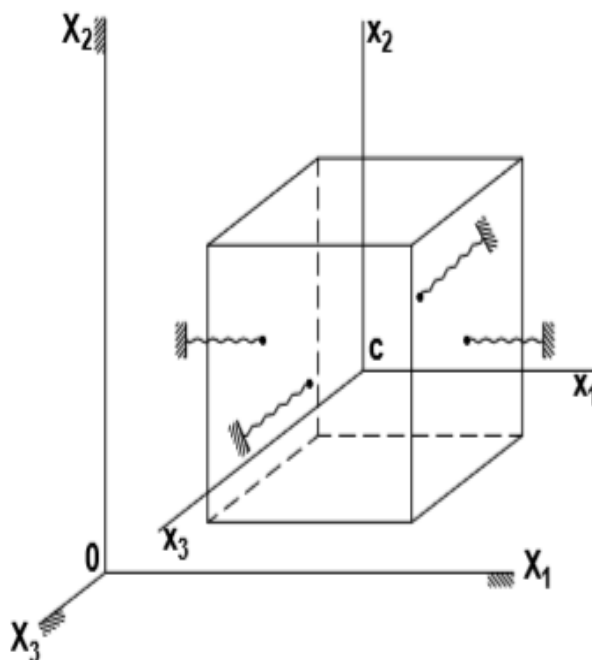


Figura 32. Modelo espacial de interacción suelo-estructura.
Fuente: (Villarreal, , 2009, p. 14)

Como se mencionó anteriormente en la interacción suelo-estructura se considera las propiedades del suelo en el cálculo de edificaciones introduciendo sus coeficientes de rigidez equivalentes, en donde al tratarse de un modelo espacial es necesario incorporar estos coeficientes de rigidez en las direcciones horizontal, vertical y giros respecto a los mismos ejes, con el fin de tratar de determinar las perturbaciones sísmicas que surgen en dicha edificación producto de una acción sísmica.

1.6.8. Esquemas de cálculo de edificaciones, considerando la flexibilidad de la base de fundación.

Villareal (2009) El problema de la interacción suelo-estructura permite un sin número de formulaciones y por consiguiente un sin número de esquemas de cálculo de edificaciones que consideran la flexibilidad de la base de fundación, pues son muchas las variables que deben ser consideradas e incorporadas en los respectivos modelos.

Asimismo, se considera la concepción de la flexibilidad elástica de la base de fundación permitiendo de este modo forma un nuevo esquema de fijación de la base del péndulo invertido (fig.34) en el cual “C” representa el ancho de la cimentación.

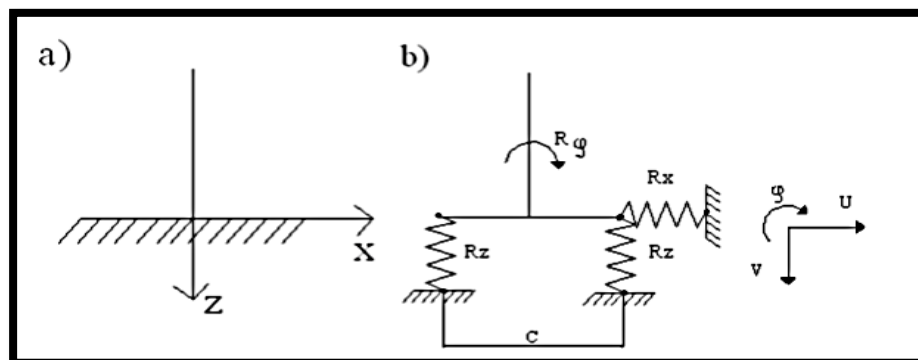


Figura 33. Esquemas de cálculo de las condiciones de fijación de la estructura tipo péndulo invertido: a) Esquema tradicional, b) Esquema considerando la flexibilidad de la base de fundación.

Fuente: (Villareal, 2009, p. 24)

El nuevo esquema las conexiones son elástico-flexibles que cumple con las condiciones de un procedimiento geoméricamente invariable y surgen tres fuerzas de reacción:

$$R_x = R_x \mu$$

$$R_z = R_z v$$

$$R_\phi = R_\phi \phi$$

Donde:

R_x, R_z, R_ϕ : coeficientes de rigidez de las conexiones

μ, v : desplazamientos en las direcciones x y z ,

ϕ : ángulo de giro.

Respecto al esquema anterior el cual se considera la flexibilidad de la base de fundación, el coeficiente de rigidez K_z hace que tenga influencia en los resultados

debido a que, ante la componente horizontal de una acción sísmica, surgen fuerzas axiales en las columnas producto de la flexibilidad de la base de fundación.

El diagnóstico del problema de la flexibilidad de la base de fundación lo llevamos del esquema plano al espacial, resulta más complejo y complicado debido a que se considera las columnas la posibilidad de surgimiento de vibraciones torsionales (Villareal, 2009).

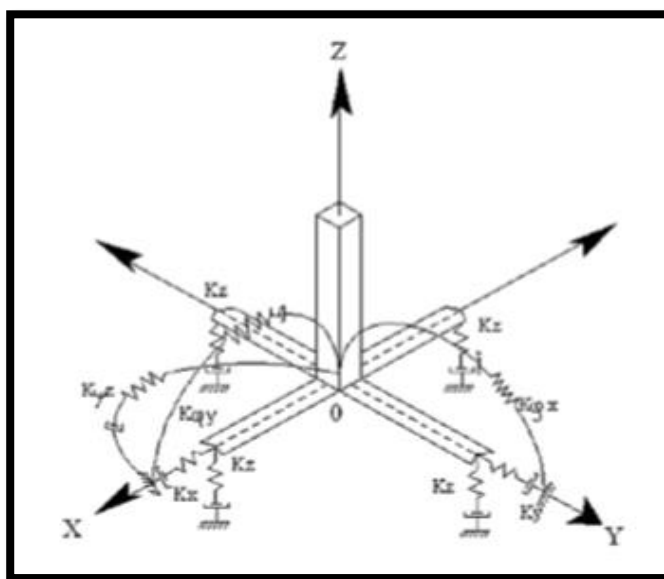


Figura 34. Esquema espacial de cálculo de la cimentación tipo zapata aislada.
Fuente: (Villareal, 2009, p. 27)

Villareal (2009) El problema principal cuando se considera la flexibilidad de la base de fundación se determina los coeficientes de rigidez:

K_z : coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme; (kN/m)

K_x, K_y : coeficientes de rigidez de desplazamiento elástico uniforme; (kN/m)

$K_{\phi x}, K_{\phi y}$: coeficientes de rigidez de compresión no uniforme; (kN.m)

$K_{\psi z}$: coeficiente de rigidez de desplazamiento no uniforme; (kN.m)

Para la acción sísmica en el modelo anterior se debe considerar los siguientes principios:

1. La cimentación debe ser analizada como un cuerpo absolutamente rígido

2. La cimentación debe ser descrita como una masa puntual en el centro de gravedad de la zapata aislada.

1.6.9. Modelos dinámicos

1.6.9.1 Modelo dinámico D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV

Villareal (2009) El diagnóstico del estudio experimental determina los coeficientes de rigidez de las cimentaciones el científico ruso D.D. Barkan propuso aplicar las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}k_z &= C_z A \\K_x &= C_x A \\K_\phi &= C_\phi I\end{aligned}\tag{2.1}$$

Donde:

C_z, C_ϕ : coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme.

C_x : coeficiente de desplazamiento elástico uniforme.

A : área de la base de la cimentación.

I : momento de inercia de la base de la cimentación respecto al eje principal, perpendicular al plano de vibración.

El resultado del estudio obtenemos la siguiente formula:

$$\begin{aligned}C_z &= X_z \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} \\C_x &= X_x \cdot \frac{E}{(1 + X_x \mu)(1 + \mu)} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} \\C_\phi &= X_\phi \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}}\end{aligned}\tag{2.2}$$

Donde:

X_z, X_x, X_ϕ : coeficientes, dependientes de la relación de las dimensiones de la base de la cimentación.

μ : coeficiente de Poisson.

El modo final para determinar los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov es:

$$(2.3) \quad \begin{aligned} C_z &= C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \\ C_x &= D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \\ C_\varphi &= C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \end{aligned}$$

Donde:

C_0, D_0 : coeficientes determinados a través de experimentos realizados para $\rho = \rho_0$.

a, b : dimensiones de la cimentación en el plano

Δ : coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos igual a $\Delta = 1m^{-1}$

Para el coeficiente D_0 como se mostraron en los experimentos se puede aplicar la dependencia empírica:

$$D_0 = \frac{1-\mu}{1-0,5\mu} \cdot C_0 \quad (2.4)$$

Para cálculos prácticos se recomienda aplicar las siguientes fórmulas:

$$C_0 = 1,7 \frac{E_0}{1-\mu^2} \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{kg}{cm} \right) \quad (2.5)$$

$$D_0 = 1,7 \frac{E_0}{(1+\mu)(1-0,5\mu)} \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{kg}{cm} \right) \quad (2.6)$$

Donde:

E_0 : módulo de elasticidad, calculado experimentalmente para presión estática del suelo de 0,1-0,2kg/cm².

También se pueden usar los valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0=0,2kg/cm^2$ elegidos de acuerdo al tipo de suelo de la base de fundación a través de la tabla 2.

Tabla2

Tipo de suelo

Tipo de perfil	Característica de la base de fundación	Suelo	$C_0 (kg / cm^3)$
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compacta ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa	2,6
S2	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0,5$)	1,6
		Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0,80$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
		Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
S4	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
		Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

Fuente: (Villareal, 2009, p 31)

1.6.9.2. Modelo dinámico V.A. ILICHEV

Villareal (2009) Es un inicio el esquema de cálculo de este modelo se aplicó a problemas de vibraciones verticales de cimentaciones circulares apoyados sobre un semiespacio elástico isótropo.

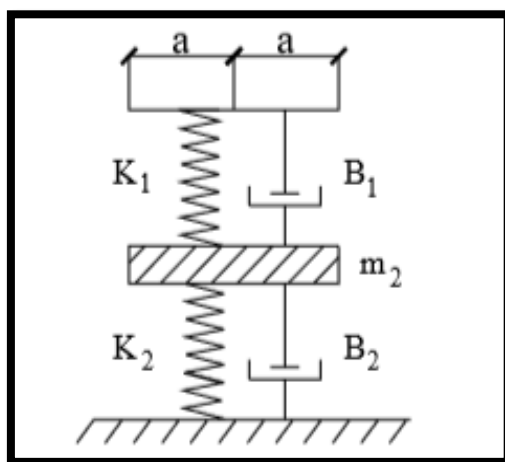


Figura 35. Modelo dinámico V.A. Ilichev.
Fuente: (Villareal, 2009, p. 32)

La parte superior del sistema es una placa sin peso el cual el resorte con rigidez K_1 y el amortiguador B_1 modelan el efecto elaborado por las ondas longitudinales. Los parámetros K_1, B_1 dependen del radio de la placa, densidad del material del semiespacio y velocidad de las ondas longitudinales no depende del coeficiente de Poisson y velocidad de ondas transversales. en la parte inferior del sistema le corresponde el comportamiento dinámico de la placa ante las ondas transversales y de Rayleigh. Los parámetros m_2, B_2, K_2 dependen de las dimensiones de la placa y densidad del medio a diferencia de los parámetros del método superior dependen de μ y C_2 más no dependen de la velocidad de las ondas longitudinales.

Luego el modelo fue generalizado a las vibraciones horizontales y rotacionales de la cimentación, apoyado sobre base elástica con ley de variación lineal de las

propiedades en particular la variación del módulo de deformación de la base de fundación se aproxima a la ley:

$$E_{(z)} = E_0 \left[tg\psi \cdot \frac{z}{\alpha} + 1 \right] \quad (2.6)$$

Donde:

E_0 : módulo de deformación del suelo en la superficie.

z : coordenada de la profundidad del suelo de fundación, respecto a su superficie.

ψ : ángulo de fricción interna del suelo

$$\alpha = 1m$$

La proximidad describe la variación de las propiedades de deformación de la base hasta una profundidad a 5 para las vibraciones verticales, 3a para las rotacionales y 2a para las horizontales.

Donde:

$$\alpha = \sqrt{\frac{A}{\pi}} : \text{radio asumido de la base de la cimentación, de área } A.$$

Los cinco parámetros adimensionales del modelo mecánico de la base con 1,5 grados de libertad representan una dependencia lineal de $\sqrt{A}$.

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_1 tg\psi \sqrt{\frac{A}{\alpha}} \quad (2.7)$$

Donde:

γ : cualquier parámetro con índice o sin índice.

$b_{z1}, k_{z1}, m_z, b_{z2}, k_{z2}$: coeficientes para las vibraciones verticales en el cual el amortiguador b_{z1} y la rigidez k_{z1} corresponden a la parte superior del modelo (medio grado de libertad) y los coeficientes m_z, b_{z2}, k_{z2} a la parte inferior (un grado de libertad);

$b_{\phi 1}, k_{\phi 1}, m_{\phi}, b_{\phi 2}, k_{\phi 2}$: parámetros análogos para las vibraciones rotacionales;

$b_{x1}, k_{x1}, m_x, b_{x2}, k_{x2}$: coeficientes para las vibraciones horizontales. (Villareal, 2009, p. 33)

Los miembros y_0, y_1 se determinan por las tablas 3 y 4 dependientes del tipo de vibración y coeficiente de Poisson (μ) de la base de fundación.

Tabla 3

Tipo de vibración.

μ	b_{0z1}	K_{0z1}	m_{0z}	b_{0z2}	K_{0z2}
0,25	5,34	21,80	2,80	6,21	7,50
0,35	6,44	26,30	3,12	6,90	8,40
0,45	10,53	43,00	3,29	7,50	9,20
μ	$b_{0\phi 1}$	$K_{0\phi 1}$	$m_{0\phi}$	$b_{0\phi 2}$	$K_{0\phi 2}$
0,25	1,36	5,60	1,00	1,60	7,50
0,35	1,63	6,70	1,03	1,70	7,90
0,45	2,50	10,70	0,84	1,60	7,30
μ	b_{0x1}	K_{0x1}	m_{0x}	b_{0x2}	K_{0x2}
0,25	3,10	12,40	1,80	5,20	7,60
0,35	3,10	12,40	1,90	5,70	8,30
0,45	3,10	12,40	2,10	6,40	9,20

Fuente: (Villareal, 2009, p. 34)

Tabla 4

Tipo de coeficiente de Poisson

μ	b_{1z1}	K_{1z1}	m_{1z}	b_{1z2}	K_{1z2}
0,25	0,87	3,56	0,56	0,62	2,88
0,35	1,06	4,34	0,62	0,78	3,50
0,45	1,81	7,41	0,69	0,78	3,72
μ	$b_{1\varphi1}$	$K_{1\varphi1}$	$m_{1\varphi}$	$b_{1\varphi2}$	$K_{1\varphi2}$
0,25	0,22	1,16	0,12	0,12	1,34
0,35	0,28	1,41	0,16	0,12	1,81
0,45	0,50	1,97	0,16	0,12	1,81
μ	b_{1x1}	K_{1x1}	m_{1x}	b_{1x2}	K_{1x2}
0,25	0,53	2,09	0,28	0,75	1,53
0,35	0,53	2,09	0,31	0,84	1,87
0,45	0,53	2,09	0,37	0,84	1,91

Fuente: (Villareal, 2009, p. 34)

Los parámetros vibraciones adimensionales Y se determina en forma dimensional por las siguientes fórmulas:

Para las rotacionales:

$$k_{\varphi} = (C_2)^2 \cdot p k_{\varphi} \cdot \alpha^3$$

$$B_{\varphi} = (C_2) \cdot p b_{\varphi} \cdot \alpha^4$$

$$M_{\varphi} = p \cdot \alpha^5 \cdot m_{\varphi} \quad (2.8)$$

Para las vibraciones horizontales (verticales):

$$K_{x(z)} = (C_2)^2 \cdot \rho \cdot k_{x(z)} \cdot a$$

$$B_{x(z)} = (C_2) \cdot \rho \cdot b_{x(z)} \cdot a^2$$

(2.9)

$$M_{x(z)} = \rho \cdot a^3 \cdot m_{x(z)}$$

Donde:

C_2 : velocidad de propagación de la onda transversal.

ρ : densidad del suelo de la base de fundación.

Como se mostró en las investigaciones el modelo analizado puede ser simplificado eliminando la masa m_2 cuando el coeficiente de Poisson varía en el intervalo

$$0 \leq \mu \leq 0.4.$$

Considerando que el modelo analizado las conexiones con rigideces k_1 y k_2 están unidas consecutivamente el cálculo vamos a ingresar la rigidez semejante determinada por la fórmula:

$$K = \frac{K_1 * K_2}{K_1 + K_2} \quad (2.10)$$

1.6.9.4. Modelo dinámico A.E. SARGSIAN

Villareal (2009) se determina por las siguientes fórmulas:

$$K_x = \frac{28,8(1-\mu^2)\rho.C_2^2.\sqrt{A}}{\pi.(7-8\mu)}$$

$$K_\phi = \frac{8,52.\rho.C_2^2.I}{\sqrt{\pi}.(1-\mu).\sqrt{A}}$$

Donde:

$$K_z = \frac{\rho.C_1^2.\sqrt{A}}{\Phi.(1-\mu^2)}$$

ρ : densidad del suelo de fundación.

A : área de la base de la cimentación.

I : momento de inercia del área de la base de la cimentación respecto al eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración

$$\Phi = 0,833$$

C_1 : velocidad de propagación de las ondas longitudinales en el suelo de fundación

C_2 : velocidad de propagación de las ondas transversales.

Asimismo, la concepción de semiespacio elástico las velocidades de propagación de las ondas longitudinales y transversales se pueden aplicar por las siguientes fórmulas:

$$C_1^2 = \frac{(1 - \mu).E}{(1 + \mu).(1 - 2\mu).\rho}$$

$$C_2^2 = \frac{E}{2.(1 + \mu).\rho}$$

Donde:

E: módulo de elasticidad de la base de fundación.

1.6.9.4. Modelo dinámico norma rusa SNIP 2.02.05-87

Villareal (2009) Los coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme K_z , kN/m (T/m) desplazamiento elástico uniforme K_x , kN/m (T/m) compresión elástica no uniforme K_ϕ , kN.m (T.m) y desplazamiento elástico no uniforme K_ψ , kN.m (T.m) se calculan por las fórmulas:

$$K_z = C_z A$$

$$K_x = C_x A$$

$$K_\phi = C_\phi I_\phi$$

$$K_\psi = C_\psi I_\psi$$

Donde:

A: área de la base de la cimentación (m^2).

I_ϕ : momento de inercia (m^4). del área de la base de la cimentación respecto al eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración.

I_ψ : momento de inercia (m^4) del área de la base de la cimentación respecto al eje vertical que pasa por el centro de gravedad de la cimentación (momento polar de inercia).

La principal característica elástica de la cimentación indica que el coeficiente de compresión elástica uniforme C_z , kN/m³ (T/m³) se determinara por medio de ensayos experimentales. En caso que no exista dicha investigación se puede aplicar por la siguiente fórmula:

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

Donde:

b_0 : coeficiente (m^{-1}) asumido para suelos arenosos igual a 1 para arenas arcillosas 1,2; para arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas igual a 1,5.

E : módulo de deformación del suelo en la base de la cimentación, kPa (T/m²) determinadas por las tablas del anexo de la investigación o en forma experimental.

A_{10} : 10(m^2)

Los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme c_x , kN/m³ (T/m³) compresión elástica no uniforme C_ϕ , kN/m³ (T/m³) y desplazamiento elástico no uniforme C_ψ , kN/m³ (T/m³) se determina por las siguientes fórmulas:

$$C_x = 0,7 C_z$$

$$C_\phi = 2 C_z$$

$$C_\psi = C_z$$

la amortiguación relativa para las vibraciones verticales ξ_z se puede determinar por las fórmulas:

Para las vibraciones establecidas (armónicas) o conocidas:

$$\xi_z = \frac{2}{\sqrt{P_m}}$$
$$\left(\xi_z = \frac{0,7}{\sqrt{P_m}} \right)$$

Para las vibraciones no establecidas (impulsos) o desconocidas:

$$\xi_z = 6 \sqrt{\frac{E}{C_z P_m}}$$
$$\left(\xi_z = 2 \sqrt{\frac{E}{C_z P_m}} \right)$$

Donde:

E: módulo de deformación del suelo en la base de la cimentación

C_z : coeficiente de compresión elástica uniforme

P_m presión estática media en la base de la cimentación.

$$P_m \leq Y_{ts} R$$

Siendo:

Y_{ts} : coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación asumido igual a

0,7 para arenas saturadas de grano fino o polvorosa y arcillas de consistencia movediza y para el resto de suelos es igual a 1.

R: resistencia de cálculo del suelo de fundación, determinado por la Norma Rusa SNIP 2.02.01-83*.

Las amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical se pueden determinar por las siguientes fórmulas:

$$\xi_x = 0,6\xi_z$$

$$\xi_\varphi = 0,5\xi_z$$

$$\xi_\psi = 0,3\xi_z$$

Como característica de amortiguación se usara en el módulo de amortiguación para las vibraciones verticales Φ_z determinado por las siguientes fórmulas:

Para las vibraciones establecidas (armónicas) o conocidas:

$$\Phi_z = \frac{1,6}{\sqrt{C_z}}$$

$$\left(\Phi_z = \frac{0,5}{\sqrt{C_z}} \right)$$

Los módulos de amortiguación para las vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical se determinan por las siguientes fórmulas:

(Villareal, 2009, p. 38)

$$\Phi_x = 0,6\Phi_z$$

$$\Phi_\varphi = 0,5\Phi_z$$

$$\Phi_\psi = 0,3\Phi_z$$

1.6.9.5. Modelo de WINKLER – COEFICIENTE DE BALASTO

Villareal (2009) Se utiliza para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno y se formula con la siguiente ecuación.

$$k_s = q/\delta$$

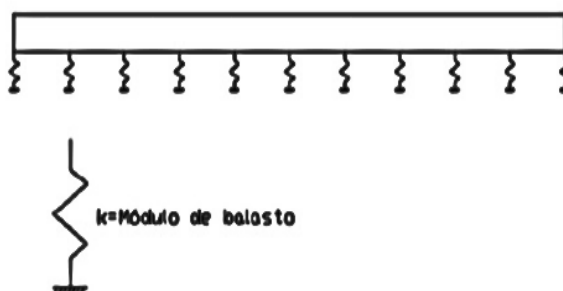


Figura 36.Módulo de Balasto.

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 46)

La ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la clásica solución de viga flotante o viga sobre fundación elástica y como resultado es suponer la viga discretizada en infinitas barras de longitud diferencial con nudos en sus extremos es la siguiente

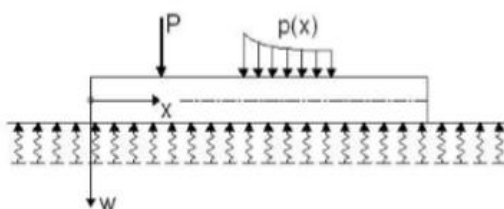


Figura 37.Modelo de Winkler.

Fuente:(Sucasaca & Mamani, 2017, p. 46)

$$p - k \cdot w(x) = (E \cdot I) d^4 w / dx^4$$

Siendo:

$W(x)$: El asiento de la viga (m)

X : Coordenada (m)

k : Módulo de balasto (kN/m³)

p : Carga por unidad de longitud (kN/m)

E : Módulo de elasticidad de la losa (kN/m²)

I : Inercia de la viga respecto al eje que pasa por su centro de gravedad (m^4)

En el caso de la losa la ecuación tiene una forma parecida:

$$d^4 w/dx^4 + 2d^2 w/dx^2 dx^2 + (k \cdot w - p)12(1 - \nu^2)/(E \cdot t^3) = 0$$

Siendo:

$W(x,y)$: Asiento de la losa (m) x

y : Coordenadas (m)

k : Módulo de balasto (kN/m^3)

q : Carga por unidad de área (kN/m^2)

ν : Coeficiente de Poisson

E : Módulo de elasticidad de la losa (kN/m^2)

t : Espesor de la losa (m).

1.6.9.6. Modelo Propuesto por FEMA 440

La inclusión de los efectos de la interacción entre una estructura y los suelos de apoyo en un modelo estructural para los procedimientos de análisis estático no lineal. Existen tres categorías principales de efectos de Interacción Suelo-Estructura.

FEMA 440 propone un modelo matemático donde incluye los efectos de interacción inercial y cinemática con repuesta elástica e inelástica para estructuras de un grado de libertad el cual se presenta en la figura 38. Este modelo contempla un procedimiento de análisis estático no lineal para evaluar los efectos de interacción los cuales se utilizará en el estudio del proyecto.

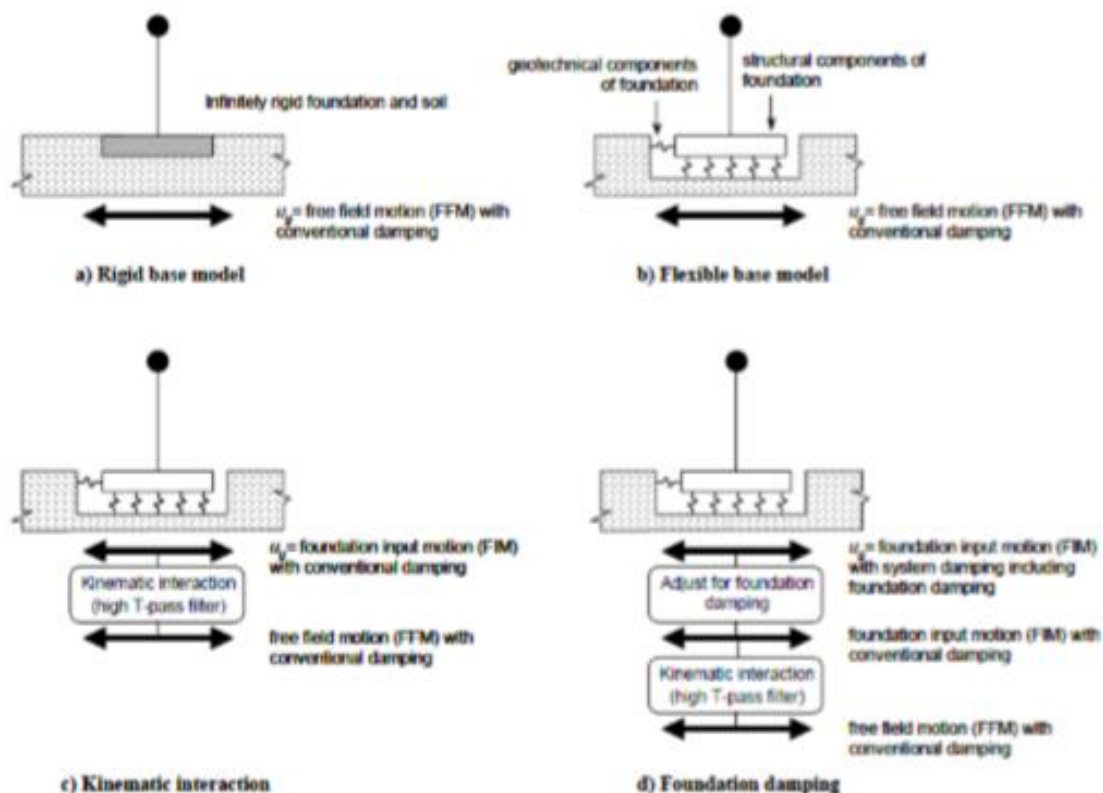


Figura 38. Modelo Propuesta por FEMA 440.

Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 53)

La Figura 38 a) presenta la suposición de un modelo estructural sobre una base rígida que es excitado por un movimiento en campo libre.

La Figura 38 b) incorpora flexibilidad a la cimentación dentro del modelo estructural en el FEMA 356 y Applied Technology Council (ATC)-40 incluye provisiones para estimar la flexibilidad y esfuerzos de la cimentación mediante la idealización de resortes con un modelo estructural de análisis inelástico.

La Figura 38 c) incluye los efectos de filtrado que la interacción suelo estructura produce en la intensidad del movimiento de entrada del suelo para el modelo estructural.

La Figura 38 d) presenta los efectos del amortiguamiento de la cimentación siendo el resultado de la interacción inercial producto de la adición de flexibilidad a la cimentación.

Finalmente el sistema propuesto por estudiar contempla el movimiento de campo libre que está influenciado por los movimientos directos de la estructura y movimientos indirectos del suelo a la estructura por medio de la ISE, definidos por la deformación de la estructura (X_e) y por el desplazamiento y rotación de la cimentación (X_c , y O_c) respectivamente. Estos son considerados en su periodo fundamental con un sistema de un solo grado de libertad.

1.6.10. Análisis sísmico estático

1.6.10.1.1. Criterios de Modelación Estructural

1.6.10.1.1. Brazo Rígido

Sucasaca y Mamani (2017) son los segmentos de viga y columna que están embebidas dentro del nudo de mezcla de dichos elementos.

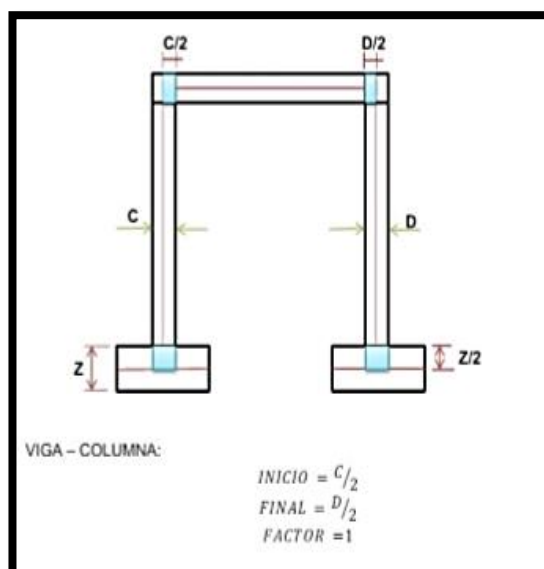


Figura 39.brazo rígido viga-columna.
Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 69)

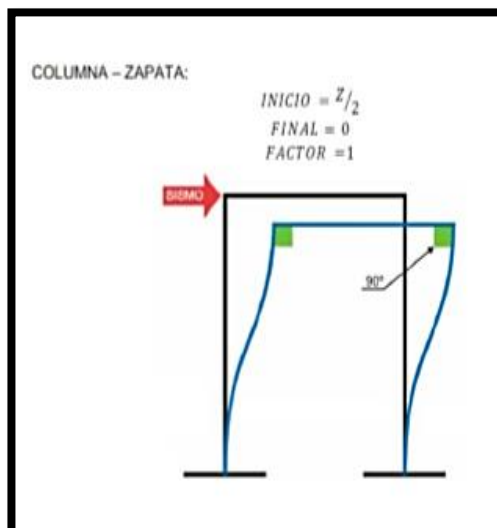


Figura 40. brazo rígido columna-zapata.
Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 69)

1.6.10.1.2. Diagrama Rígido

Sucasaca y Mamani (2017) es cuando el movimiento de cada nudo de la losa dependerá del movimiento de su centro de masa (aplican fuerzas o masas que generan el movimiento).

Es un elemento losa que se comportar como una estructura rígida que no experimentara deformación. Se produce cuando el desplazamiento de cada nudo de la losa depende del desplazamiento de su centro de masa.

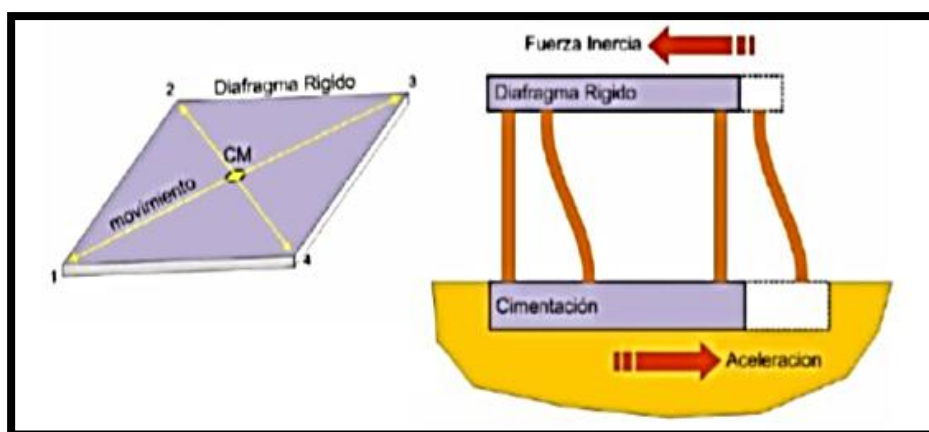


Figura 41. Diafragma Rígido.
Fuente: (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 70)

1.6.10.1.3. Centro de masa inicial (CMi)

Sucasaca y Mamani (2017) Se define el Centro de Masa C.M. como el lugar geométrico en el cual se concentra la masa de cada uno de los pisos.

$$x_{CMi} = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i}$$

$$y_{CMi} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}$$

Donde:

P_i =Peso de los elementos de corte (Peso efectivo = $\gamma \cdot vol$)

x_i, y_i =Coordenas centroidales del elemento de corte.

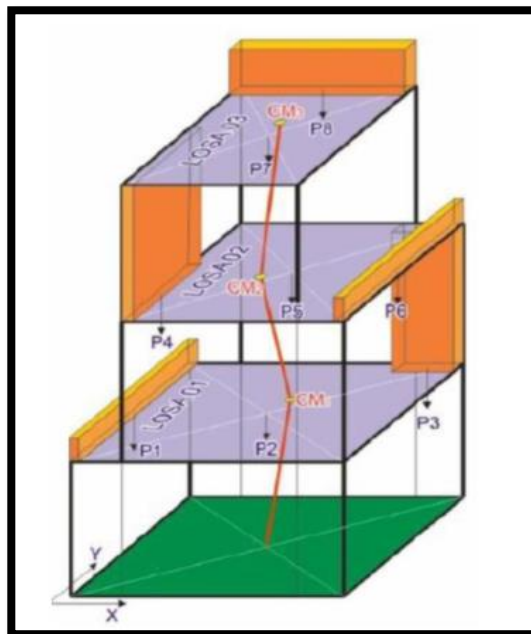


Figura 42. Centro de Masa Inicial.
Fuente: (Sucasaca y Mamani, 2017, p. 71)

1.6.10.1.4. Centro de Rigidez (CR)

Sucasaca y Mamani (2017) El centro de Rigidez “C.R.” y el centro de masas “C.M.” sería que coinciden por lo general nunca coinciden porque las cargas distribuidas nunca son iguales.

$$x_{CR} = \frac{\sum K_i \cdot X_i}{\sum P_i}$$

$$y_{CR} = \frac{\sum K_i \cdot y_i}{\sum K_i}$$

Donde:

K_i =Rigidez de cada elemento de corte.

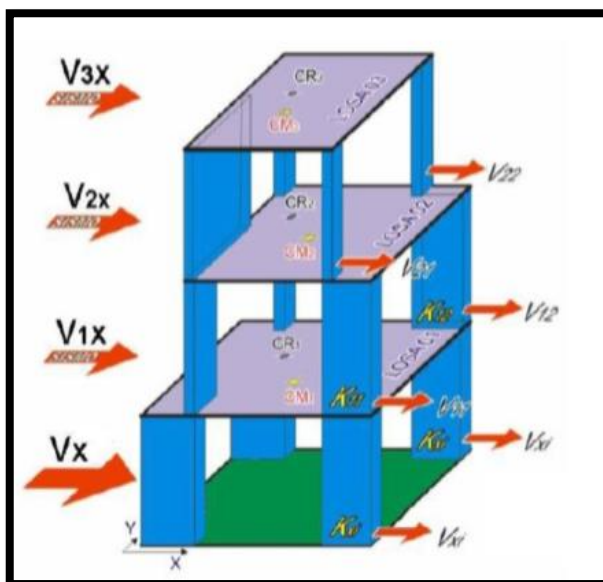


Figura 43. Centro de Rigidez.
Fuente:(Sucasaca & Mamani, 2017, p. 72)

1.6.10.1.5. Centro de masa final (CMf)

Es donde se aplican las Fuerzas.

$$x_{CM} = X_{CMi} \pm e_x$$

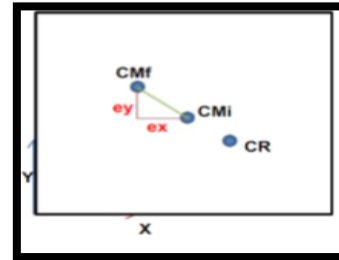
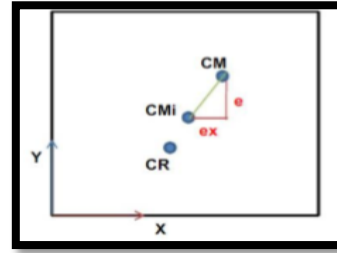
$$y_{CM} = y_{CMi} \pm e_y$$

$$X_{CMi} - x_{CR} = +e_x(\rightarrow)$$

$$y_{CMi} - y_{CR} = +e_y(\uparrow)$$

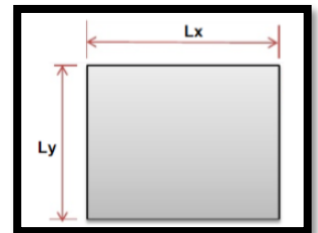
$$X_{CMi} - x_{CR} = -e_x(\leftarrow)$$

$$y_{CMi} - y_{CR} = +e_y(\uparrow)$$



1.6.10.1.6. Excentricidad

Sucasaca y Mamani (2017) La fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas “C.M.” se debe considerarse el efecto de excentricidad accidental en cada nivel con 0.05 veces la dimensión del edificio



$$e_x = 0.05l_x$$

$$e_y = 0.05l_y$$

1.6.10.1.7. Peso Sísmico

Sucasaca y Mamani (2017) Es la Suma de la carga muerta de la Estructura (CM) más un porcentaje de la carga viva (CV) se utilizará para calcular la fuerza cortante basal.

$$P_{SISMICO} = \%P_{CM} + P_{CV}$$

1.6.11. Análisis Sísmico Estático con E.030 (2016)

1.6.11.1. Generalidades (Art. 4.5.1)

Sucasaca y Mamani (2017) En la norma nos dice que los sismos mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Se analizará por medio de este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura aun cuando sean irregulares.

1.6.11.2. Periodo Fundamental (Art. 4.5.4)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) El período fundamental de vibración para cada dirección se muestra la siguiente formula.

$$T_X = \frac{h_n}{c_{TX}}$$

$$T_Y = \frac{h_n}{c_{TY}}$$

Donde:

$$c_T = 35$$

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos sin arriostramiento.

$$c_T = 45$$

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$$c_T = 60$$

- Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2)}{(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i)}}$$

Donde:

f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales el período fundamental T deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula.

1.6.11.3. Zonificación (Z) (Art 2.1)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) La zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada en la figura se muestran las provincias que tipo de zona corresponde.

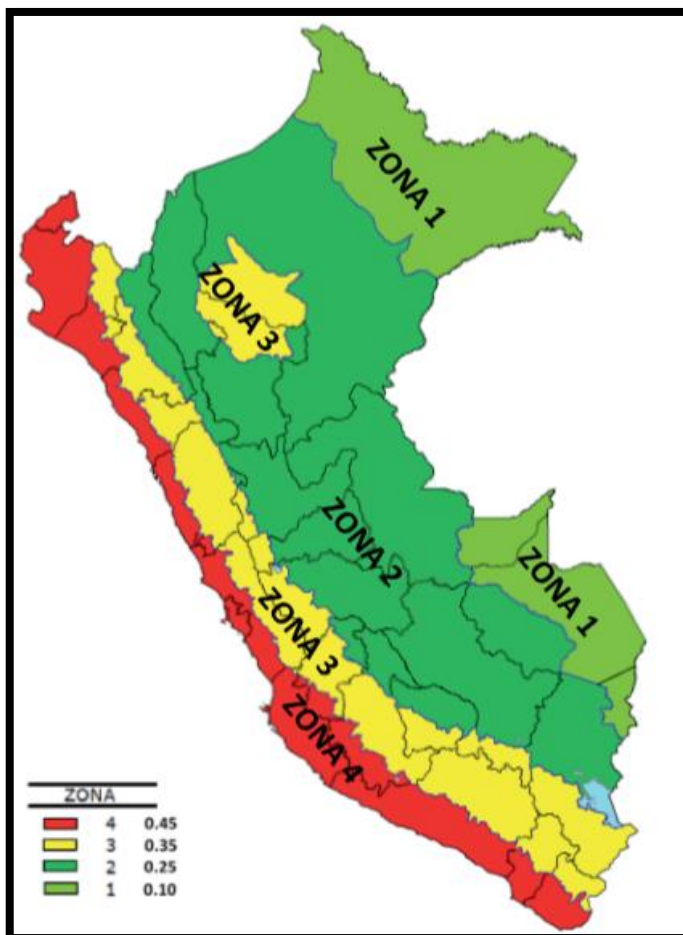


Figura 44.Zonas Sísmicas.

Fuente:(Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 5)

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 5 el factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla5

Factores de Zona “Z”

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 5)

1.6.11.4. Zonificación (Z) Condiciones Geotécnicas (Art. 2.3.1)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) En la tabla 6 nos muestra los 5 tipos de suelos.

Tabla 6
Clasificación de los Perfiles de Suelo

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_v$
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 6)

1.6.11.5. Parámetros de Sitio (S , TP y TL) (Art. 2.4)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) en la tabla 7 nos muestra el factor del suelo y la tabla 8 los periodos TP y TL según su perfil de suelo.

Tabla 7
Factor de Suelo “S”

ZONA SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.05	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 7)

Tabla 8
Periodos “TP” y “TL”.

	Perfil de Suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
$T_p(S)$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L(S)$	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 7)

1.6.11.5. Factor de Amplificación Sísmica (C) (Art. 2.5)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) en la tabla 9 nos define el factor de amplificación sísmica (c) por las siguientes expresiones.

Tabla 9
Factor de Amplificación Sísmica (C)

$T < TP$	$C = 2.5$
$TP < T < TL$	$C = 2.5 \frac{T_p}{T}$
$T < TL$	$C = 2.5 \frac{T_p T_L}{T^2}$

T es el período de acuerdo al numeral

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 7)

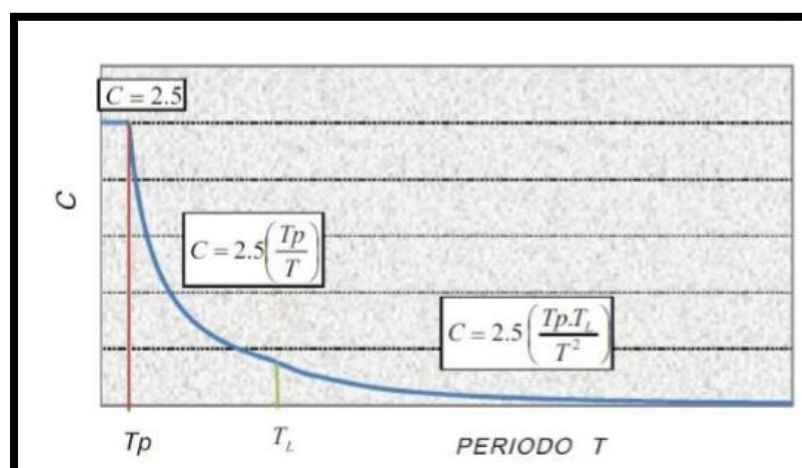


Figura 45. Amplificación Sísmica.

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 7)

1.6.11.6. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U) (Art. 3.1)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) se clasifica de acuerdo a la categoría mostrada en la tabla 10 el factor de uso o importancia (U) está definido en la tabla 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

Tabla 10
Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de Salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3

C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 8)

1.6.11.7. Sistemas Estructurales y coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas

Sísmicas (R_0) Art. 3.4

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) En la tabla 11 nos muestra la clasificación de sistemas estructurales y el coeficiente básico de reducción R_0 que corresponda.

Tabla 11
Sistemas Estructurales

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 9)

1.6.11.8. Regularidad Estructural (Art. 3.5)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) en la tabla 14 podremos ver las estructuras regularidades y en las tablas 12 y 13 las estructuras irregularidades.

1.6.11.9. Factores de Irregularidad (I_a , I_p) (Art. 3.6)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) En la tabla 12 y 13 nos indica el factor de irregularidad I_a y I_p .

Tabla 12
Irregularidades en Altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75
Irregularidad Extrema de Rigidez Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. Irregularidad Extrema de Resistencia	0,50

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 9)

Tabla 13
Irregularidades en Planta

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_P
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{máx}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla 2-17	0,75
Irregularidad Torsional Extrema Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible.	0,60
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente	0,85

menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	
Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 10)

Tabla 14

Categoría y Regularidad de las Edificaciones.

CATEGORIA DE LA EDIFICACIÓN	ZONA	RESTRICCIONES
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 10)

1.6.11.10. Sistemas de Transferencia (Art. 3.7.2)

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas

sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones. (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 10)

1.6.11.11. Coeficiente de reducción de la Fuerza Sísmica (Art. 3.8)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) El coeficiente R_0 se determina en la tabla 12 y de los factores I_a , I_p obtenidos de la tabla 12 y 13

$$R = R_0, I_a, I_p$$

1.6.11.12. Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía (Art.3.9)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible) y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

1.6.11.13. Fuerza Cortante en la Base (Art. 4.5.2)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) La fuerza cortante total en la base de la estructura correspondiente a la dirección se determinará por la siguiente formula:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

1.6.11.14. Estimación del Peso (P) (Art. 4.3)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) El peso (P) se calculará con la carga muerta y viva y se determina de la siguiente manera:

$$P_{Sismico} = 100\% CM + xCV$$

Tabla15

Estimación del Peso

X	CATEGORIA
50%	Categorías A y B
25%	Categorías C
25%	Azoteas y Techos
80%	Depósitos
100%	Tanque, silos, etc.

Fuente:(Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 11)

1.6.11.15. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura (Art. 4.5.3)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i correspondientes a la dirección considerada se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T) en la dirección considerada que se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$

1.6.11.16. Excentricidad Accidental (Art.4.5.5)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) Las estructuras con diafragmas rígidos se supondrá que la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo se considerará asimismo la excentricidad propia de la estructura el resultado de excentricidades accidentales (dirección de análisis) como se muestra a continuación:

- En el centro de masas de cada nivel asimismo la fuerza lateral estática actuante se aplicará un momento torsor accidental (M_{ti}) que se formula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis la excentricidad accidental de cada nivel (e_i) se considera como 0.05 veces la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección de análisis.

$$e_X = 0.05 L_X$$

$$e_Y = 0.05 L_Y$$

- b) Se puede suponer las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán justamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

1.6.11.17. Control de Derivas (Art. 5.1)

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Edif. Regular $\Delta_{REAL} = 0.75R(\Delta_{ELASTICO})$

Edif. Irregular $\Delta_{REAL} = R(\Delta_{ELASTICO})$

Tabla 16
Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muro de ductilidad limitada	0.005

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016, p. 13)

1.6.11.18. Redundancia (Art. 5.4)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) El elemento de la estructura, muro o pórtico actúa una fuerza de 30% o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso el elemento deberá diseñarse para el 125% de dicha fuerza.

Fuerza de Diseño por Sismo:

Si un Muro o Pórtico absorbe $> 30\% V_{TOTAL}$ por piso será diseñado con un 25% adicional.

1.6.11.19. Separación entre Edificios (s) (Art. 5.3)

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) La estructura debe ser separada de las estructuras vecinas a partir del nivel del terreno natural una distancia mínima s para impedir el acercamiento mientras un movimiento sísmico.

Esta distancia no será $> 2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni $>$ que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 m$$

Donde h es la altura medida a partir del nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s .

1.6.12. Análisis sísmico dinámico

1.6.12.1. Criterio de análisis dinámico modal

Es un procedimiento dinámico que permite verificar el estudio sísmico de estructuras resolviendo las ecuaciones de movimiento asimismo las características de rigidez que emplean en el estudio estática uniando las propiedades inerciales y de amortiguamiento lo que hace al estudio más exacto al unir explícitamente información ignorada en el estudio estático

El modelo matemático general para el cálculo dinámico de estructuras se refleja en un sistema de ecuaciones con N grados de libertad del tipo (véase [12], [13], [14]):

$$[M]\ddot{u} + [c]\dot{u} + [k]u = F \quad (1)$$

Donde:

$[M]$ es la matriz de masa , $[C]$ es la matriz de amortiguamiento,

$[K]$ es la matriz de rigidez, F es el vector fuerza.

u es el desplazamiento, $\dot{u}$ es la velocidad, $\ddot{u}$ es la aceleración.

Para el estudio de la vibración libre (sin solicitaciones), se busca resolver el siguiente sistema:

$$[M]\ddot{u} + [k]u = F \quad (2)$$

Se realiza un análisis modal para un sistema de N grados de libertad la observación de la ecuación anterior y de la realidad de la vibración libre de una estructura es claro que deben ensayarse soluciones de tipo armónico:

$$u = u_0 \cdot e^{(\omega t - \varphi)} \quad (3)$$

Donde $\{u\}_0$ es un vector de amplitudes que no varía con el tiempo, ω es una frecuencia angular y φ un ángulo de desfase inicial. Sustituyendo la solución propuesta en la ecuación anterior, tenemos:

$$([K] - [M]\omega^2).u_0 = 0 \quad (3)$$

El sistema homogéneo tiene una solución de $\{u\}_0$ por cada frecuencia natural ω_i .

Esta solución está determinada salvo un factor al tratarse de un sistema homogéneo.

Sólo hay **N-1** componentes independientes en cada uno de los $\{u\}_0$ que es solución

del sistema. Estas soluciones de u_0 son los auto vectores correspondientes a cada valor indican la forma de vibración de la estructura (modos de vibración).

Puede determinar la forma en que vibra el sistema, pero no su amplitud.

Se suele escribir u_0 de manera que la amplitud de la primera componente sea 1 y llamarle ϕ_i al modo i.

$$\phi_i = \begin{pmatrix} \phi_{2i} \\ \phi_{3i} \\ \vdots \\ \phi_{Ni} \end{pmatrix} \quad (4)$$

1.6.12.4. Análisis Dinámico Modal Espectral Norma E.030 art.4.6

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) Toda estructura puede diseñarse usando los cálculos del estudio dinámico por combinación modal espectral según lo detalla este artículo.

1.6.12.3. Modos de Vibración art.4.6.

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) se determina por el proceso de estudio que considere adecuadamente las características de rigidez y la distribución de las masas. En cada orientación se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total además deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la trayectoria del estudio.

1.6.12.4. Aceleración Espectral Art.4.6.2

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

1.6.12.5. Criterios de Combinación Art.4.6.3

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) La respuesta máxima elástica esperada (r) adecuado al efecto unido a los diferentes modos de vibración empleados (r_i) se determinara la combinación cuadrática completa de los valores resueltos para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i p_{ij} r_{ij}}$$

Donde r representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Los coeficientes de correlación están dados por:

$$P_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{\frac{3}{2}}}{([\lambda(1-\lambda^2)])^2 + 4\beta^2\lambda([\lambda(1+\lambda)])^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

β , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05.

ω_i, ω_j son las frecuencias angulares de los modos i, j

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$\sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

1.6.12.6. Fuerza Cortante Mínima Art.4.6.4

una de las direcciones consideradas en el estudio la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del monto calculado según el número 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Es esencial incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados se habrá la escala proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

1.6.12.7. Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión) Art.4.6.5

Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (2016) La excentricidad se ubica en los centros de masa en cada nivel.

1.7. Definición de términos básicos.

- **Interacción suelo – estructura**

Estudia las deformaciones del terreno conocida por estudiar los cuatro modelos dinámicos de interacción que sera utilizado en la investigación.

- **Interacción Dinámica Suelo Estructura**

Son las modificaciones producidas tanto en el movimiento del terreno como la respuesta dinámica de la superestructura debidas a la flexibilidad relativa del procedimiento suelo-cimentación referente a la rigidez se le denomina interacción dinámica suelo-estructura (IDSE).

1.8. Formulación de la hipótesis.

El principal efecto de la Interacción dinámica Suelo-Estructura de la ciudad de Trujillo es la modificación de la respuesta estructural debido a la flexibilidad del apoyo. Las características que intervienen en el análisis sísmico considerando la interacción dinámica Suelo-Estructura, son la geometría de la estructura, la capacidad portante del suelo y el Módulo de corte Efectivo.

1.9. Propuesta de aplicación profesional.

Esta tesis está fundamentada directamente en el estudio e investigación sobre la geotecnia y la parte estructural sismorresistente, dirigida a revisar los desplazamientos en las bases de fundación como son las zapatas aisladas, debemos considerar los aportes a nivel mundial que se han considerado en la actualidad en nuestra normativa técnica peruana ya que carecemos de poca información y la tecnología en laboratorios u/ otros.

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1. Material:

a) Materiales

- ✓ Celular
- ✓ Wincha
- ✓ Picos y palas
- ✓ Estación Total.
- ✓ Miras
- ✓ Computadora personal.
- ✓ Útiles de escritorio

b) Humano.

- ✓ 01 Investigador.
- ✓ 01 asesor.
- ✓ 01 Topógrafo.
- ✓ Técnico en estudios de Mecánica de Suelos.

c) Servicios.

- ✓ Fotocopias e Impresiones
- ✓ Impresión de Fotografías
- ✓ Encuadernado
- ✓ Espiralados
- ✓ Estudio de Suelos
- ✓ Improvistos

d) Otros

2.2. Material de estudio.

2.2.1 Población.

La interacción dinámica suelo estructura de vivienda social en edificios altos, Trujillo 2019.

2.2.2. Muestra.

La presente investigación se ha utilizado el muestreo No Probabilístico, ya que este estudio estará basado en terrenos donde se construirá edificios de altura mayor a los 5 pisos, por lo tanto, no hay necesidad de calcular el número de pobladores para el tamaño muestral.

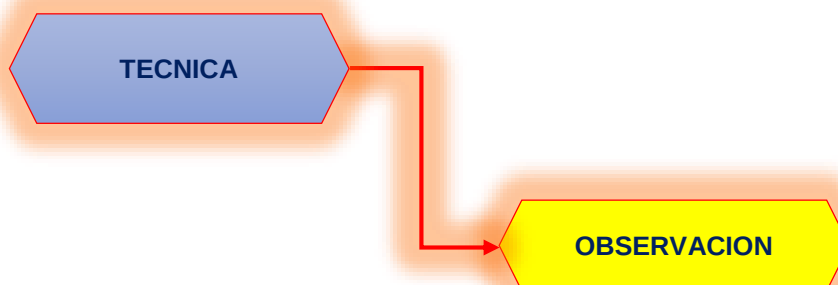
Así mismo tendrá un muestreo Por Conveniencia, porque como investigador resido cerca de la zona de estudio por eso se vio convenientemente elegir esta investigación para su desarrollo. La Observación Sistemática: Esta técnica permitió recoger la información para la investigación, fue el acto de tomar los planos arquitectónicos con la intención de examinarlos, analizarlos y obtener conclusiones.

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos.

2.3.1.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en esta investigación es la observación porque mediante esta se podrá visualizar la situación real, clasificando y consignando la información de acuerdo al problema en estudio.



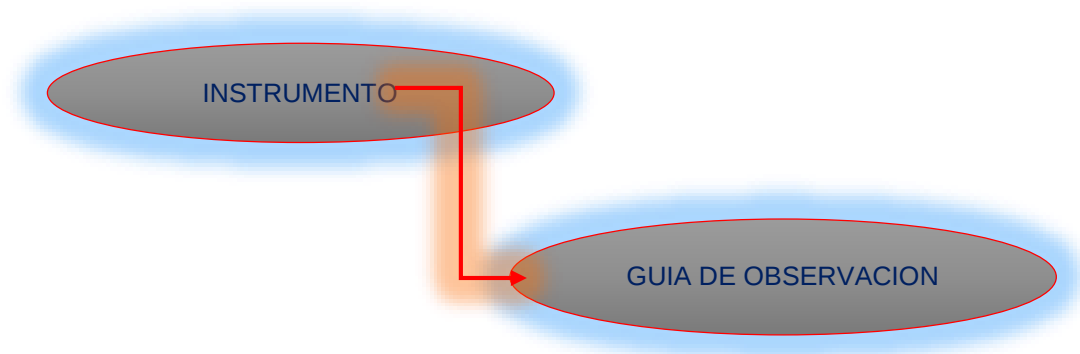
2.3.1.2. Instrumento de recolección de datos

Se utilizarán guías de observación para llevar un registro de la carencia de componentes del sistema.

a) Guía de observación para identificación de la población beneficiada.

Procedimientos:

- Estructuración y pre dimensionamiento.
- Análisis por cargas de gravedad
- Análisis sísmico (Modelamiento estructural, análisis sísmico estático, análisis sísmico dinámico).
- Diseño de elementos estructurales.
- Análisis económico.
- Programación de ejecución del proyecto.
- Análisis comparativo.



GUÍA DE OBSERVACION:

**“INTERACCIÓN DINÁMICA SUELO-ESTRUCTURA PARA
EDIFICIOS ALTOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO – LA
LIBERTAD 2019”**

2.3.1.3. Instrumentos topográficos

Se realizó un levantamiento topográfico para poder determinar la morfología del área de estudio.

➤ **GPS diferencial:**

Este instrumento fue empleado para la toma de datos de campo por medio de coordenadas, obteniendo información sobre la morfología del terreno donde se realizará las obras proyectadas.

➤ **Wincha:**

De lona y de metal. Sirve para medir distancias.

➤ **Puntos de concreto:**

Ubican BM, para una mejor proyección topográfica.

2.3.2. Para procesar datos.

La interacción dinámica suelo-estructura se realizará en la ciudad de Trujillo sector nuevo Barraza perteneciente al distrito Laredo.

2.3.2.1. Métodos de análisis de datos

El método que vamos a emplear en la investigación es la estadística descriptiva porque me permite registrar los datos mediante tablas y representarlo en gráficos y cuadro.

2.3.2.2. De procesamiento de información.

- **Office 2016:** Los programas más usados son el Excel, Word, Microsoft Project y el Power Point que sirvieron para procesar y analizar la información para la elaboración de tesis.
- **AutoCAD 2D 2017:** Este software es usado para la elaboración de planos de estructuras, arquitectura y demás especialidades.

- **SAP 2000 v19:** Es un programa gráfico 3D que se utiliza para modelar, análisis y dimensionamiento de problemas de ingeniería de estructuras.
- **Microsoft Excel:** Programa de cálculo muy potente y necesario utilizado en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.
- **S10 Costos y Presupuestos:** Fue utilizado para la elaboración del presupuesto, análisis de precios unitarios de la edificación.

2.3.2.3. Instrumentos:

El instrumento que vamos a utilizar para este proyecto son:

- Hoja de fichas de datos; para las informaciones
- Estudios realizados en la investigación de campo
- Así mismo la utilización de:
 - GPS diferencial (para la ubicación de las coordenadas)
 - Cinta Métrica de 50 metros. (para las mediciones)
 - Laptop CORE I7. (para la elaboración del proyecto)

2.4 Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	MEDICIÓN
Interaccion dinamica suelo – estructura.	Coeficiente de rigidez Coeficiente de amortiguamiento	$k_x, k_y, k_z (ton / m)$ $k_{\phi x}, k_{\phi y}, k_{\psi z} (ton. m)$ $b_x, b_y, b_z (ton. s / m)$ $b_{\phi x}, b_{\phi y}, b_{\phi z} (ton. s. m)$
Edificios altos aporticados.	Comportamiento sísmico de las edificaciones.	Desplazamientos (m) Derivas de entrepisos (Adim) Periodos (seg) Fuerzas cortantes (Ton) Momento flector (Ton x m)

III. RESULTADOS

3.1.Planteamiento de la edificación

Se nos pide diseñar y estructurar una edificación de 03 pisos que está destinada para uso administrativo, proyectada en la población de Trujillo, Distrito de Trujillo, con sistema estructural aporticado, tal como se muestra en la figura y con altura de entrepiso de 4m.

Realice un análisis sísmico dinámico espectral, considerando, los siguientes parámetros que fueron brindados por laboratorio, en sus diferentes estudios.

Resistencia a la compresión del concreto	$f'_c = 2100\text{T/m}^2$
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 2173706\text{T/m}^2$
Coeficiente de Poisson del concreto	$\mu_2 = 0,2$
Losa de techo aligerada de espesor	$e = 20\text{cm}$ (pisos 1 y 2) $e = 17\text{cm}$ (piso 3)
Vigas transversales (eje horizontal del plano)	40cm x 50cm
Vigas longitudinales (eje vertical del plano)	50cm x 50cm
Pesos para el análisis sísmico	Piso 1 = 143,925T Piso 2 = 136,725T Piso 3 = 116,913T
Zapatas aisladas de dimensiones	1,3m x 1,2m x 0,4m
Profundidad de desplante	1m
Tipo de suelo	S3
Coeficiente de Poisson del suelo	$\mu_2 = 0,45$
Se pide:	

- i) Calcular la excentricidad accidental y masas a nivel de entresijos
 - ii) Construir el espectro elástico de diseño
 - iii) Determinar los coeficientes de rigidez para el modelo dinámico Barkan D.D, considerando una distribución uniforme de esfuerzos (todas las zapatas son iguales y centradas) y $C_o = 2,6\text{kg/cm}^3$
 - iv) Calcular las masas de las zapatas
 - v) Modelar con el SAP2000 y determinar los 8 primeros periodos de vibración
 - vi) Efectuar el control de desplazamientos laterales para ambas direcciones
 - vii) Determinar las fuerzas internas máximas, indicando los elementos en los cuales surgen dichas fuerzas internas.
- ✓ Considerando y aplicando la normativa técnica peruana E.030 (DISEÑO SISMO RESISTENTE), obtendremos algunos resultados que nos ayudaran al entendimiento y la importancia de la interacción dinámica suelo-estructura en los edificios aporticados altos en la ciudad de Trujillo, también haremos uso de otra norma E.060 (DE CONCRETO ARMADO), para dar más sustento al sistema constructivo de pórticos.
- La norma E.030, establece las condiciones mínimas en las edificaciones diseñadas, para las que tengan un comportamiento sísmico de acuerdo a los principios señalados en dicha norma.
 - Se aplicara diseño a cualquier edificación que resulte afectada producto de los sismos.
 - Los principios de un diseño sismorresistente consiste en:
 - Evitar pérdidas humanas
 - Minimizar los daños a las edificaciones y evitar gastos económicos a futuro, aplicando un verdadero estudio.

- Asegurar la continuidad de muchos servicios básicos, como son postas, colegios, universidades, entre otros.
- Debemos considerar la concepción estructural sismorresistente, como son simetría, tanto en la distribución de masas como de rigidez, especialmente, debemos tener en cuenta el peso mínimo en los pisos altos. También el uso adecuado de los diferentes materiales de construcción, tener en cuenta la continuidad estructural en planta y también en la elevación, verificar las cargas laterales. Y lo más importante una buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

DESARROLLO

ZONAS SÍSMICAS



Figura 46. Zonas sísmicas.

Fuente : (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

Tabla 17
Factores de zona “z”

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

Norma E.030- Nos indica el factor de zona donde se ubica la ciudad de Trujillo, de acuerdo al mapa “Zonas Sísmicas”

3.2. Condiciones Geotécnicas

Perfil de Suelo, para los efectos de esta norma, nos explica que los perfiles de suelo se clasifican, tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (V_s). Debemos tener en cuenta que su resumen de esta norma, nos da valores típicos, para los distintos tipos de perfiles de suelo.

Tabla 18
Clasificación de los perfiles de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Pe r f i l	V_s	N_{60}	S_u
S_0	>1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	<180 m/s	<15	25 kPa a 50kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

3.3. Parámetros de Sitio (S_1 , T_p y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T_p y T_L dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

Tabla 19
Factor de suelo “s”

FACTOR DE SUELO “S”				
suelo zona	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

Tabla 20.

Periodos “ t_p ” y “ t_l ”

PERIODOS “ T_p ” Y “ T_L ”				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

Tabla 21
Categoría y regularidad de las edificaciones

CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda, 2016)

3.4. CIMENTACIONES

Alcance:

Las cimentaciones resistentes a las fuerzas sísmicas o que transfieran las fuerzas sísmicas entre la estructura y el terreno deben cumplir con lo indicado en esta cita y con los otros requisitos aplicables de esta norma.

3.5. Zapatas, losas de cimentación y cabezales de pilotes

El refuerzo longitudinal de las columnas y muros estructurales que resistan las fuerzas inducidas por los efectos sísmicos debe extenderse dentro de la zapata, losa de cimentación o cabezal de pilotes, y debe estar anclado para desarrollar totalmente la tracción en la interface.

Las columnas que sean diseñadas suponiendo condiciones de empotramiento en la cimentación, deben cumplir con el párrafo antes indicado y, si se requiere de ganchos, el refuerzo longitudinal que resiste la flexión debe tener ganchos de 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con el extremo libre de las barras orientado hacia el centro de la columna.

En las columnas o elementos de borde de los muros estructurales que tengan un borde que diste al borde la zapata una longitud igual o menor que la mitad del peralte de la zapata, el refuerzo transversal debe extenderse dentro de la zapata una distancia que no sea inferior al menor valor entre la profundidad de la zapata, losa de cimentación o cabezal de pilotes, o la longitud de desarrollo en tracción del refuerzo longitudinal.

3.6. Modelamiento de una edificación

Desarrollo de la edificación con el programa SAP2000, primeramente, vamos a identificar que vamos a modelar una edificación en 3D, para su mayor identificación con todo los análisis requeridos y planteados en dicha ficha técnica.

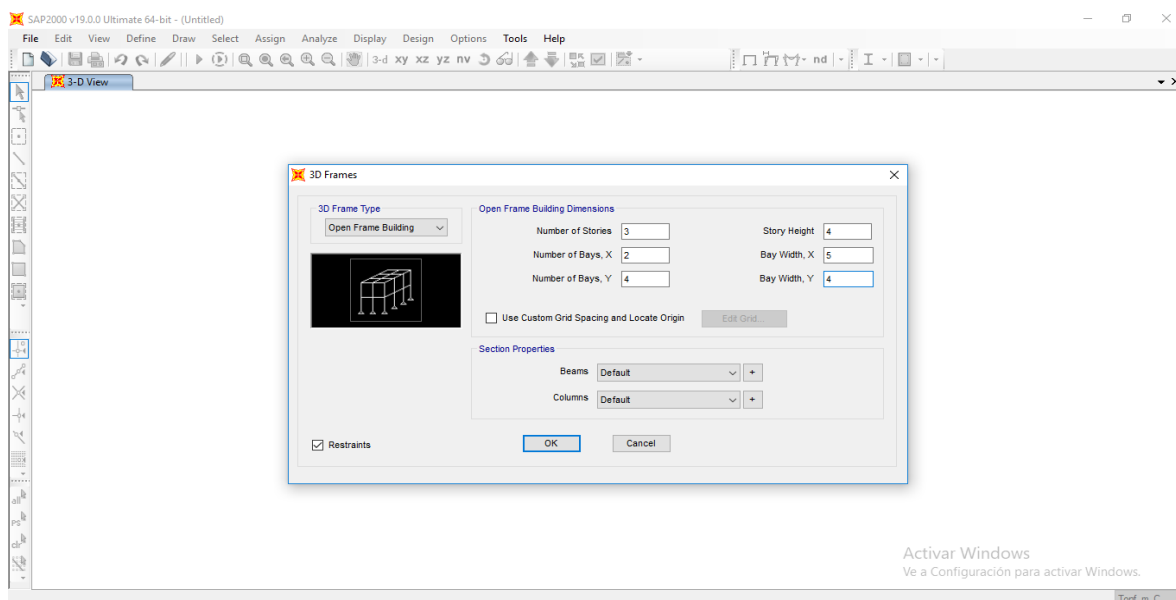


Figura 47. Altura de los pisos en x,y.

Fuente: SAP2000 VS 2019

Tenemos en la figura que en la edificación cuenta con 3 pisos y su altura es de 4 metros cada piso y los espaciamientos en “X” son de 5 metros cada uno y en “Y” de 4 metros.

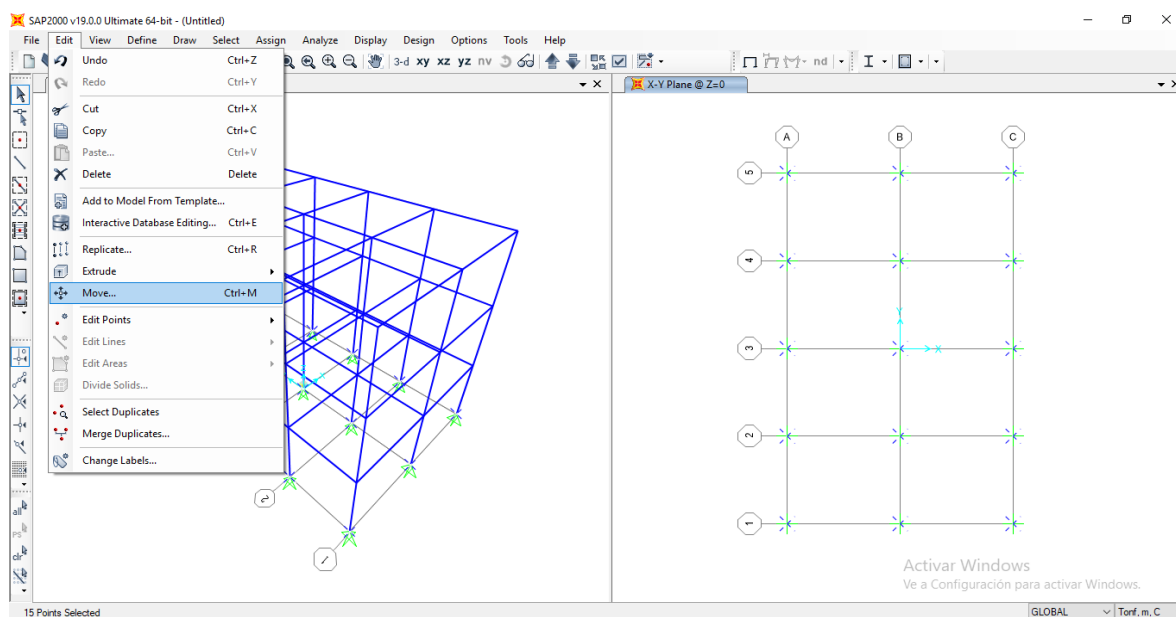


Figura 48.Desplazando en z.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Una vez siguiendo con los pasos del modelamiento obtenemos la edificacion con sus medidas vamos a desplazarlo en “z” = 1.2.

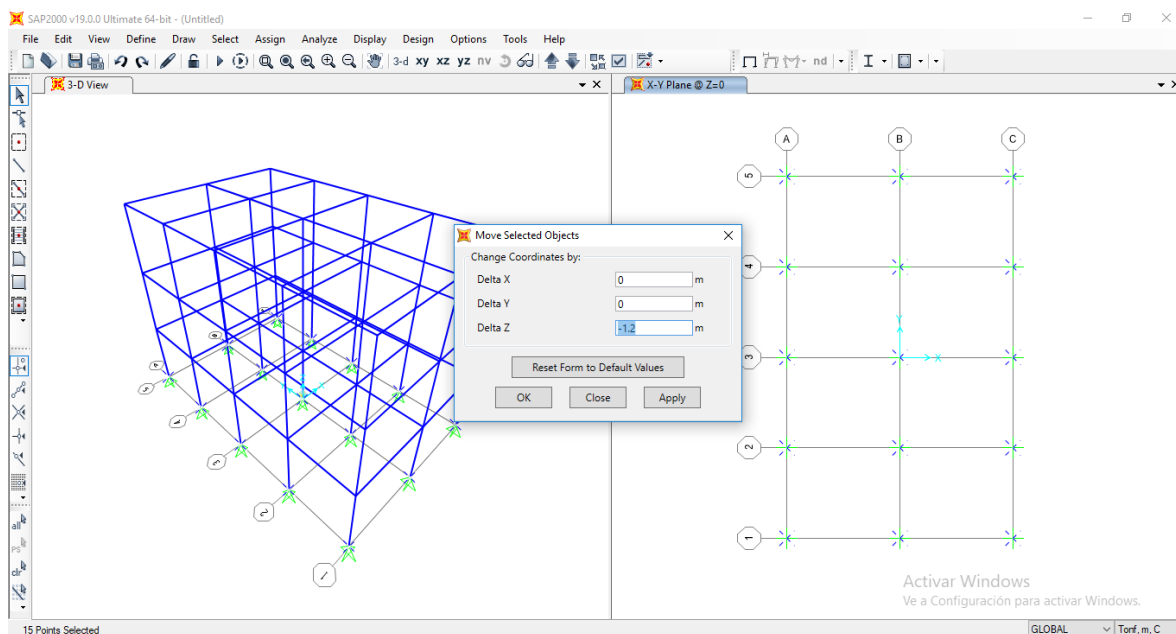


Figura 49.Desplazamiento en z.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Aquí podemos apreciar la numeracion de -1.2 para su desplazamiento en “z”

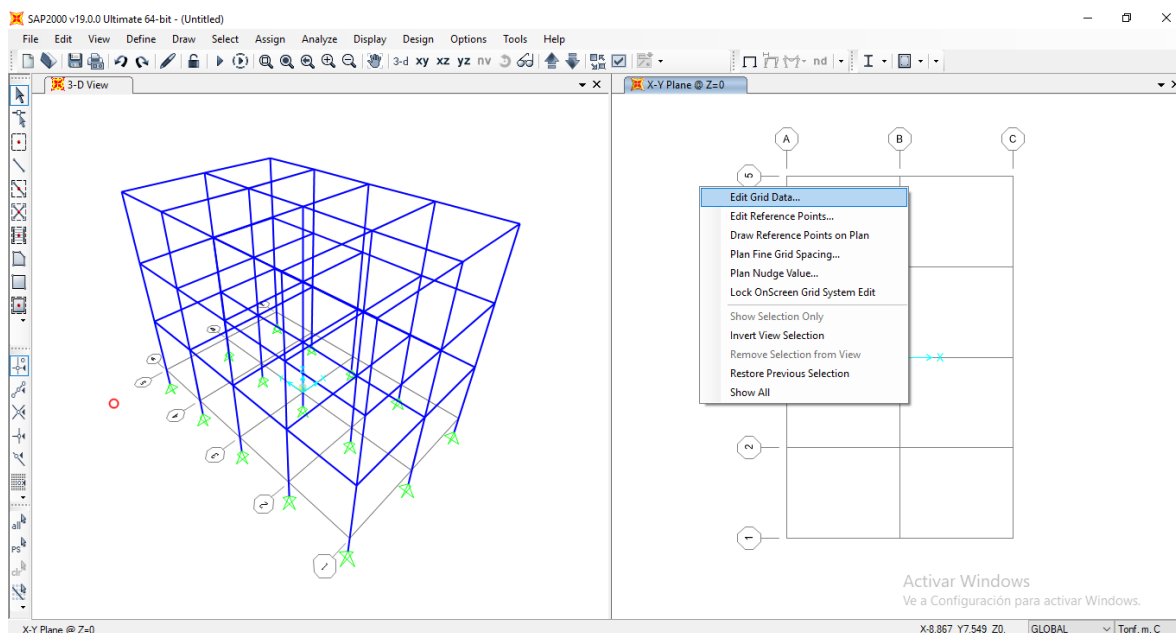


Figura 50.Desplazamiento de grillas.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Una vez editado el desplazamiento vamos a editar las grillas las cuales podemos apreciar en la imagen.

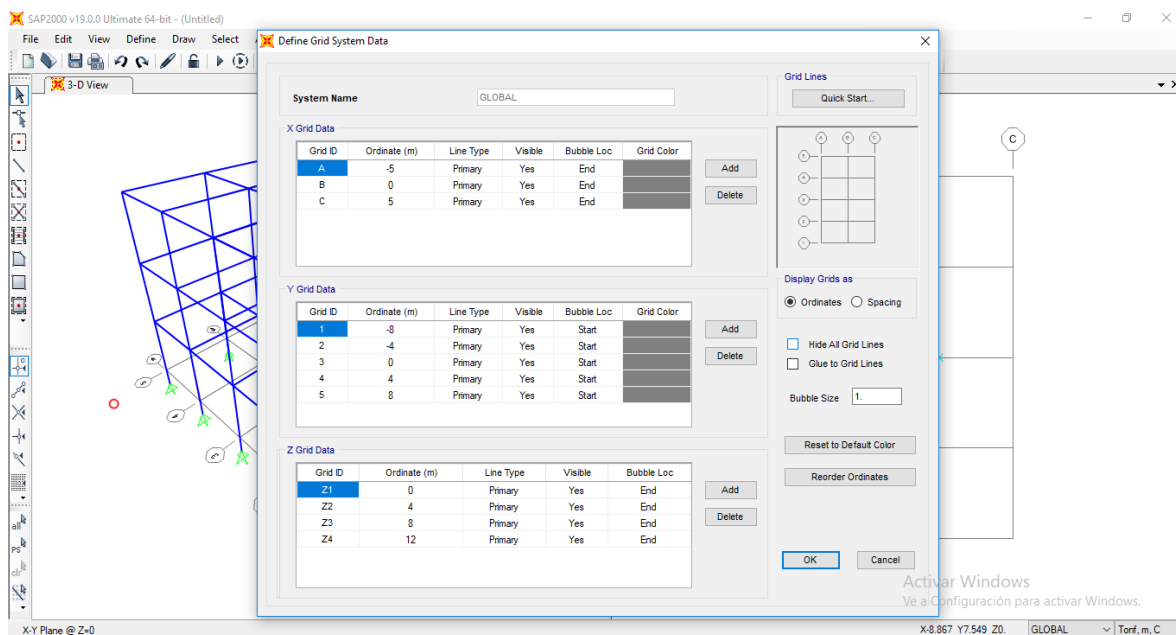


Figura 51.Numeración de grillas en x,y,z

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Aquí continuamos con el llenado de las grillas aplicando en “x”, “y” y “z” con la numeracion planteada.

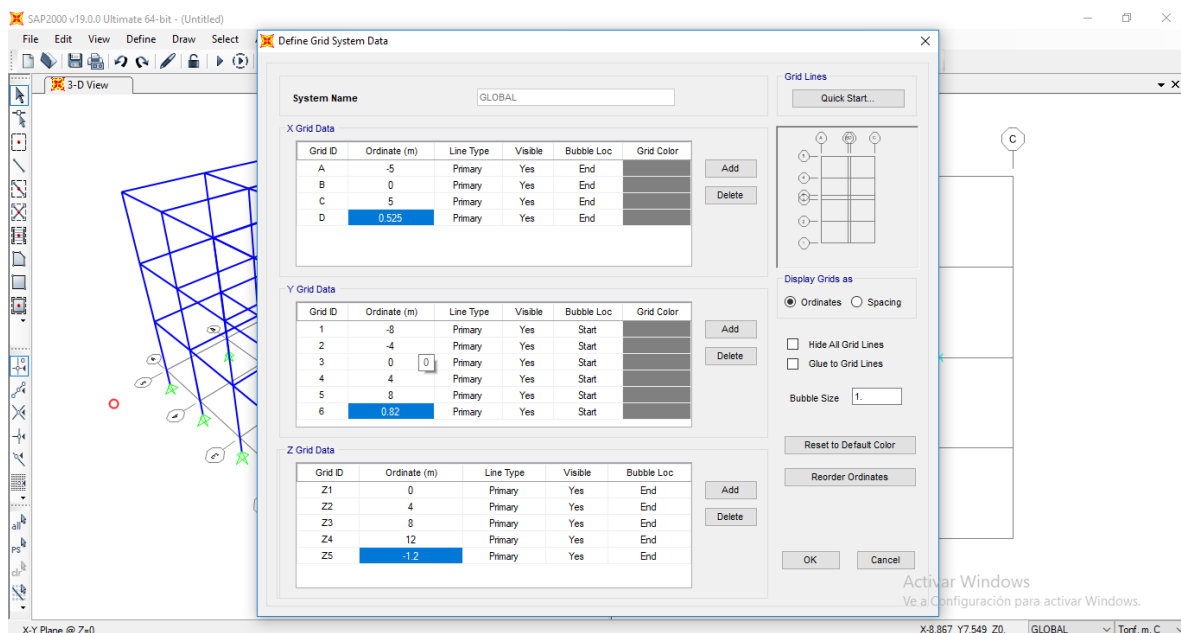


Figura 52. número de grilla en x.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Colocamos en las grillas en “x” = 0.525 en “y” = 0.82 en “z” = -1.2, culminando con el llenado de grillas aplicamos.

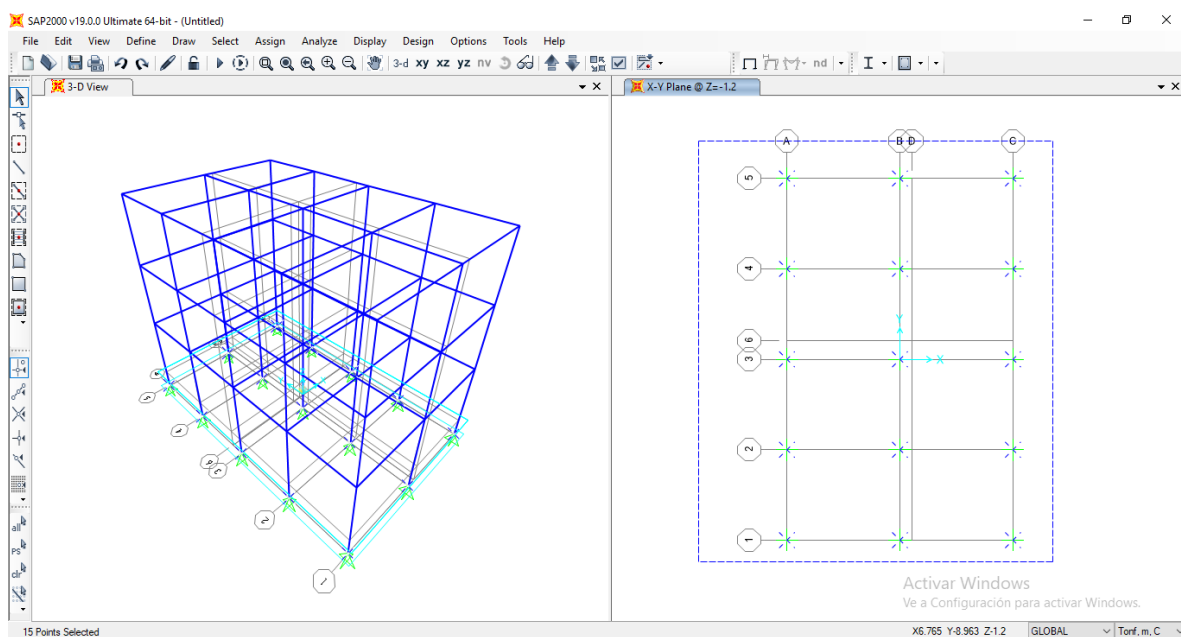


Figura 53. Modelamiento de zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Ahora seleccionamos en planta todas las restricciones que tenemos y las cuales serán las zapatas a modelar.

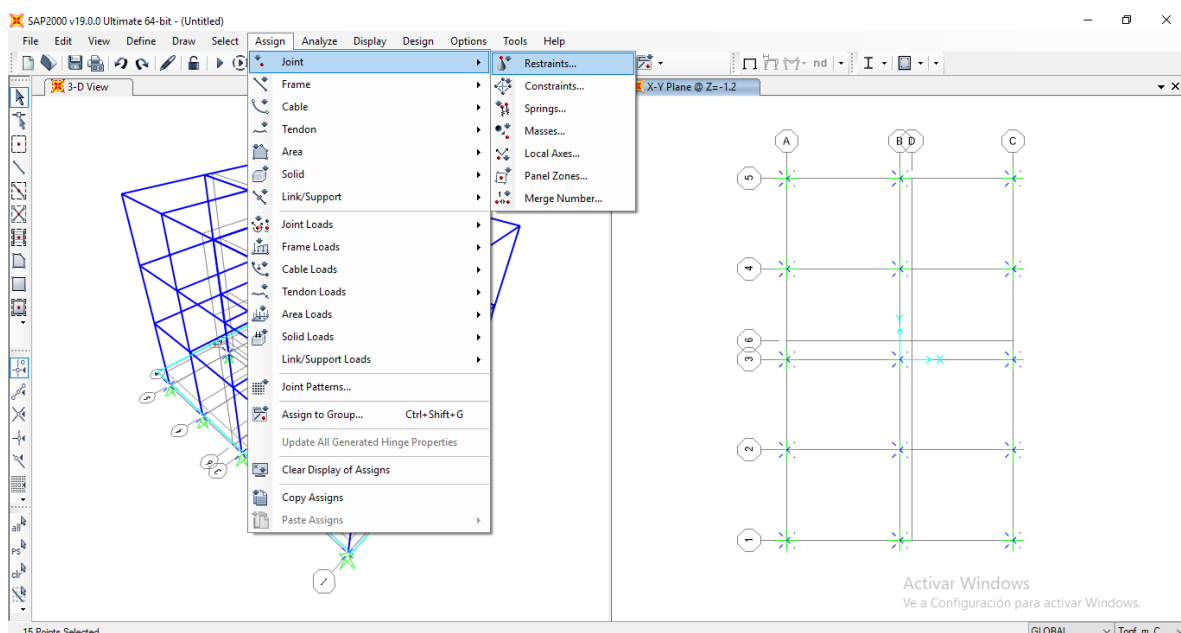


Figura 54. Restricciones empotrada

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Siguiendo con el procedimiento aplicamos restricciones de manera empotrada.

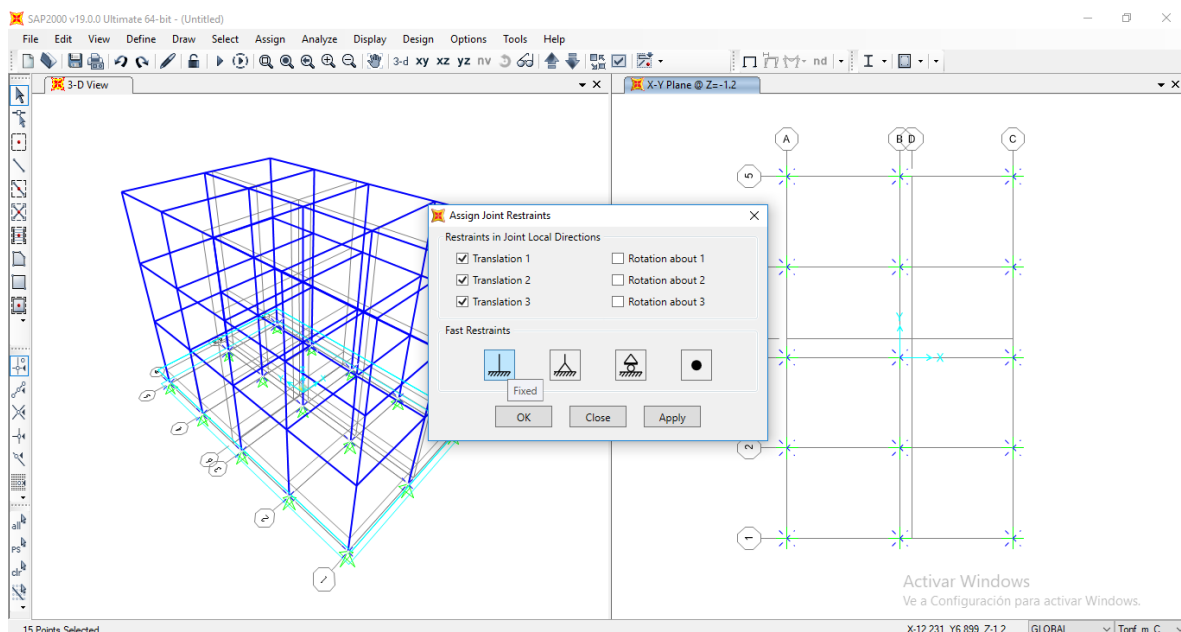


Figura 55. Sección empotrada.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Aquí podemos apreciar la selección de empotramiento.

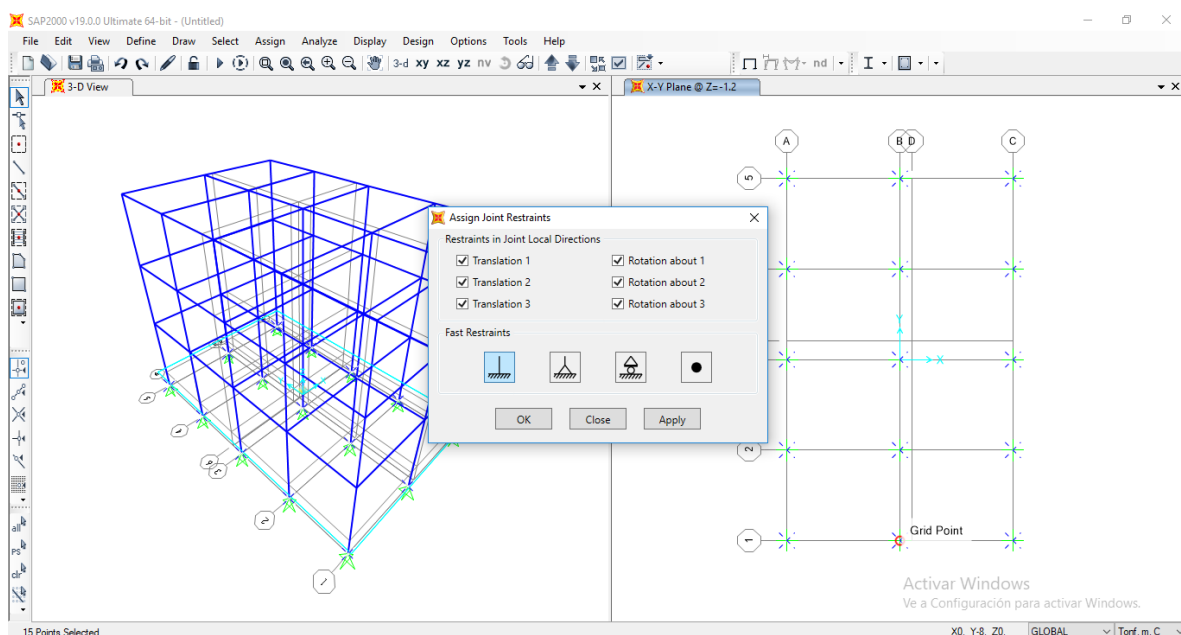


Figura 56. Rotaciones y traslación.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Una vez seleccionado empotramiento, el programa automáticamente nos tacha las rotaciones y traslación.

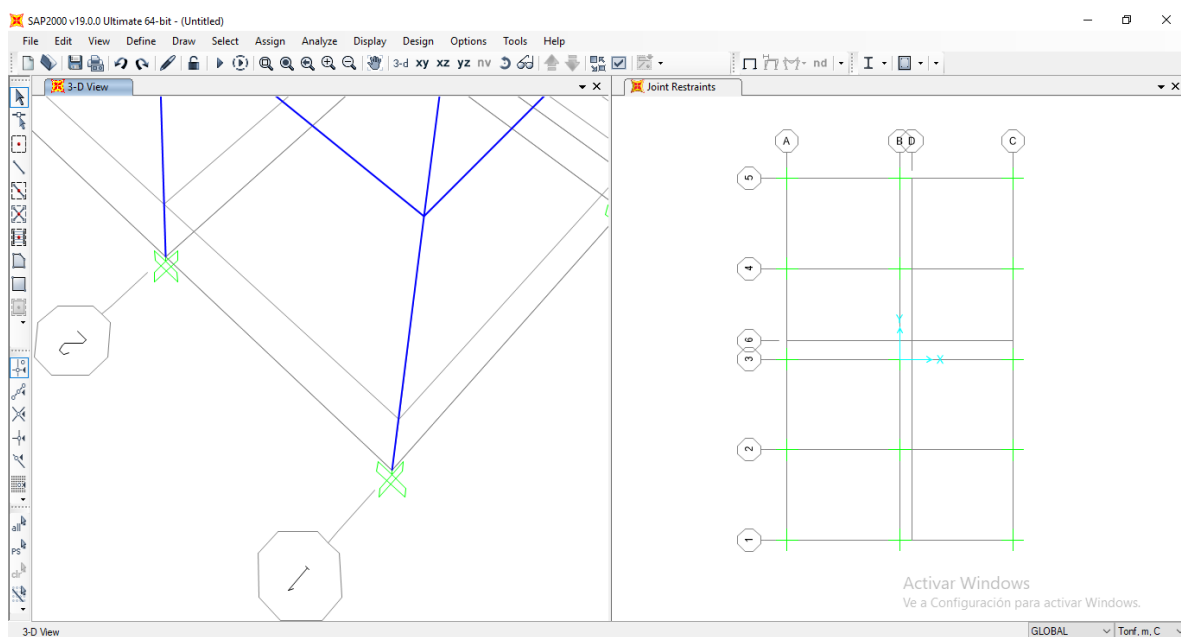


Figura 57. Empotramiento.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Imagen de empotramiento en donde podemos apreciar.

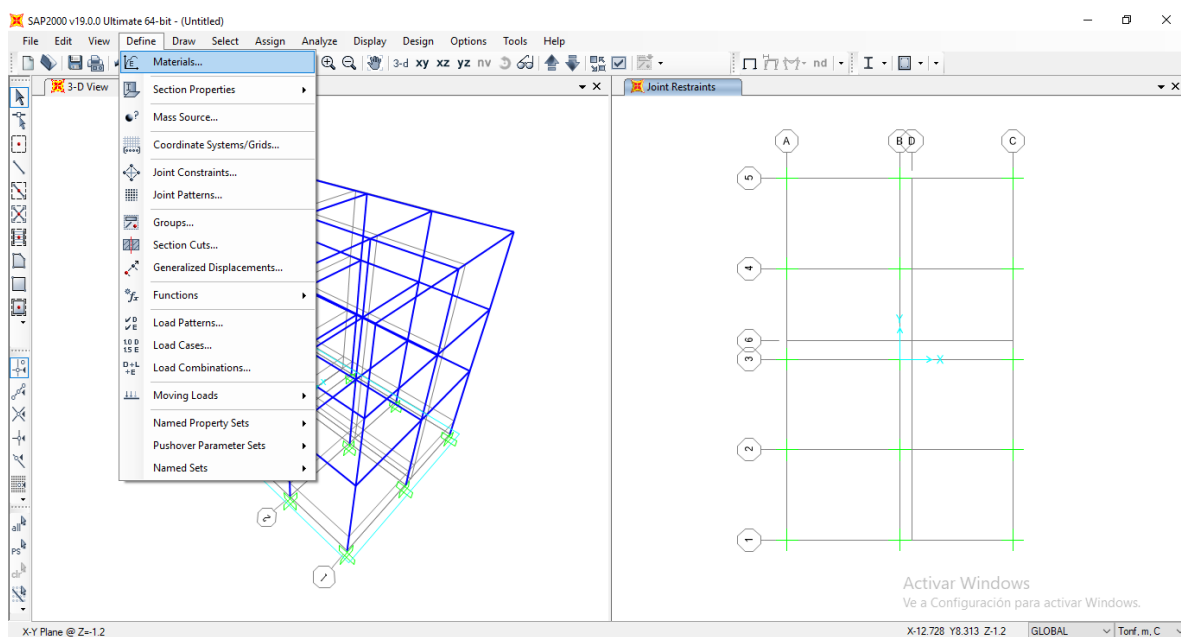


Figura 58. Definición de materiales.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Después de haber empotrado la edificación procedemos a definir los materiales que

se utilizarán en la edificación entre ellos tenemos el concreto $f'_c = 2100 \text{ kg/cm}^2$

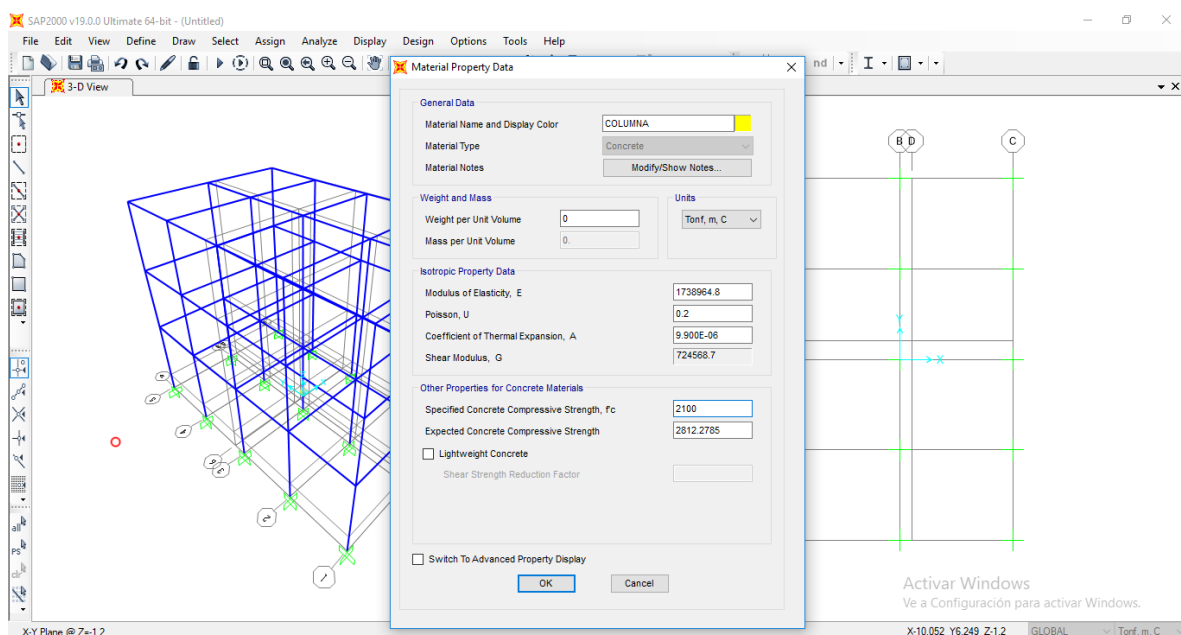


Figura 59. Material de concreto para la columna.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Siguiendo con el procedimiento creamos la columna con material de concreto.

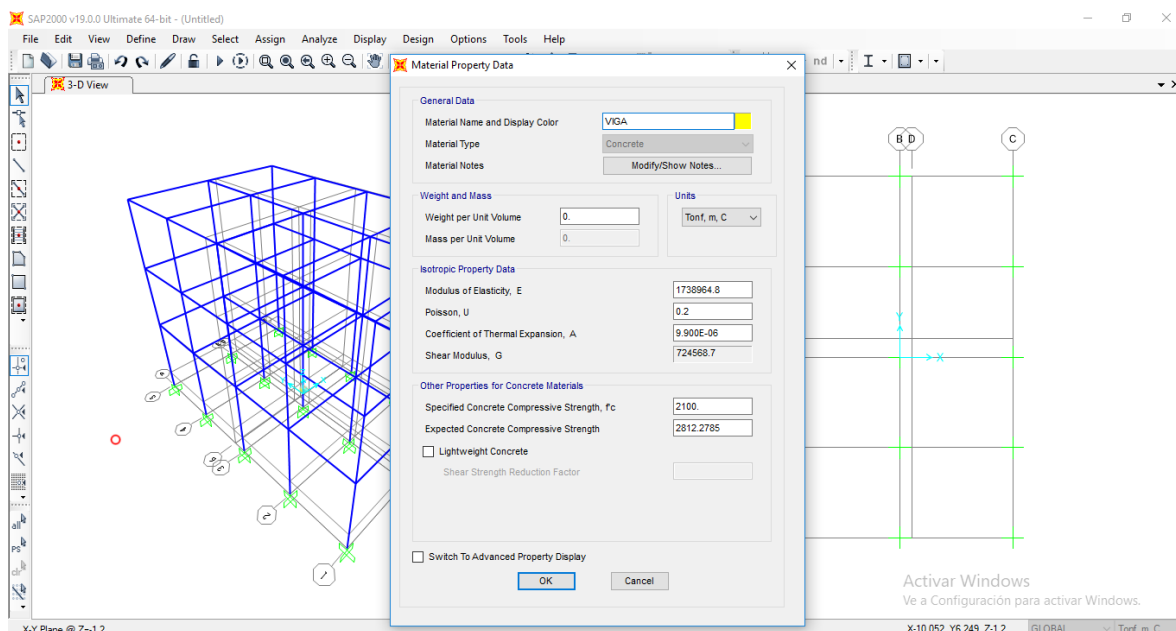


Figura 60.Material.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Una vez generado el material aplicamos.

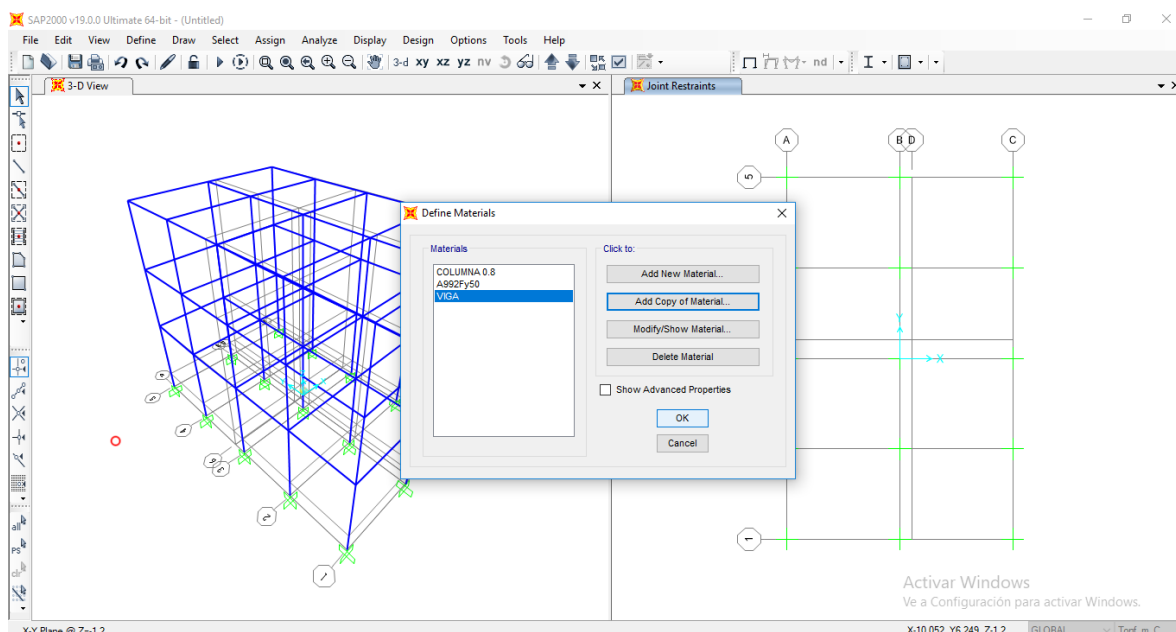


Figura 61.Viga y columna.
Fuente: SAP 2000 VS 2019

Aquí podemos apreciar que generado la viga, columna en el cual consideramos un factor de agrietamiento para columnas y vigas.

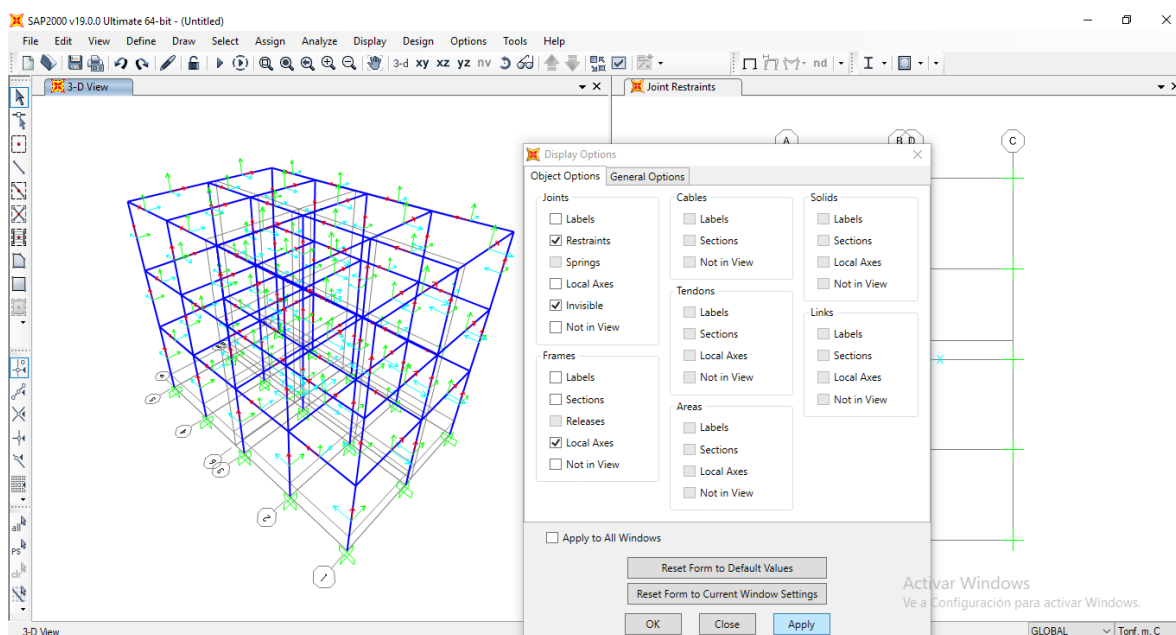


Figura 62.Ejes locales.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Aquí podemos apreciar la verificación de los ejes locales.

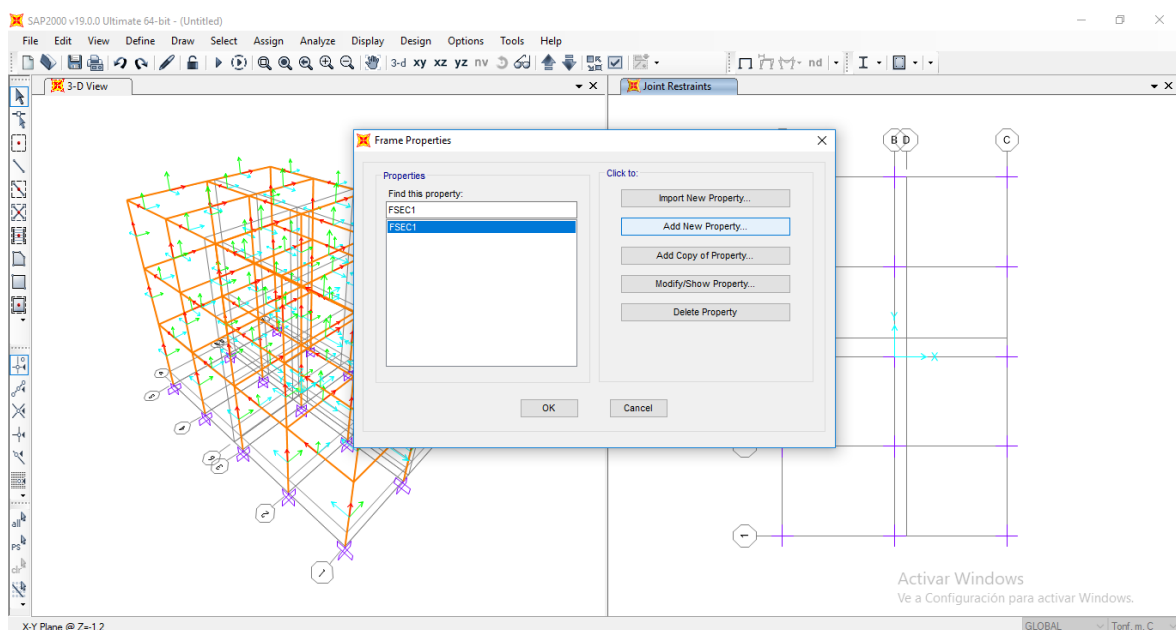


Figura 63.Ejes respecto a las columnas.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Podemos apreciar que los ejes con respecto a las columnas se encuentran en dirección en fracción de 5 metros.

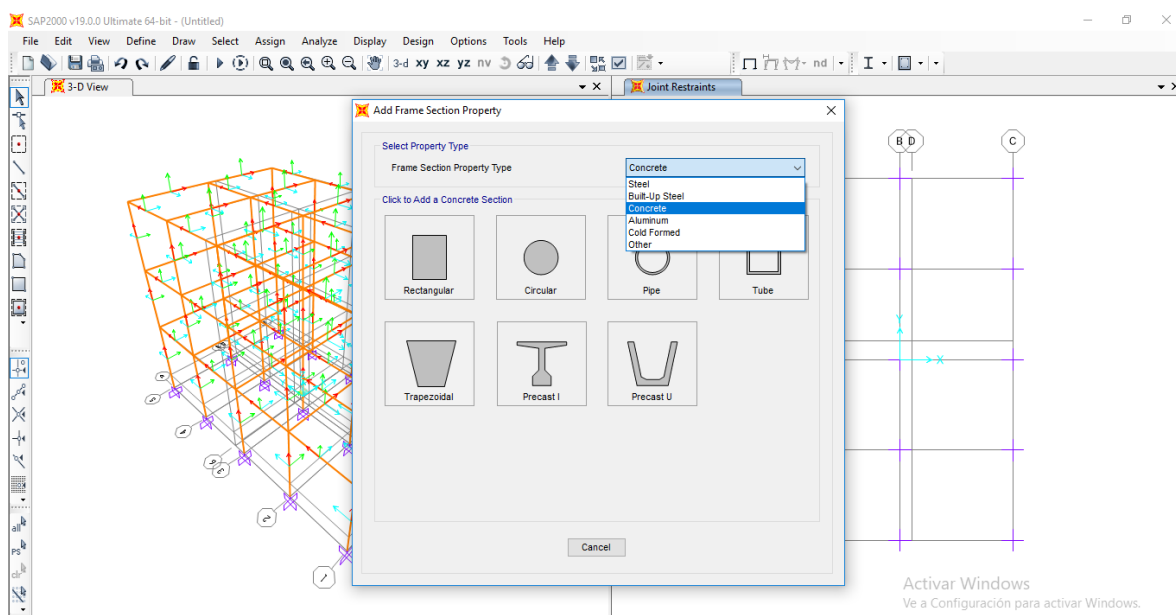


Figura 64. Tipo de material para columnas

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Generamos las columnas considerando el tipo de material concreto.

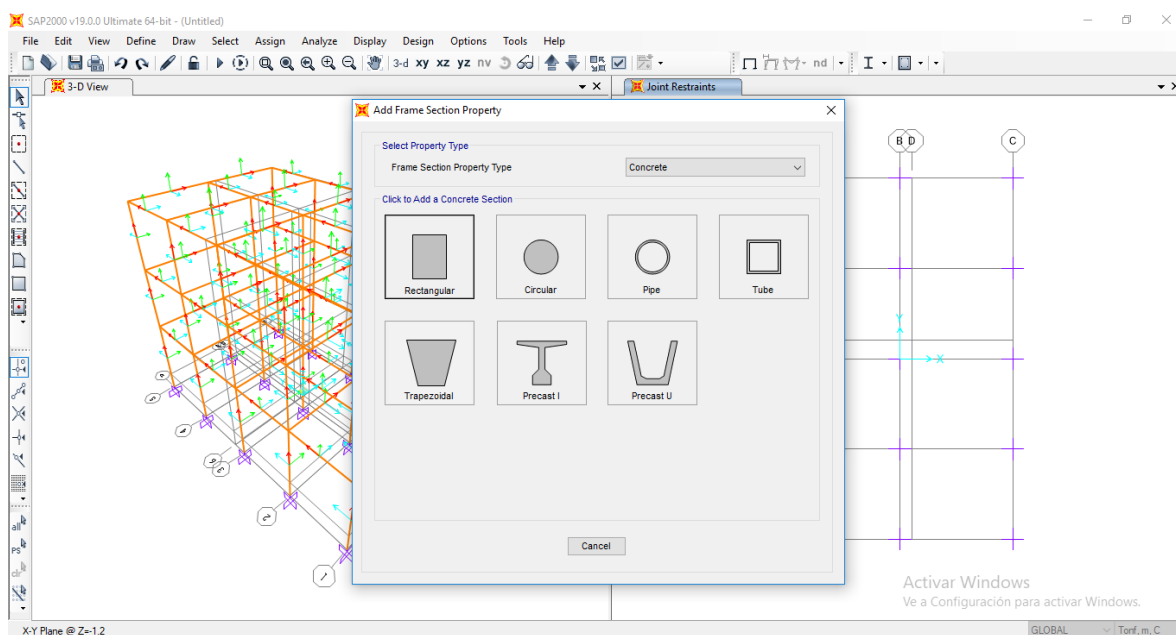


Figura 65. Tipo de columna.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

El tipo de columna es rectangular.

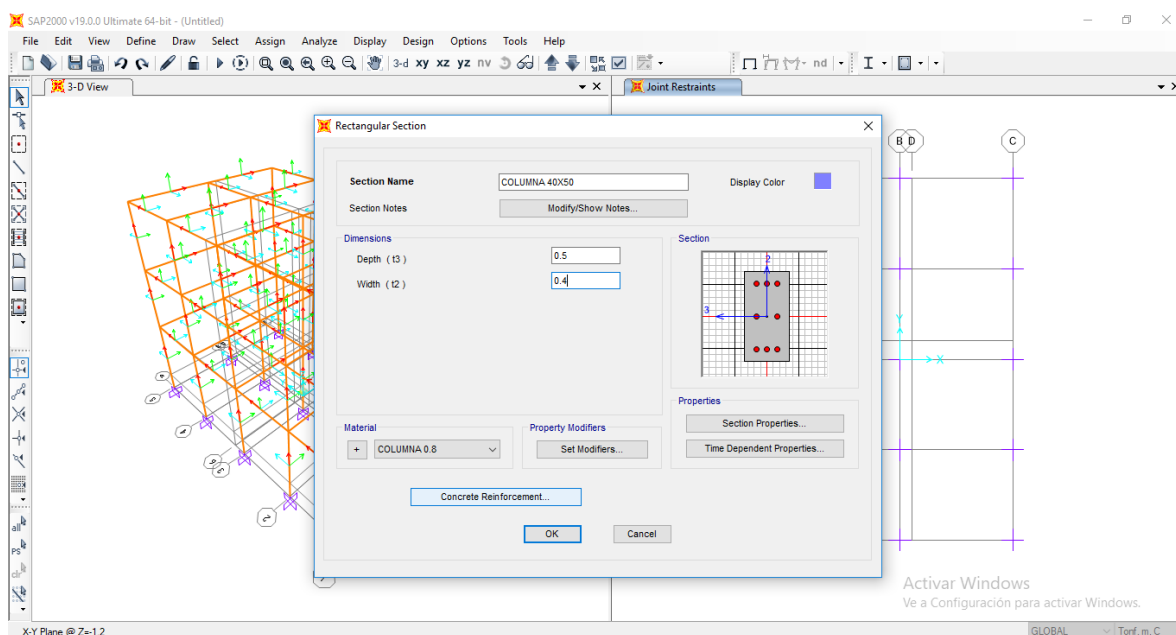


Figura 66.medidas de columna.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

Las medidas de la columna son de 40x50.

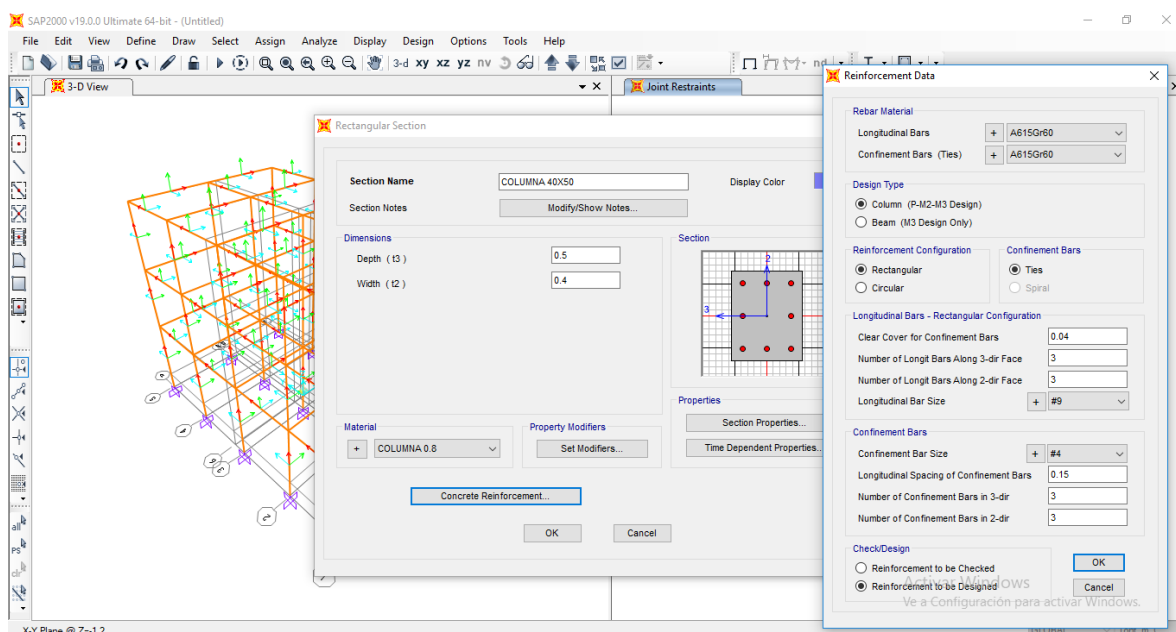


Figura 67.medidas de columna.

Fuente: SAP 2000 VS 2019

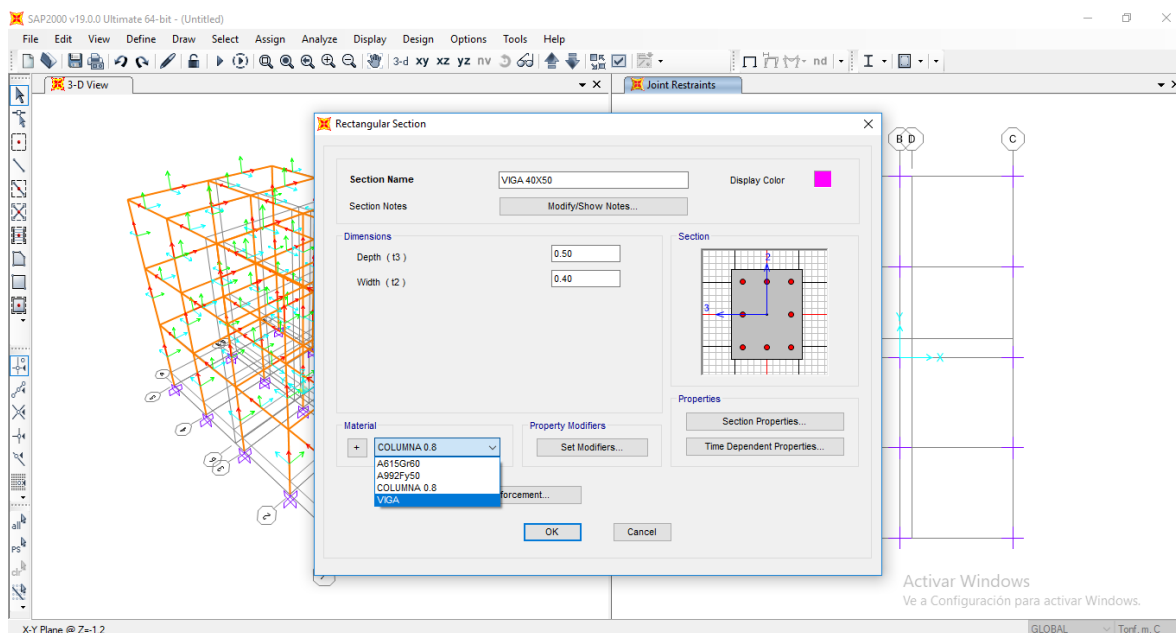


Figura 68. Vigas.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos con asignación de vigas de 50x40.

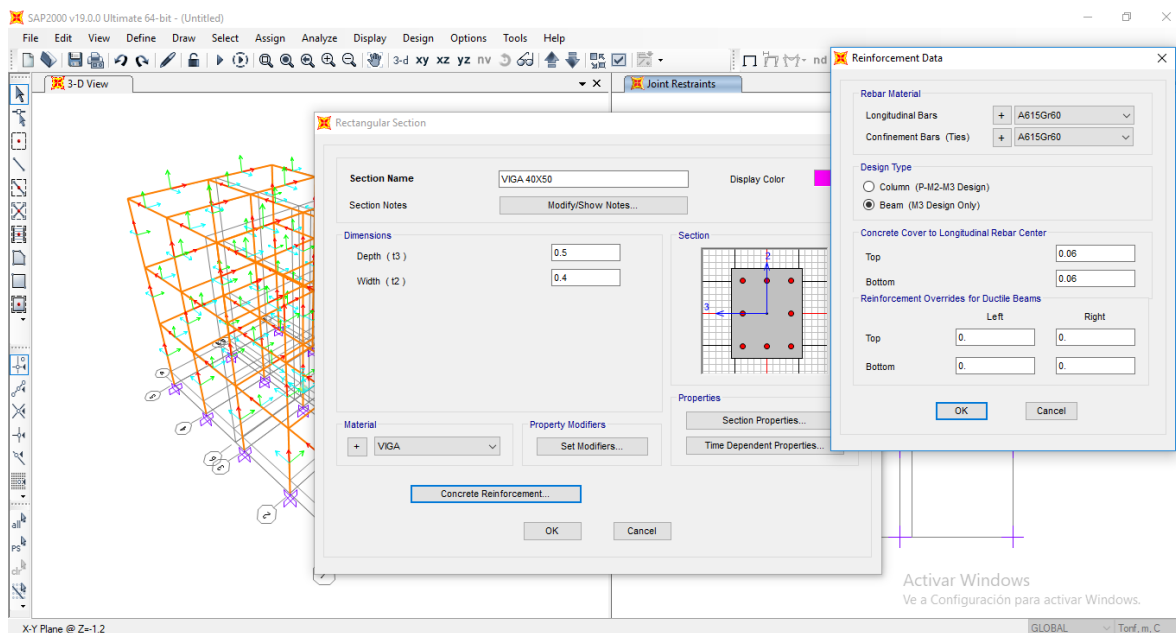


Figura 69. Vigas de 50x40.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Aquí asignamos las vigas de 50x40.

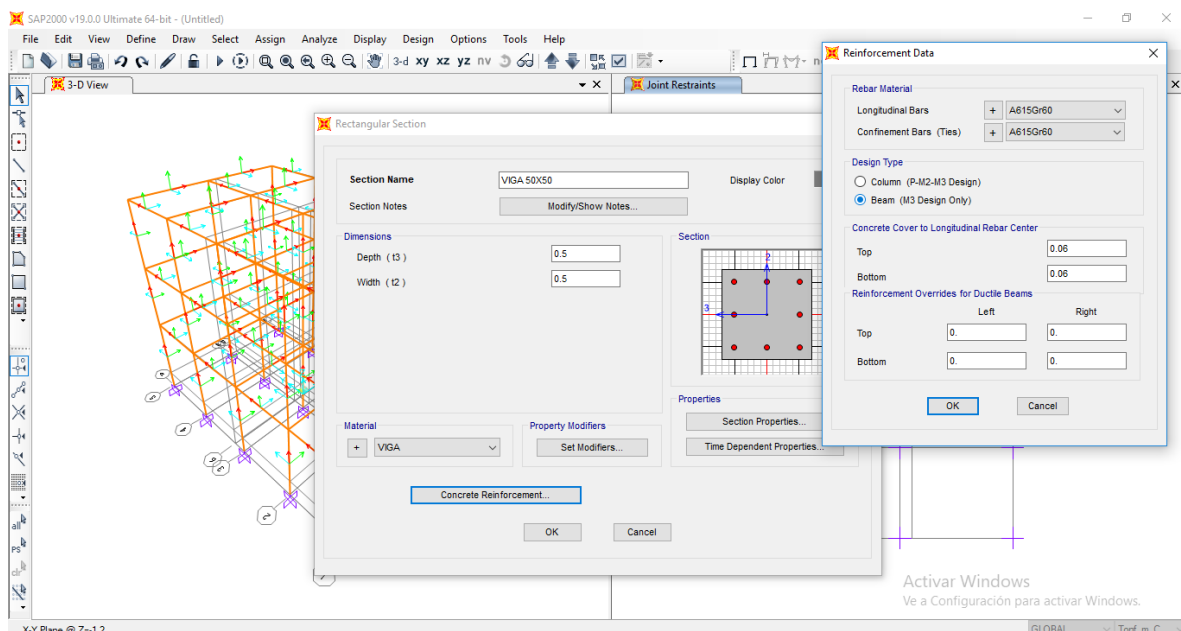


Figura 70. asignamos las vigas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Asignamos viga de 50x50.

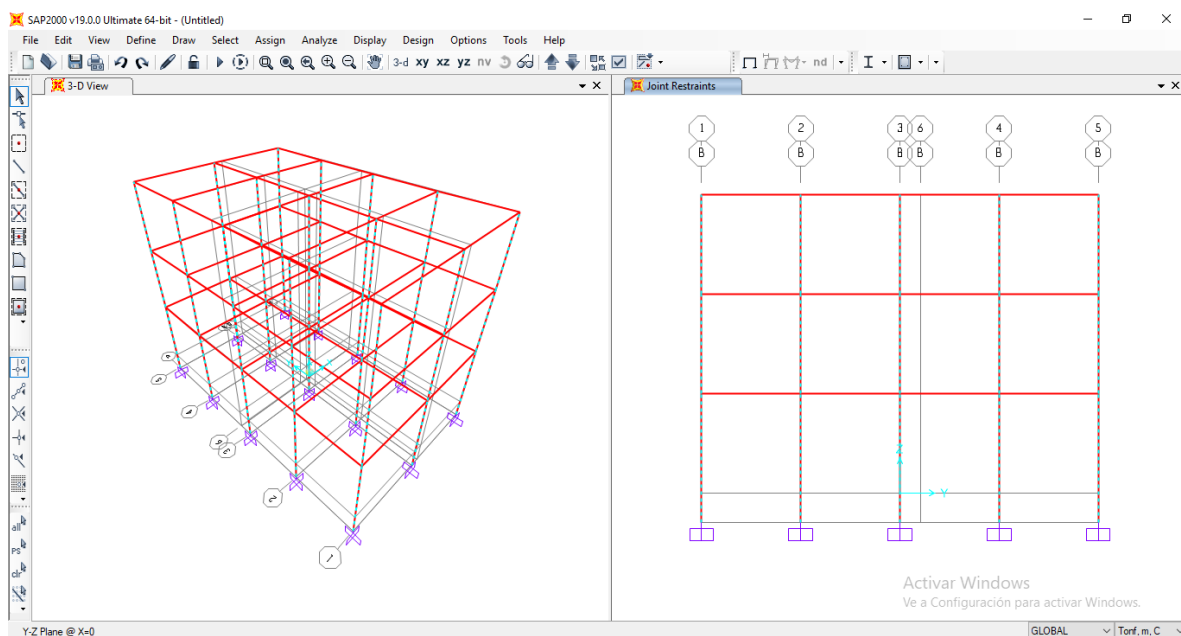


Figura 71. Selección de columnas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos a seleccionar todas las columnas.

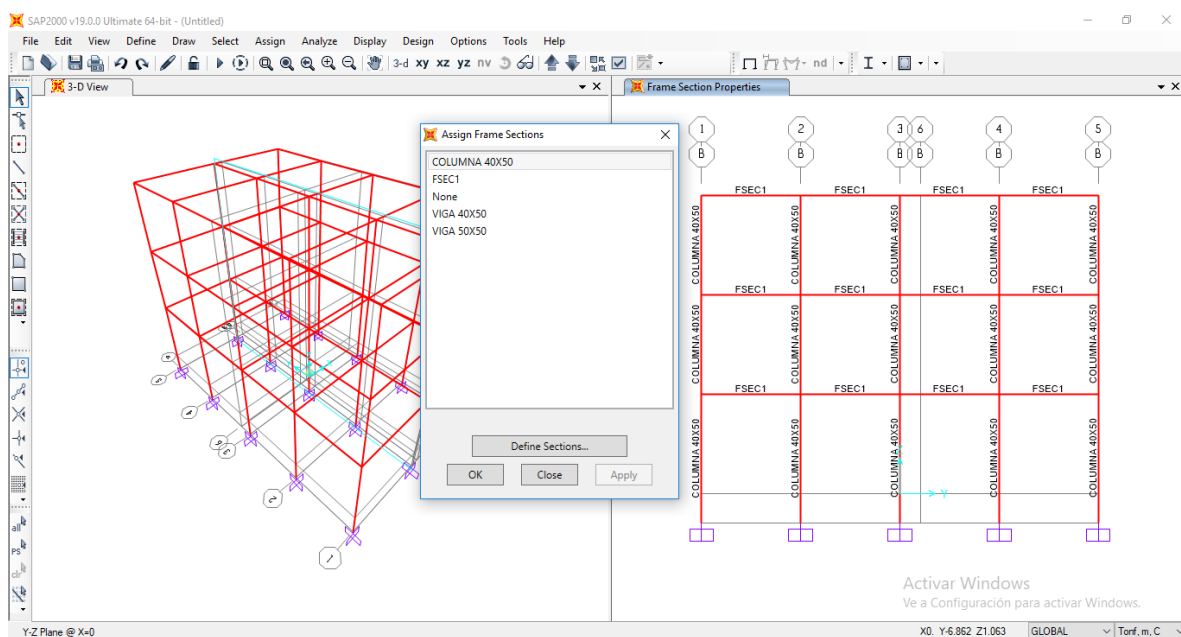


Figura 72.seccionamiento de columnas.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Aplicamos su seccionamiento de acuerdo a lo que creamos 40x50.

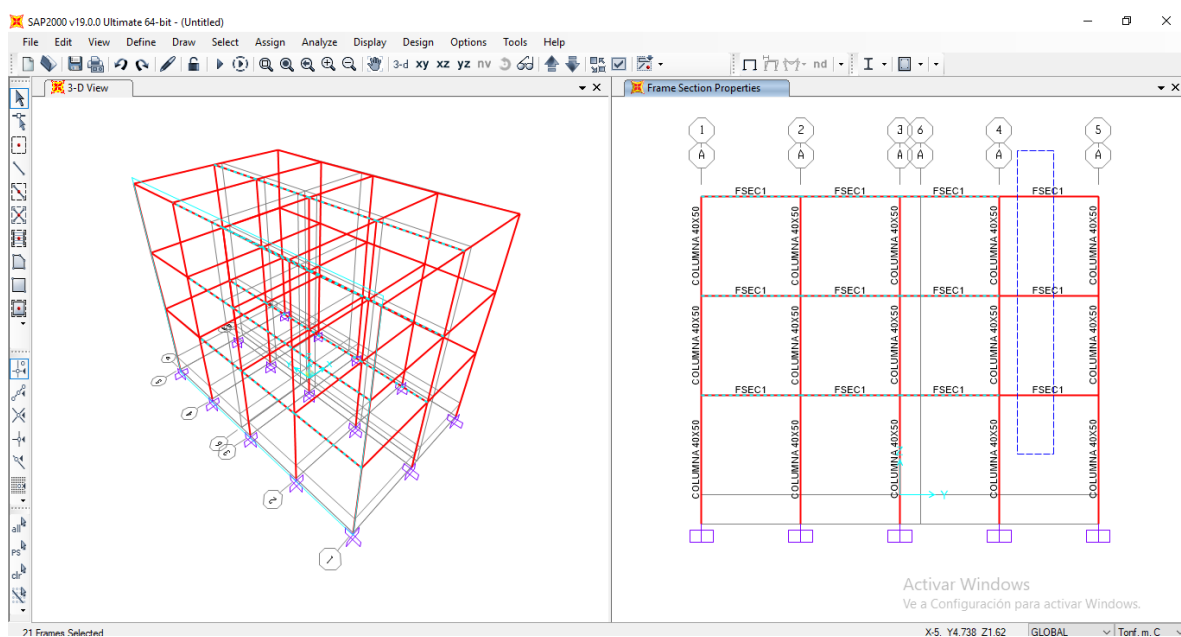


Figura 73.distribución de columnas.

Fuente: SAP 2000 VS 19

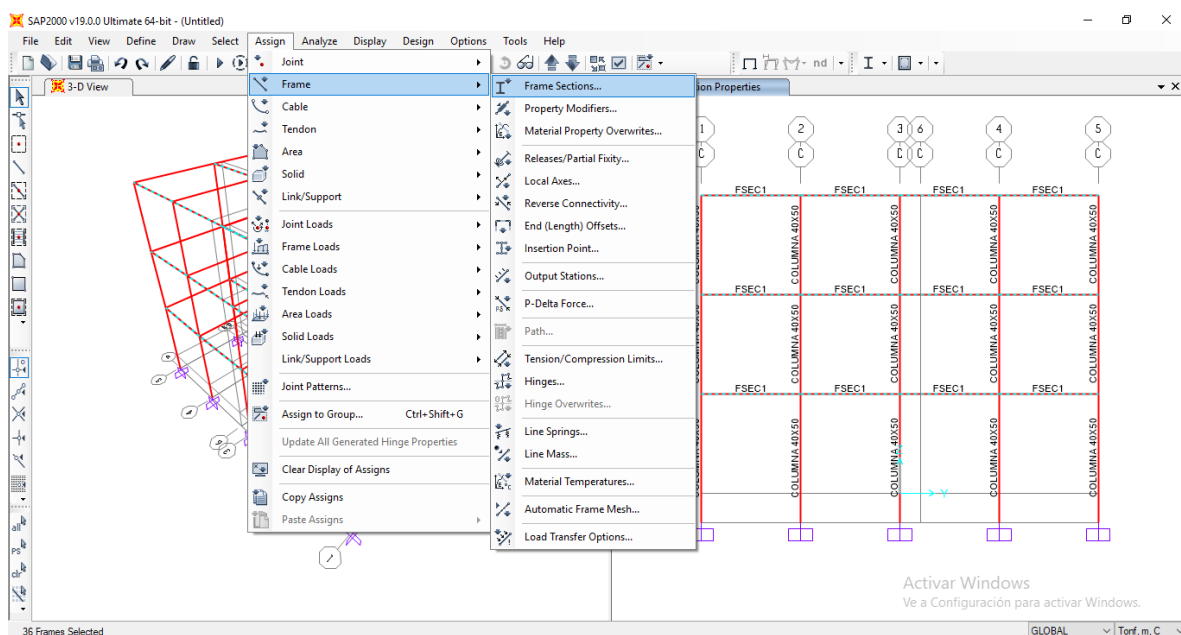


Figura 74. Secciones de vigas.

Fuente: SAP 2000 VS 19.

Ahora procedemos con las vigas aplicaremos sus secciones.

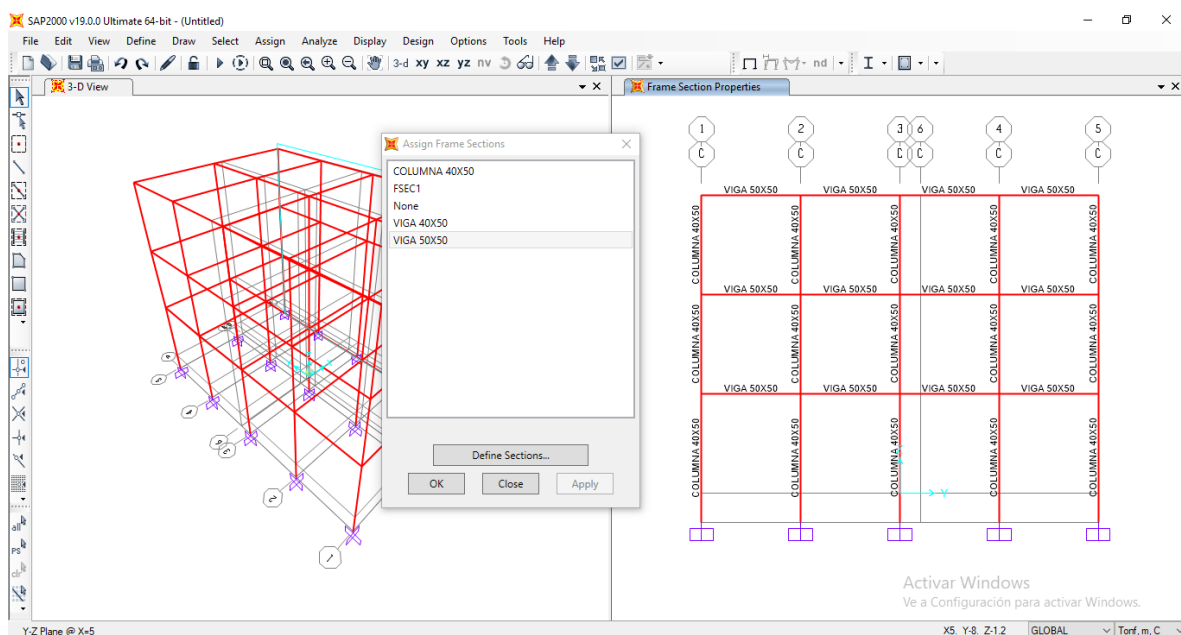


Figura 75. Selección de vigas.

Fuente: SAP 2000 VS 19

selección de viga de 50x50.

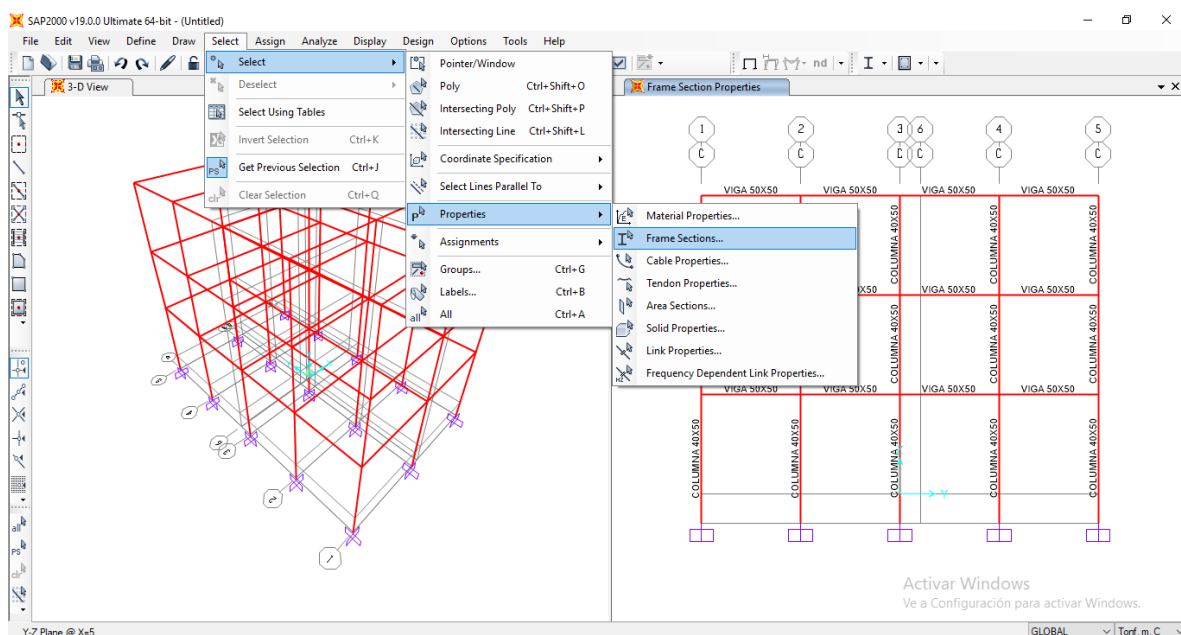


Figura 76. Sección de una viga
Fuente: SAP 2000 VS 19

Seleccionamos la sección para la viga.

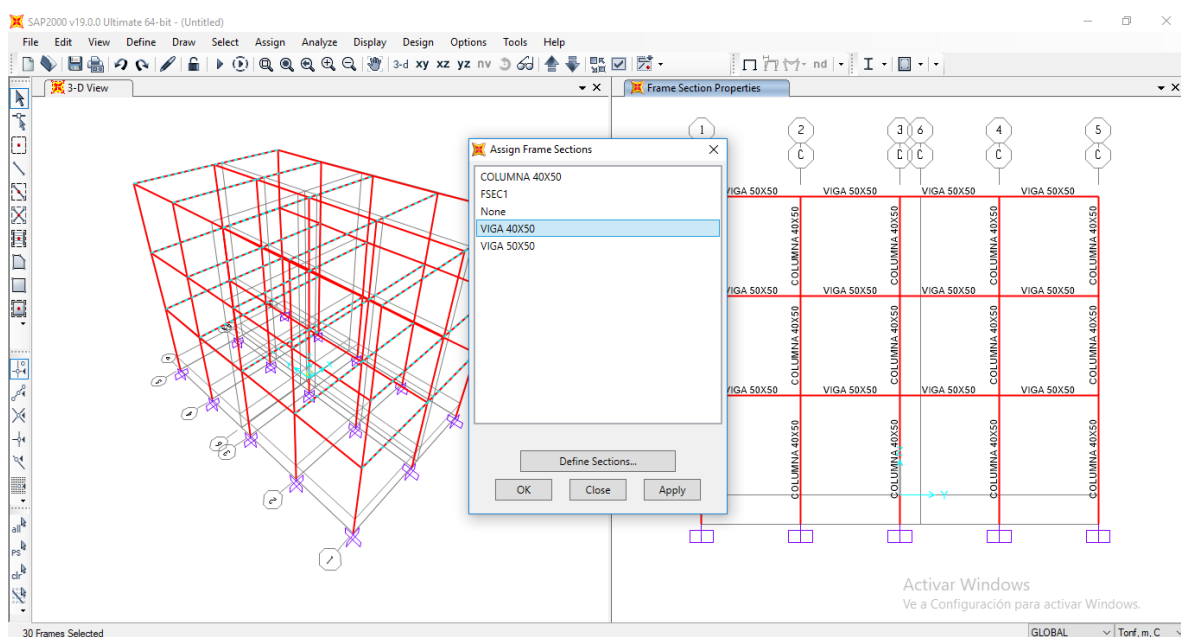


Figura 77. vigas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Viga de 40x50.

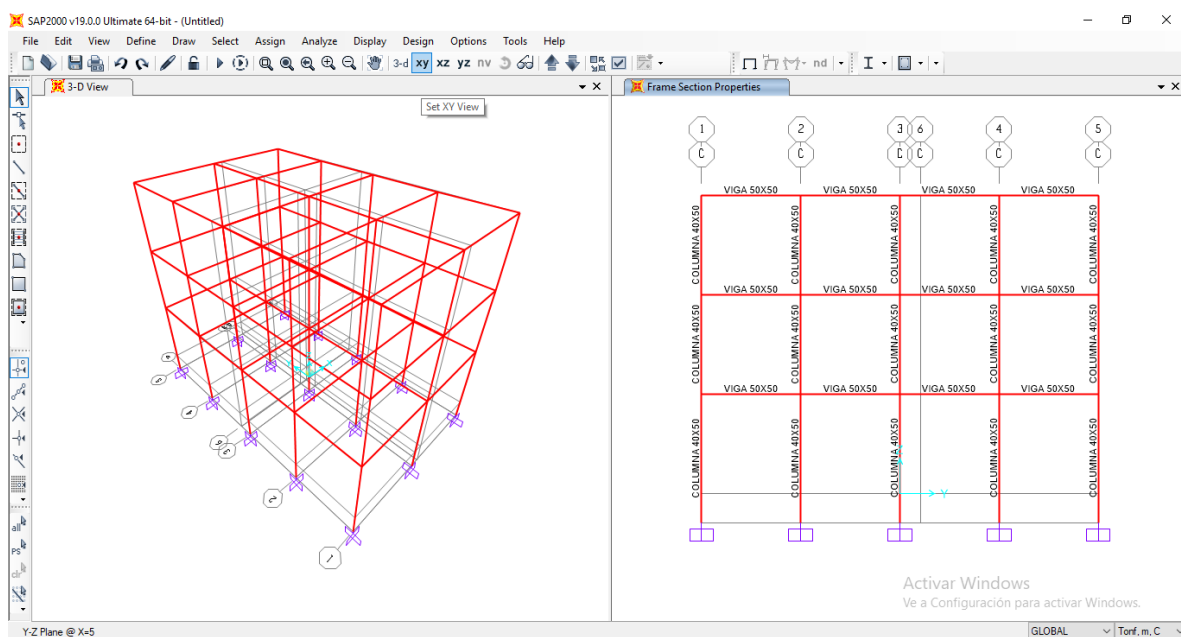


Figura 78.distribución de vigas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

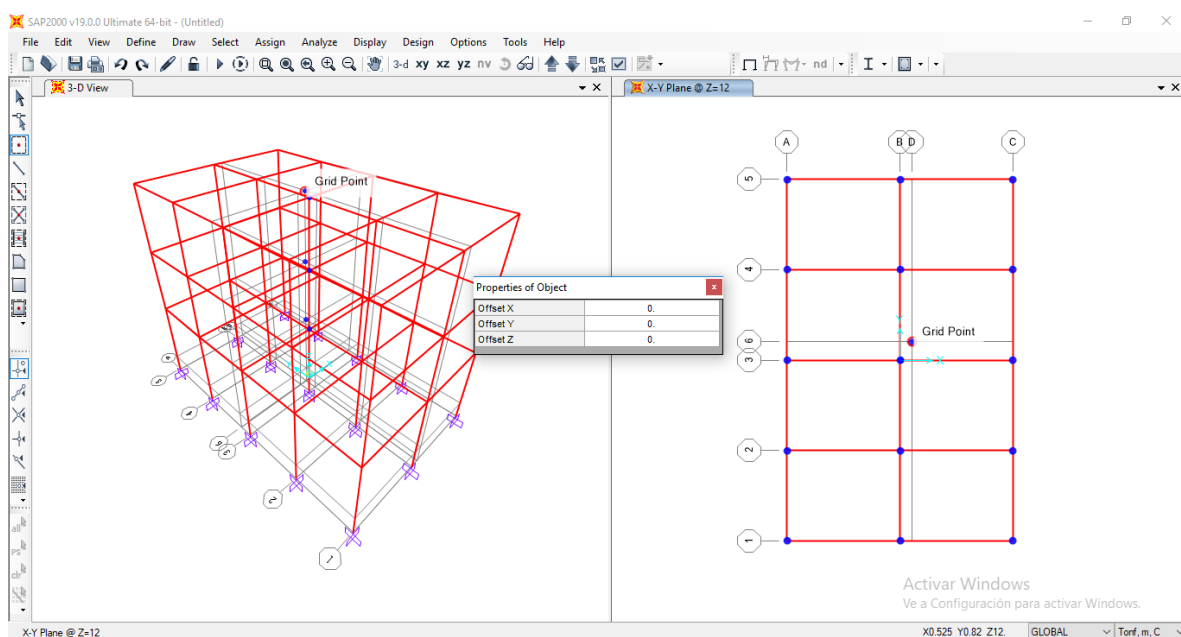


Figura 79.Colocacion de masas.
Fuente: SAP 2000 VS 19.

Colocacion de masas en los diferentes pisos 1,2,3.

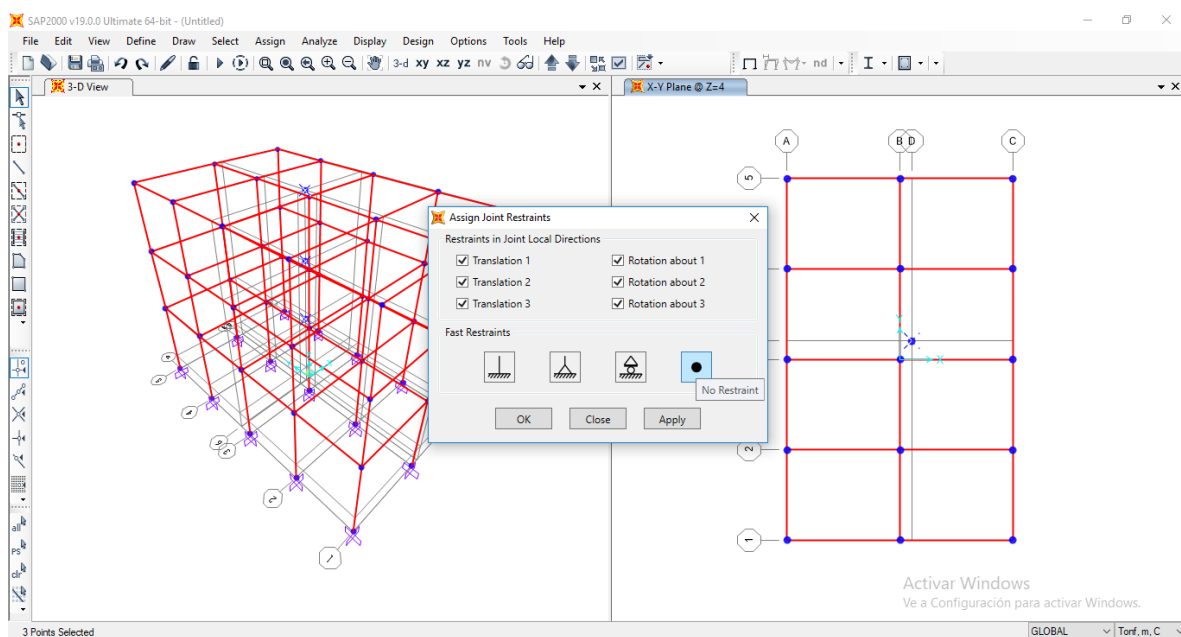


Figura 80. Restricción de masas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Una vez asignado las masas vamos a restringir.

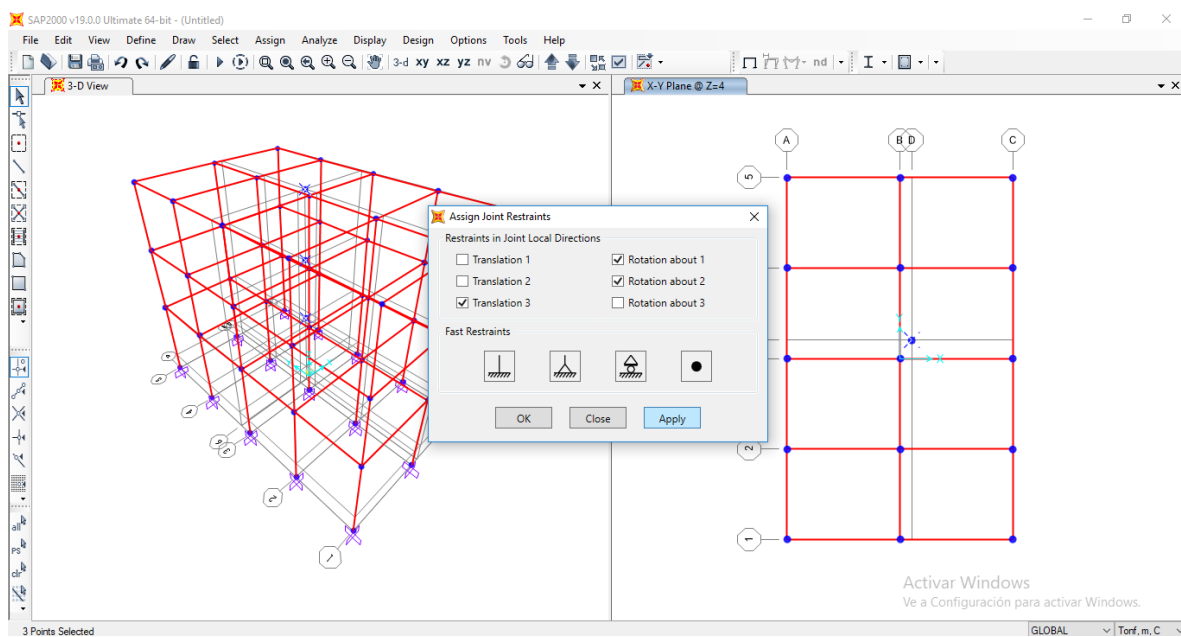


Figura 81. Restricción de traslación y rotación.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Restricciones en la traslación y en rotación aplicamos.

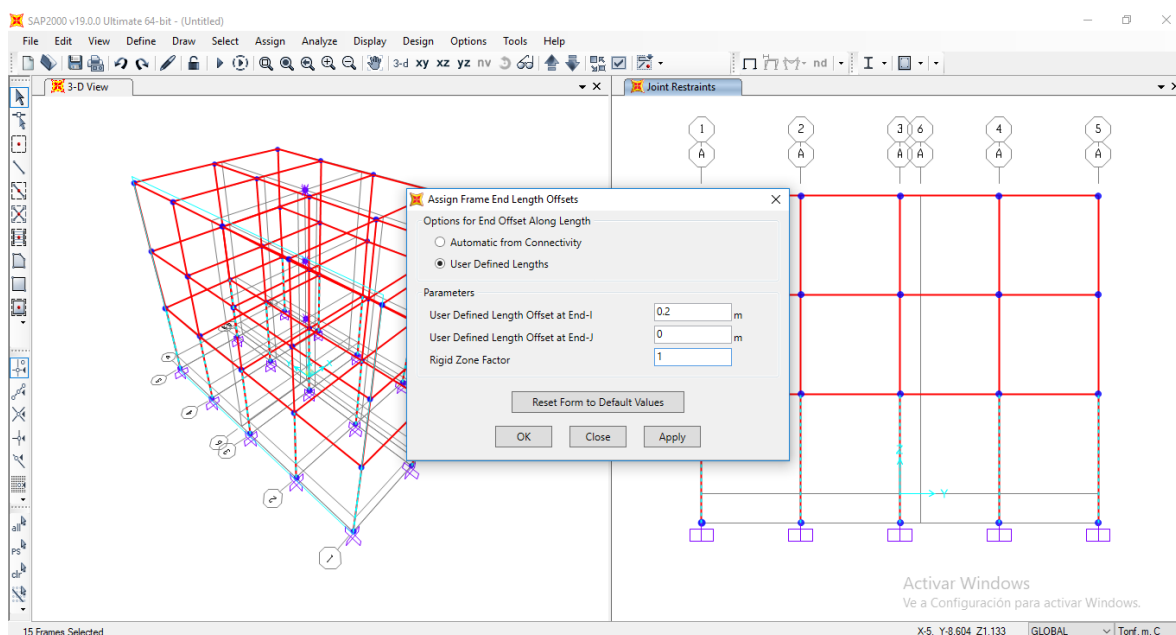


Figura 82. Brazos rígidos.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Ahora vamos a generar los brazos rígidos de 0.2 todas las columnas del primer nivel y aplicamos.

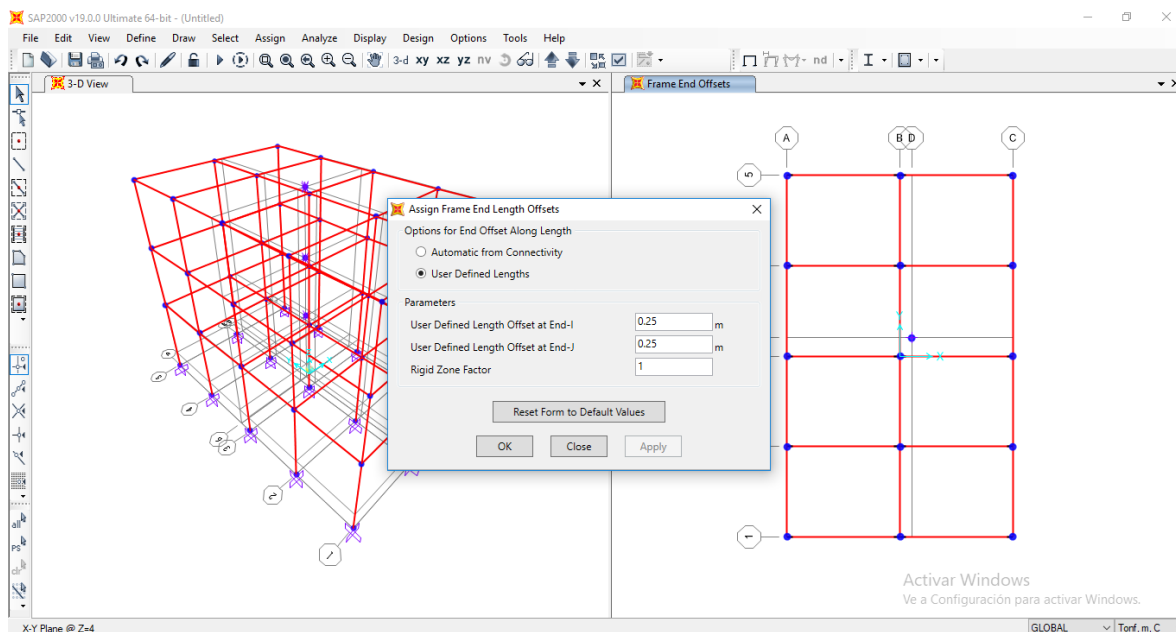


Figura 83. Selección de vigas transversales y brazo rígido.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Luego seleccionamos las vigas trasversales y vamos asignar brasos rigidos de 0.25.

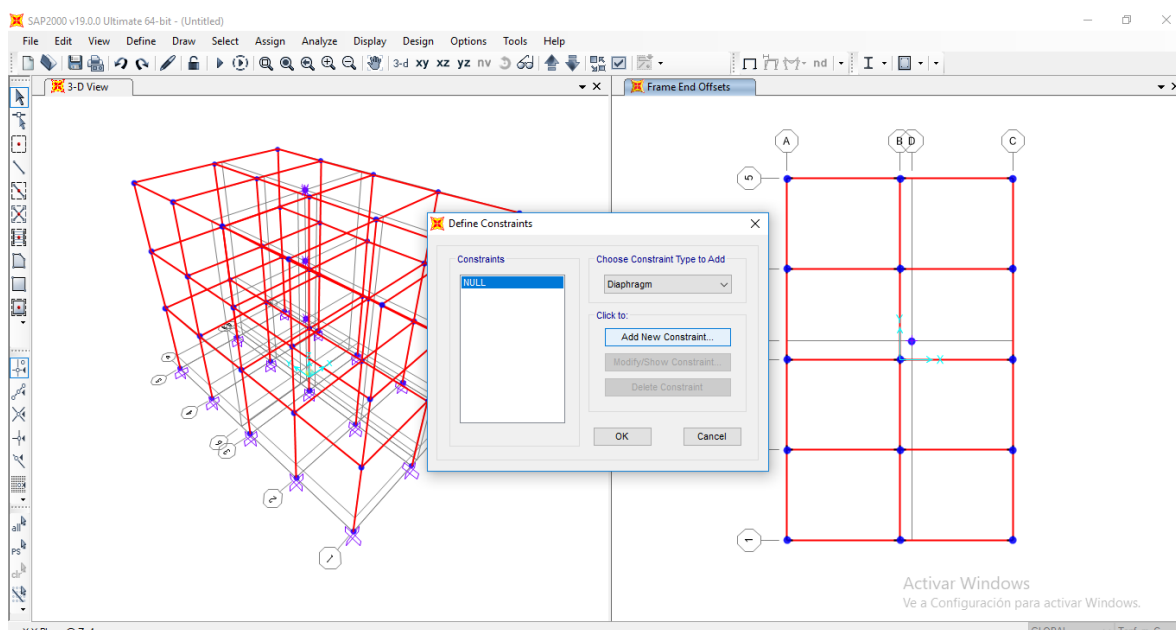


Figura 84. Asignar los diafragmas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Vamos asignar los diafragmas para cada piso y losa.

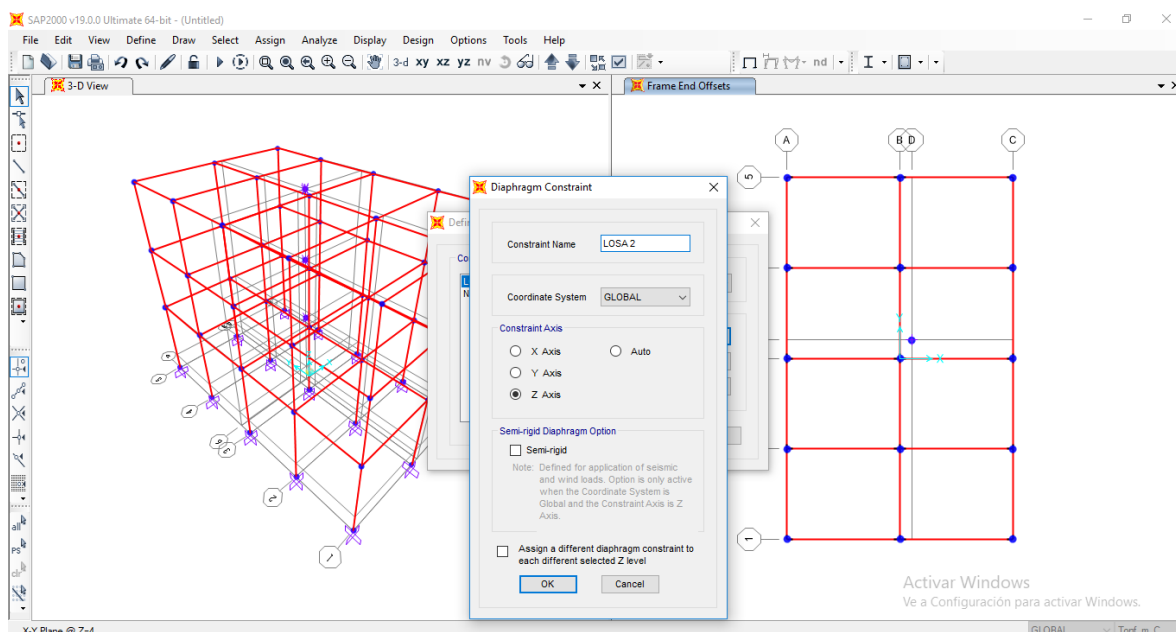


Figura 85. Diafragma de la losa 2.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Losa 02 diafragma

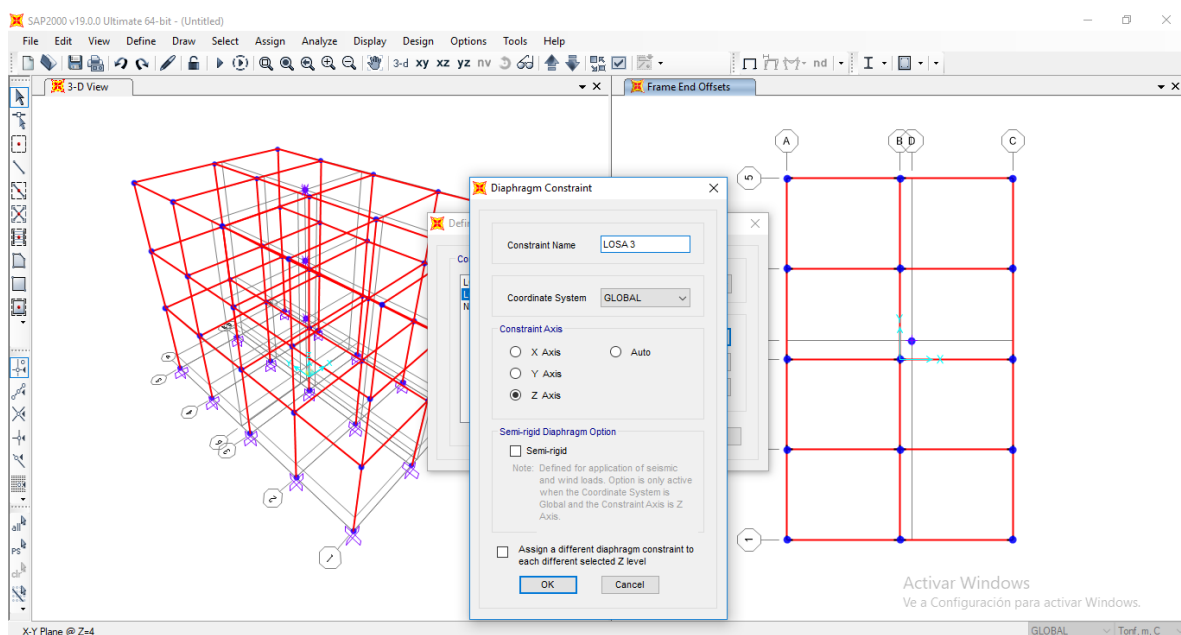


Figura 86. Diafragma de la losa 3.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Losa 03 diafragma

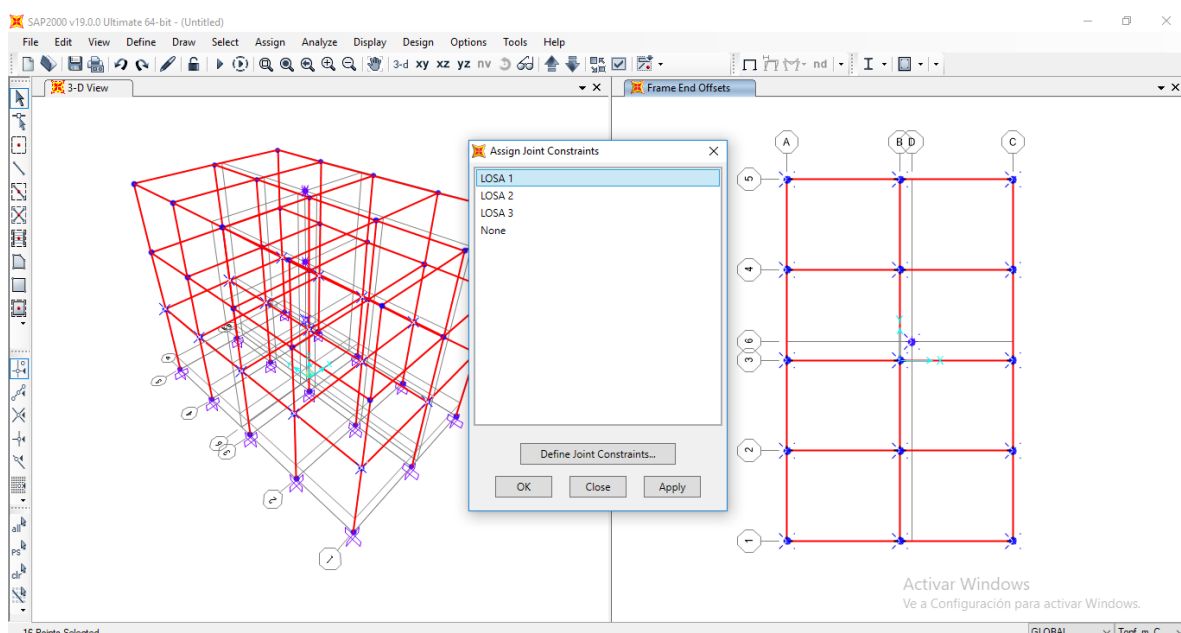


Figura 87. Diafragma de la losa 1.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Losa 01 diafragma

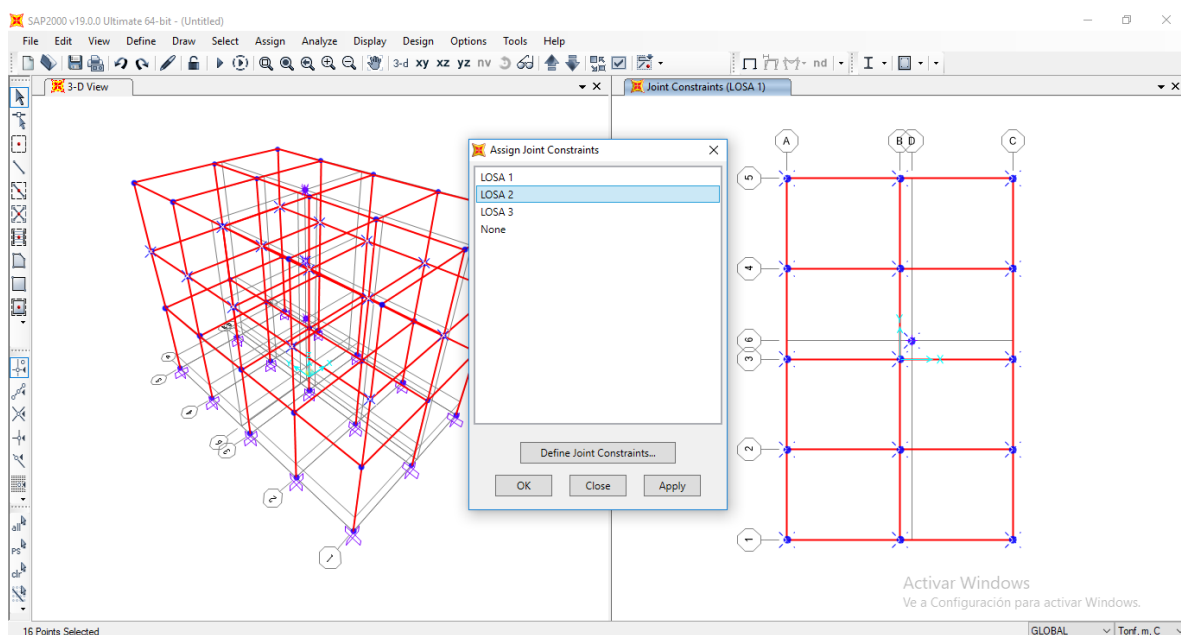


Figura 88.loza 2.
Fuente: SAP 2000 VS 19

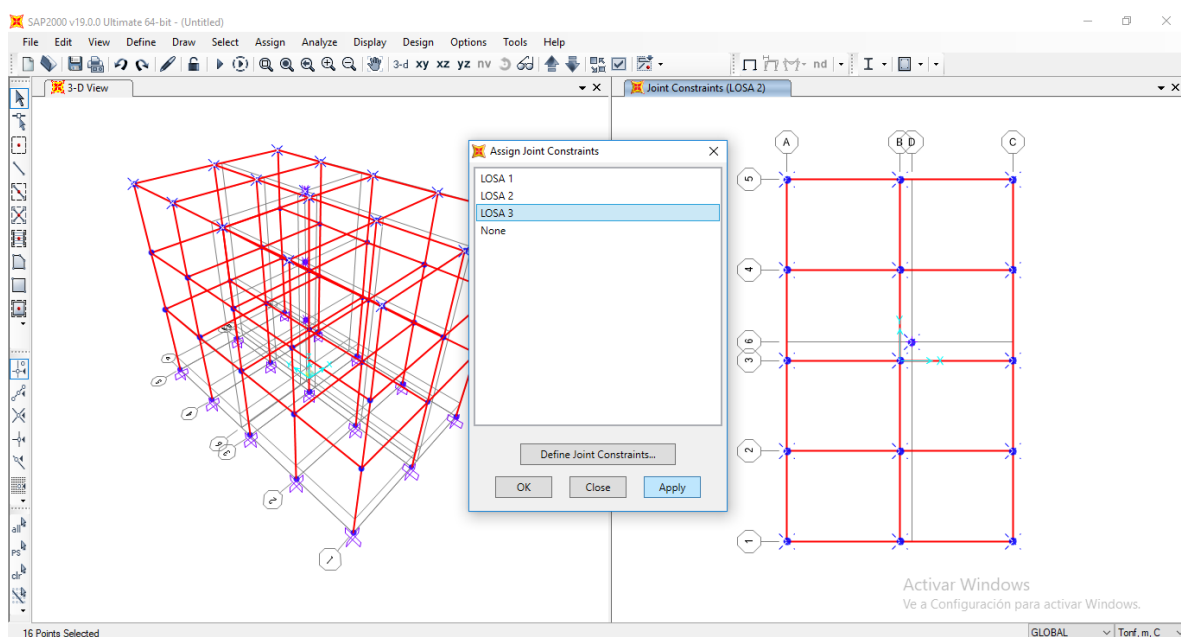


Figura 89.Losa 3.
Fuente: SAP 2000 VS 19

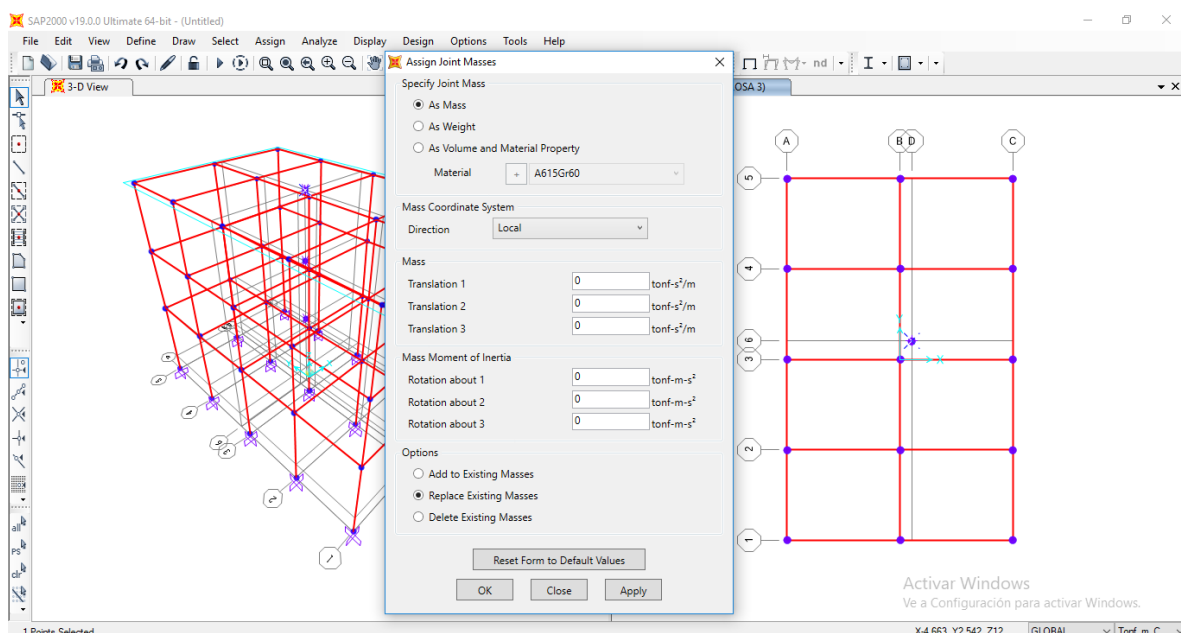


Figura 90. Asignación de masas
Fuente: SAP 2000 VS 19

Ahora vamos asignar las masas para cada piso.

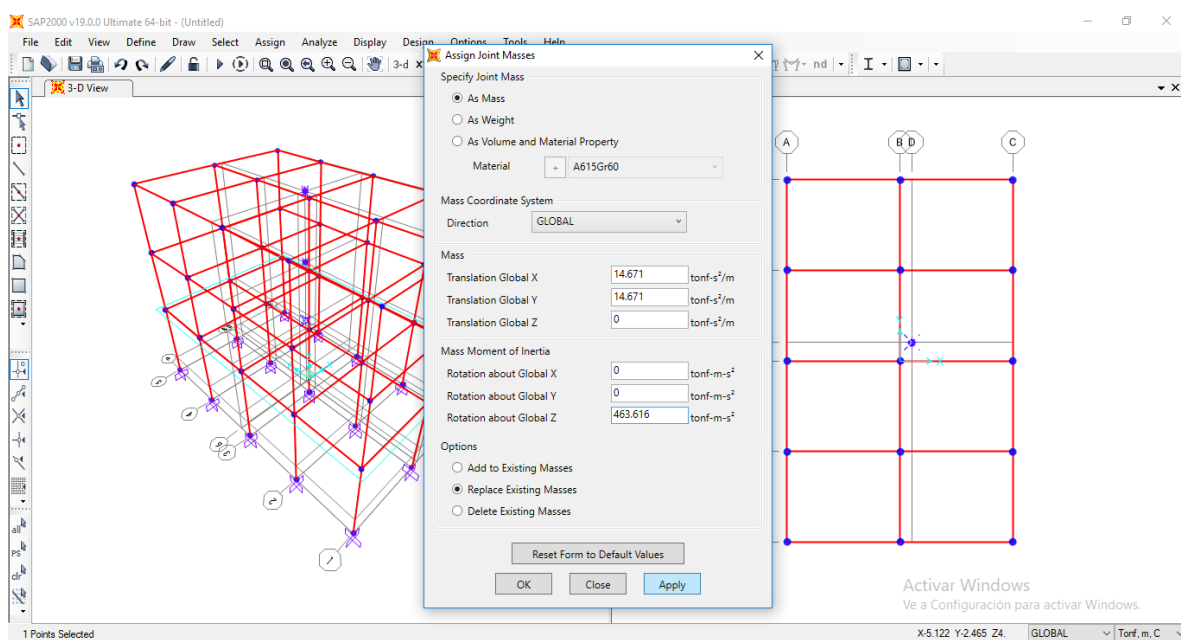


Figura 91. Masas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Asignación de masas

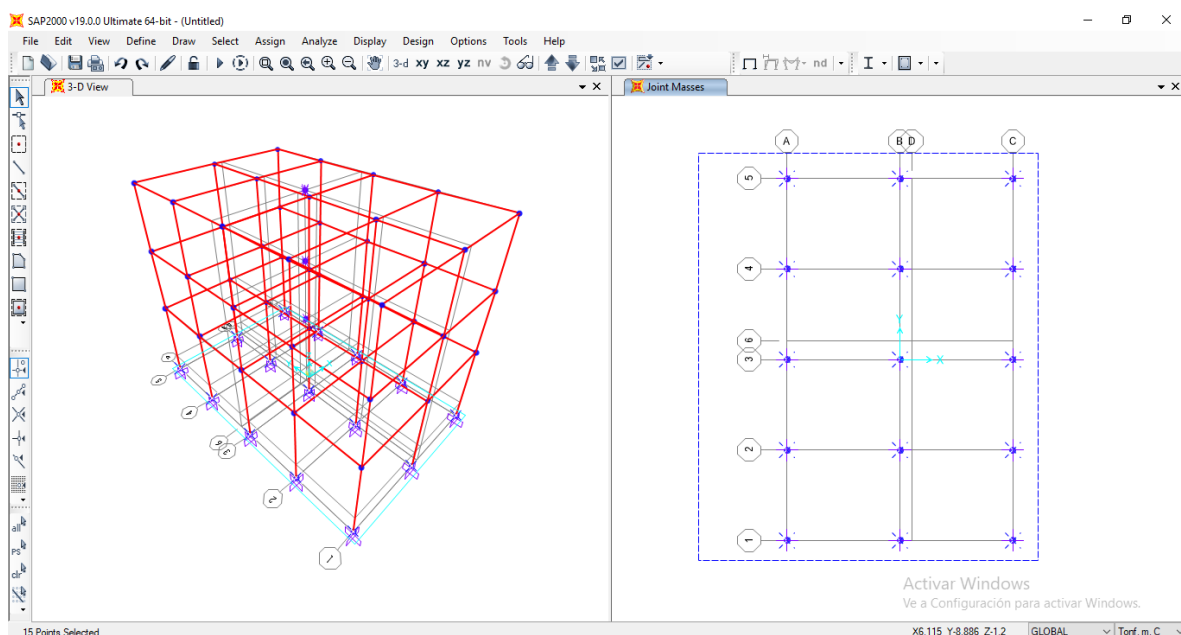


Figura 92. Liberación de empotramientos.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Antes de generar el espectro vamos a liberar todos los empotramientos vamos colocara ninguna restricción y vamos a generar las zapatas que nos están pidiendo.

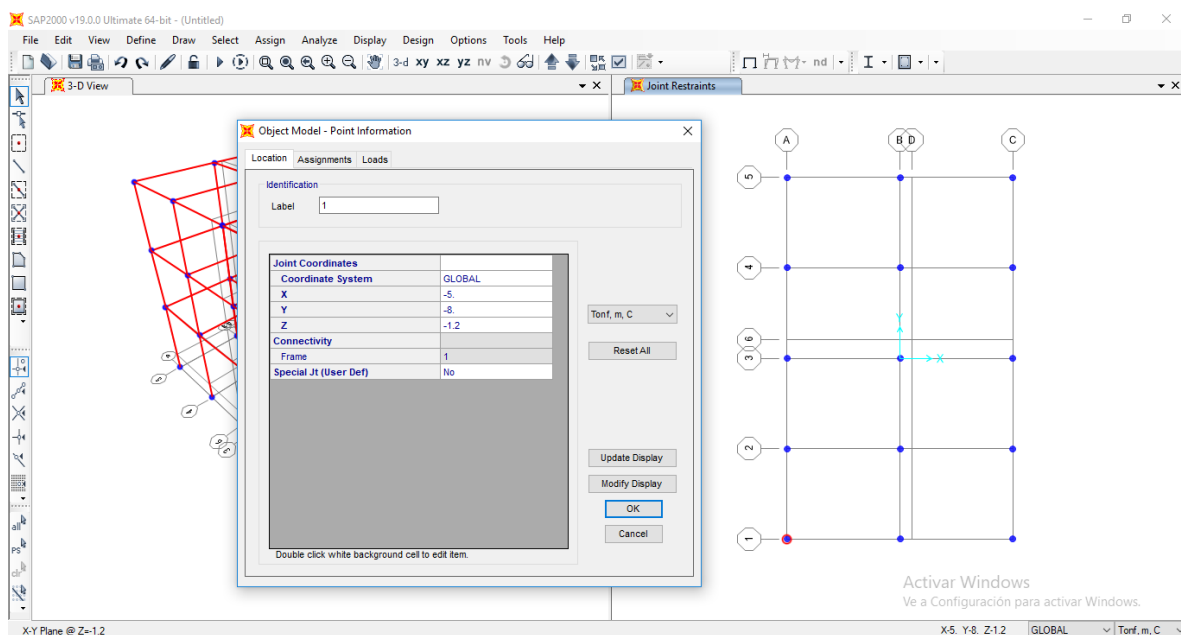


Figura 93. Verificación de zapatas.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Aquí verificamos las zapatas que nos piden 1.30 x 1.20 significa que esta 1.30 en x.

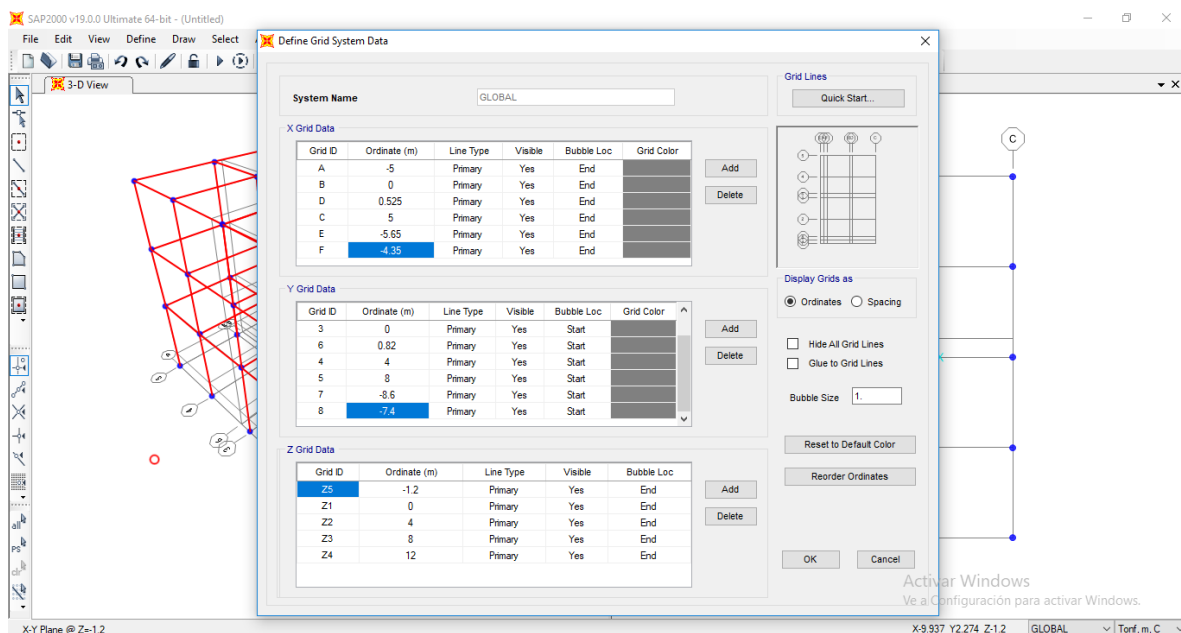


Figura 94.Modificamos x,y,z.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Entonces modificamos en x,y,z los extremos.

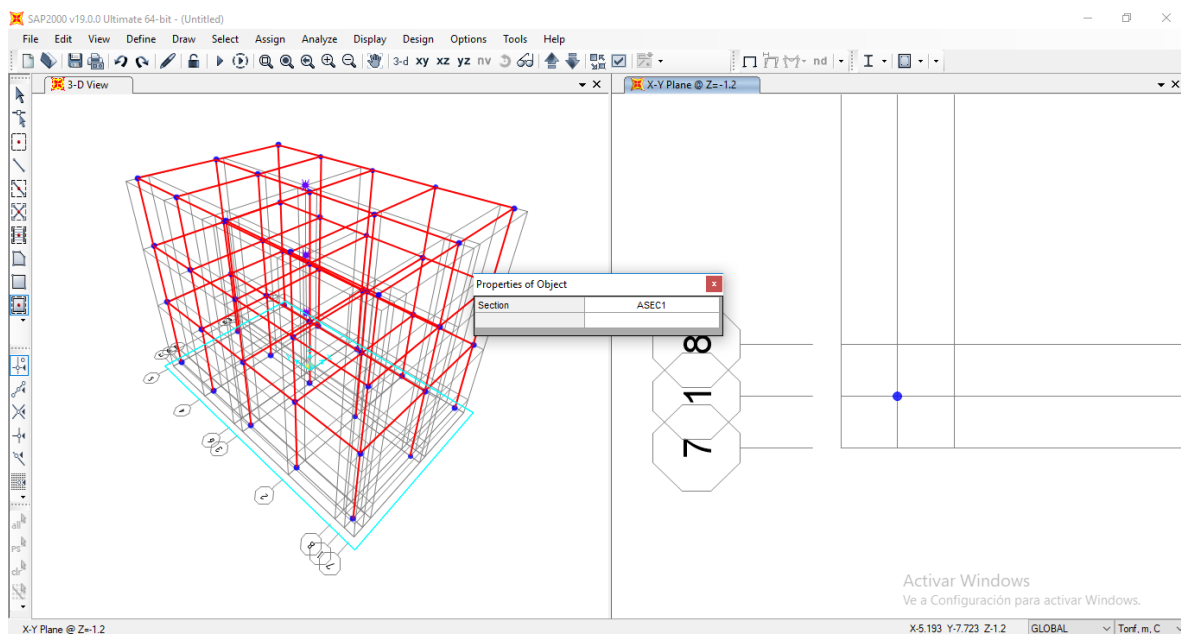


Figura 95.Determinar las características.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Vamos a generar la zapata con area debemos determinar tambien las caracteristicas.

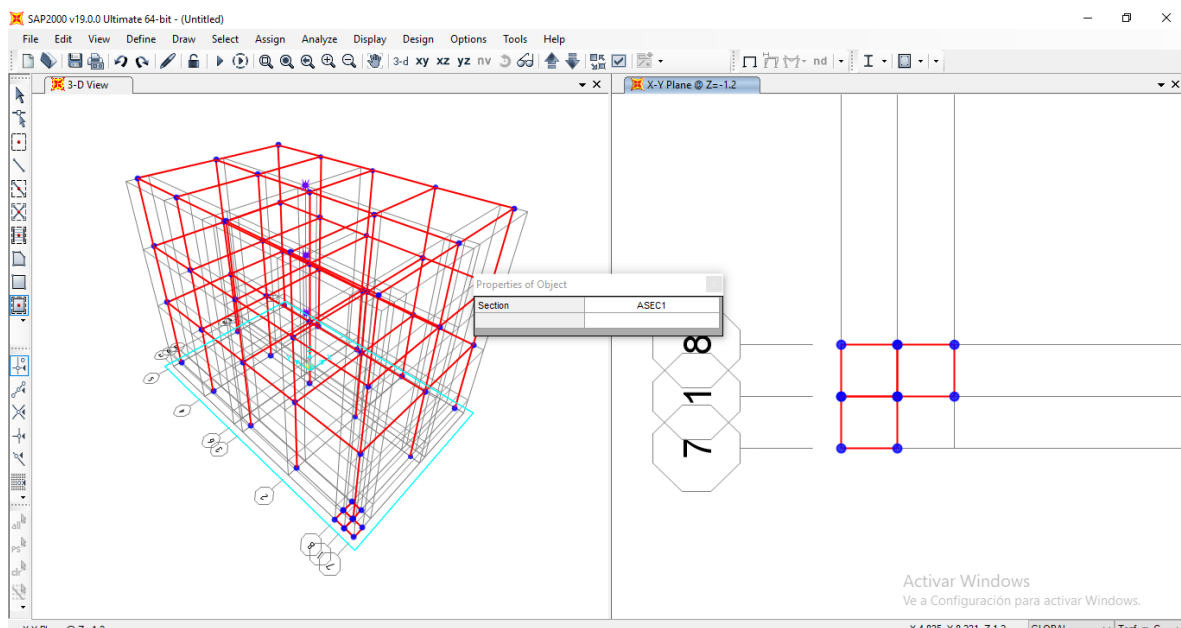


Figura 96. Selección de zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Selección de zapata.

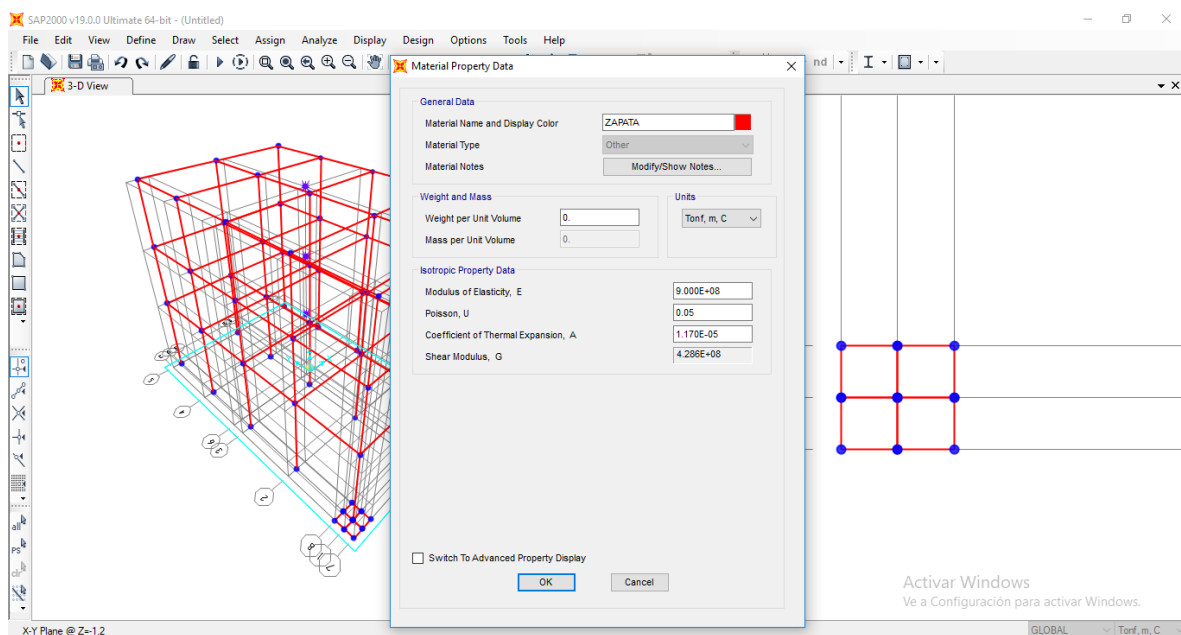


Figura 97. Material de zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Selección de material de zapata.

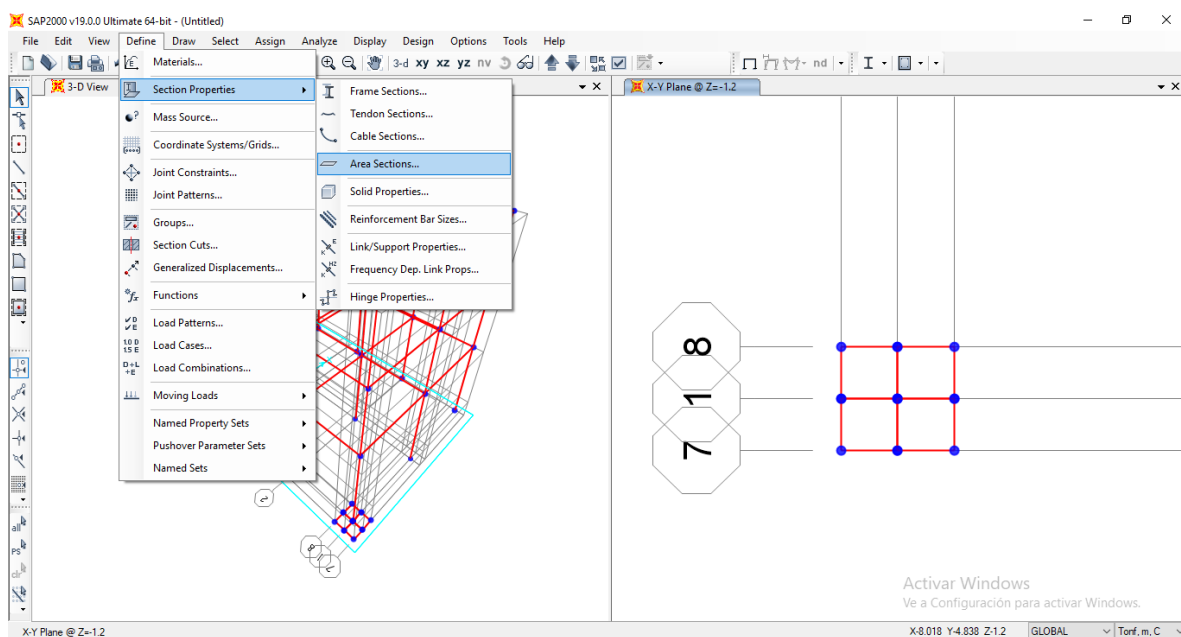


Figura 98. Selección de zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Tenemos seleccionada la zapata.

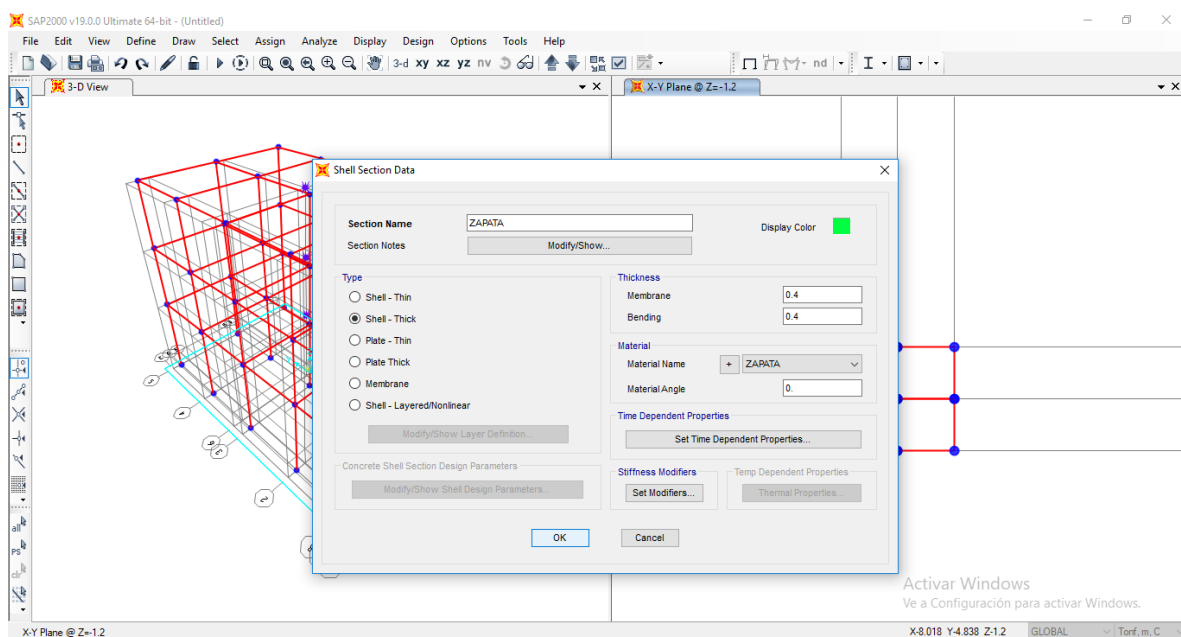


Figura 99. Material y dimensiones de zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Una vez creada el material y dimecciones de zapata aplicamos.

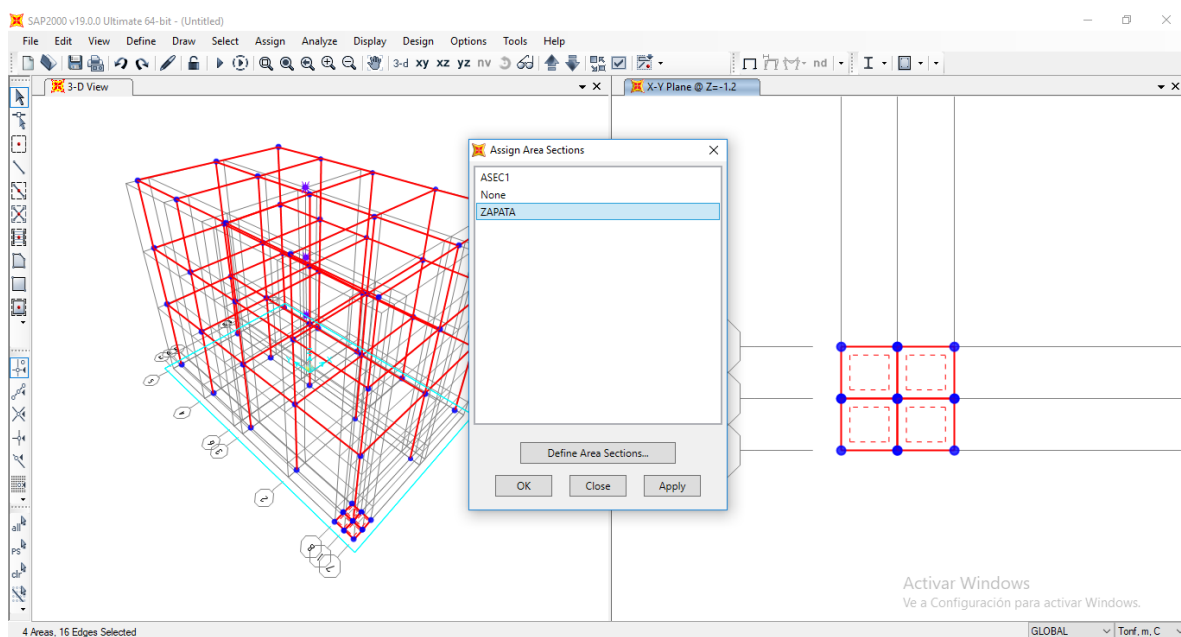


Figura 100. Insertamos la zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Apliacamos a insertar la zapata en el dibujo.

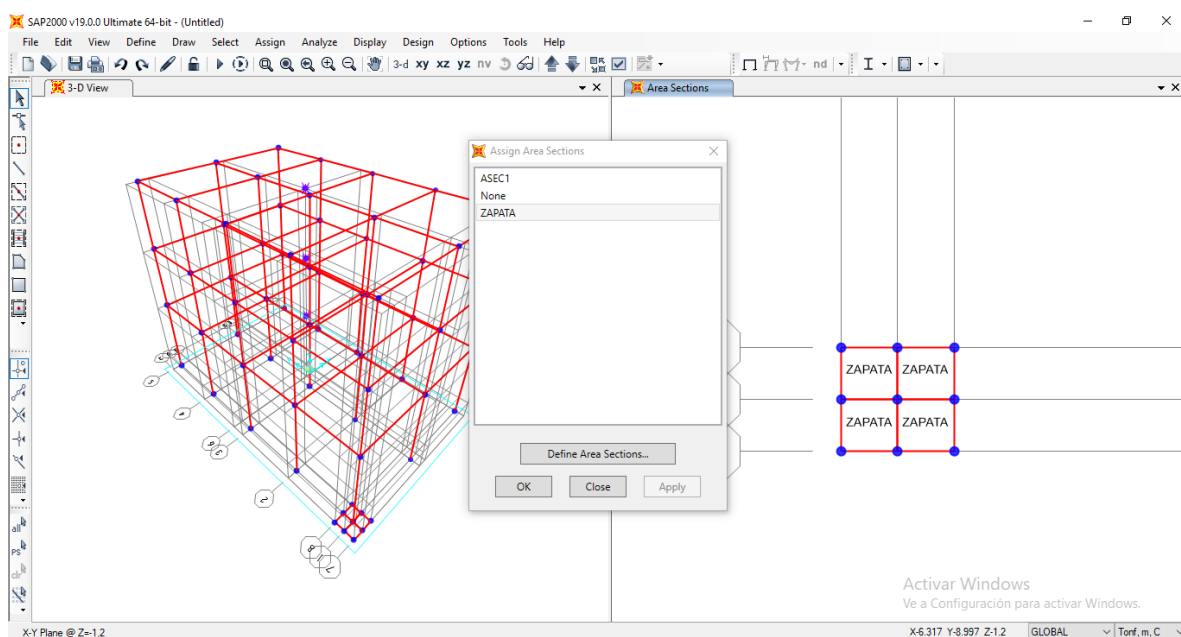


Figura 101. Zapata.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Zapata creada.

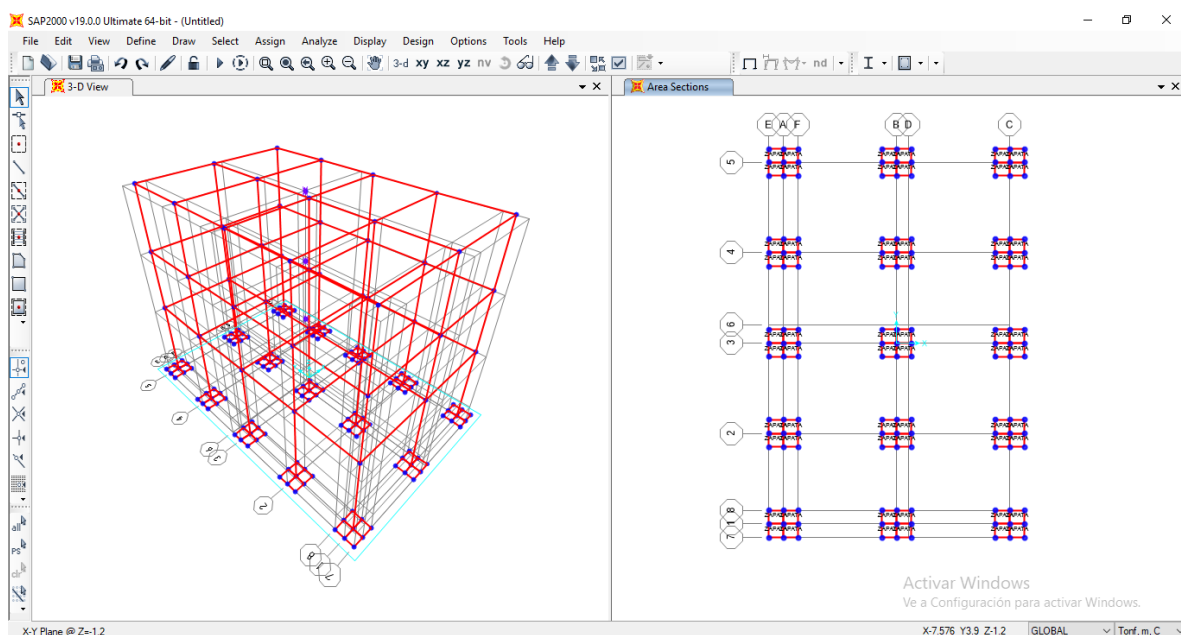


Figura 102. Direcciones x,y.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos a replicar en las direcciones (X)(Y).

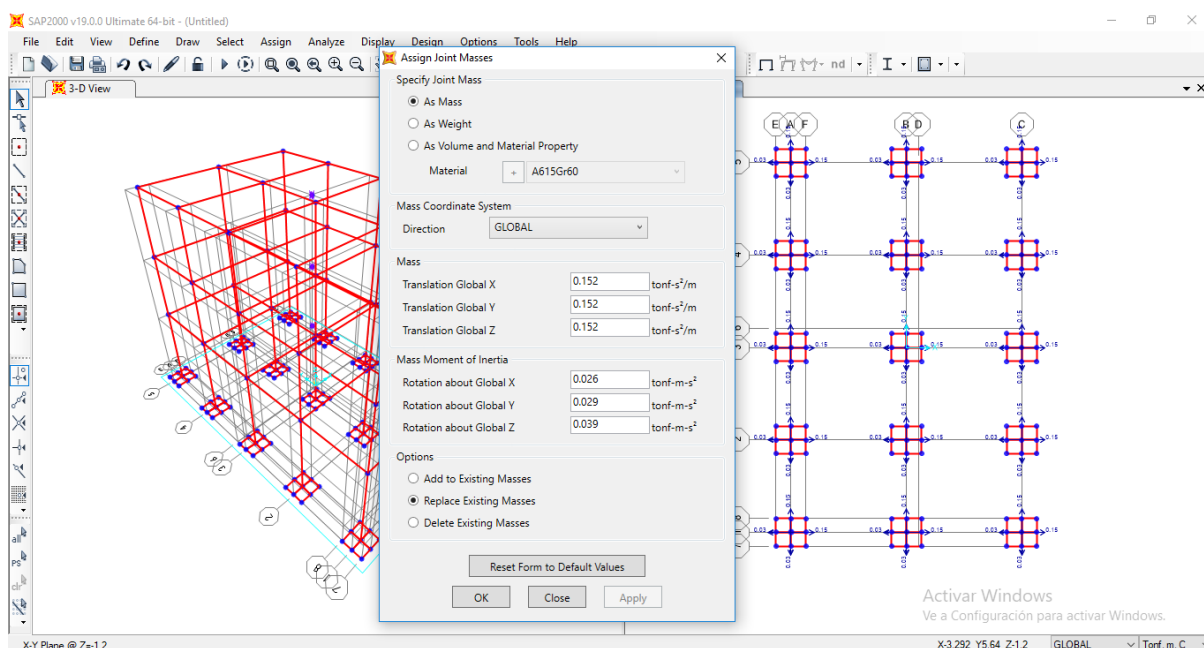


Figura 103. Seleccionamos los centroides de las zapatas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Como es el modelo de Barkan seleccionamos los centroides de cada zapata y asignamos las masas de cada zapata. Las masas fueron previamente calculadas.

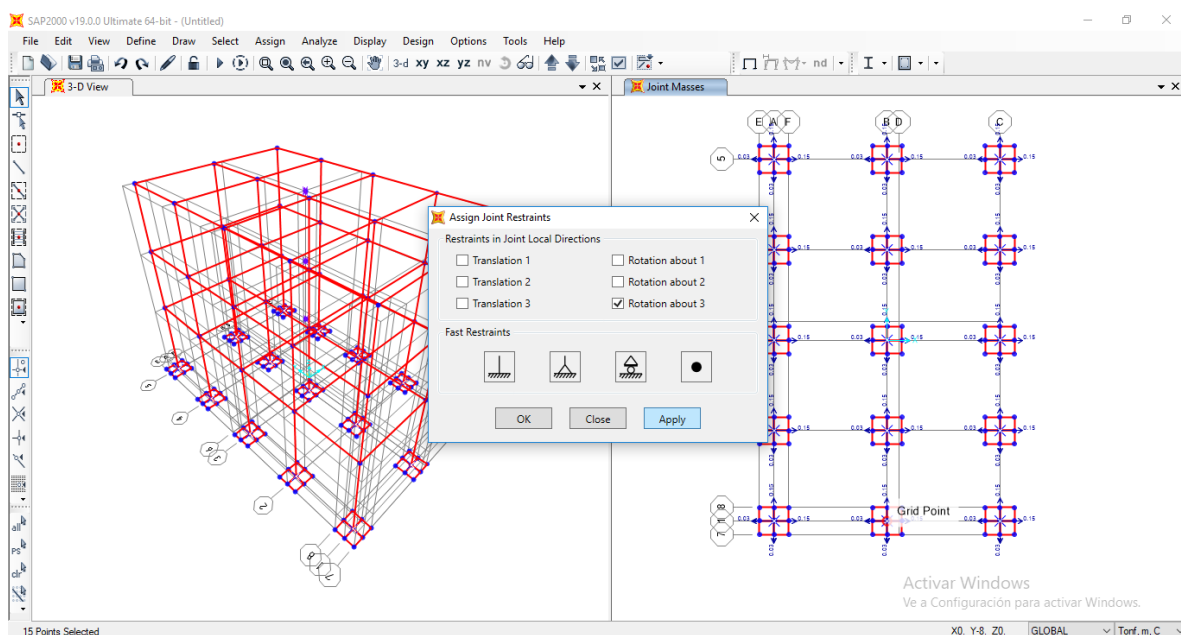


Figura 104. Restricciones alrededor del eje 3.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Luego volvemos a marcar esos centroides y vamos a aplicar sus restricciones alrededor del eje 3.

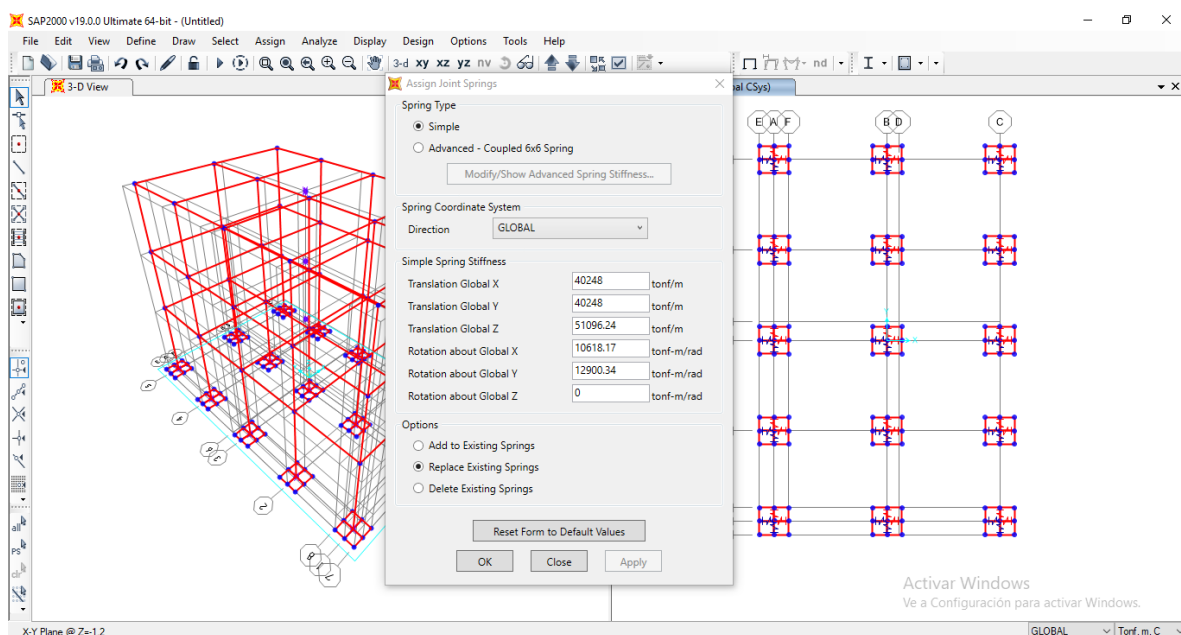


Figura 105. Coeficientes de rigidez.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Volvemos a seleccionar los centroides y aquí vamos a concentrar los coeficientes de rigidez previamente calculados.

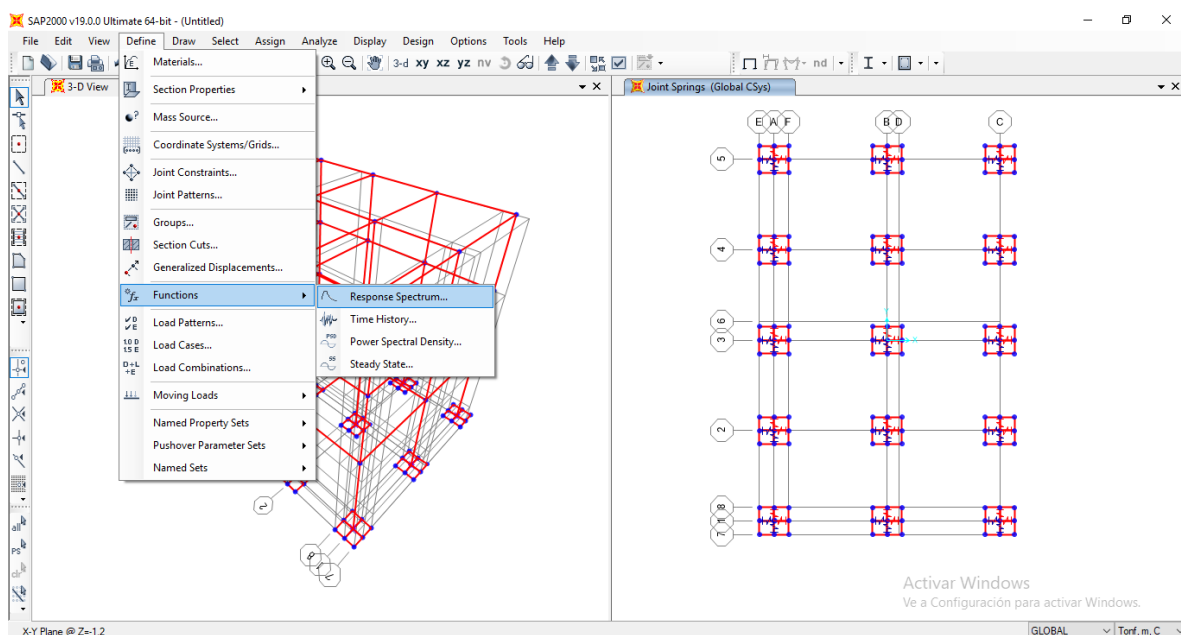


Figura 106.Espectro.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Vamos a generar el espectro.

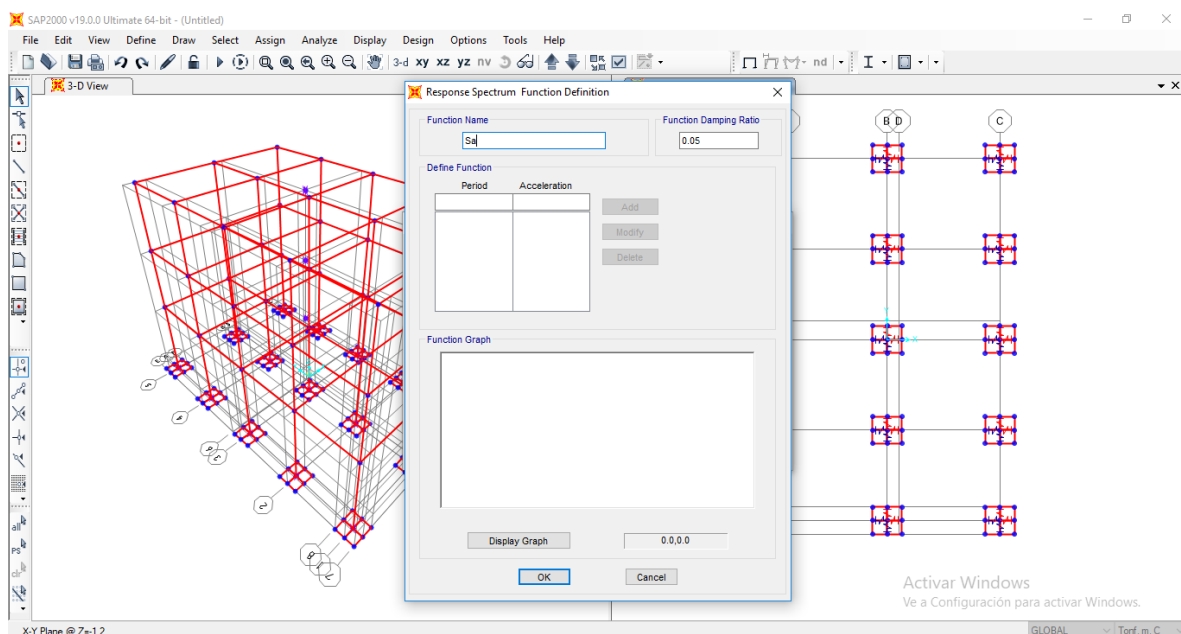


Figura 107.Aceleración.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Este espectro sera el de aceleracion.

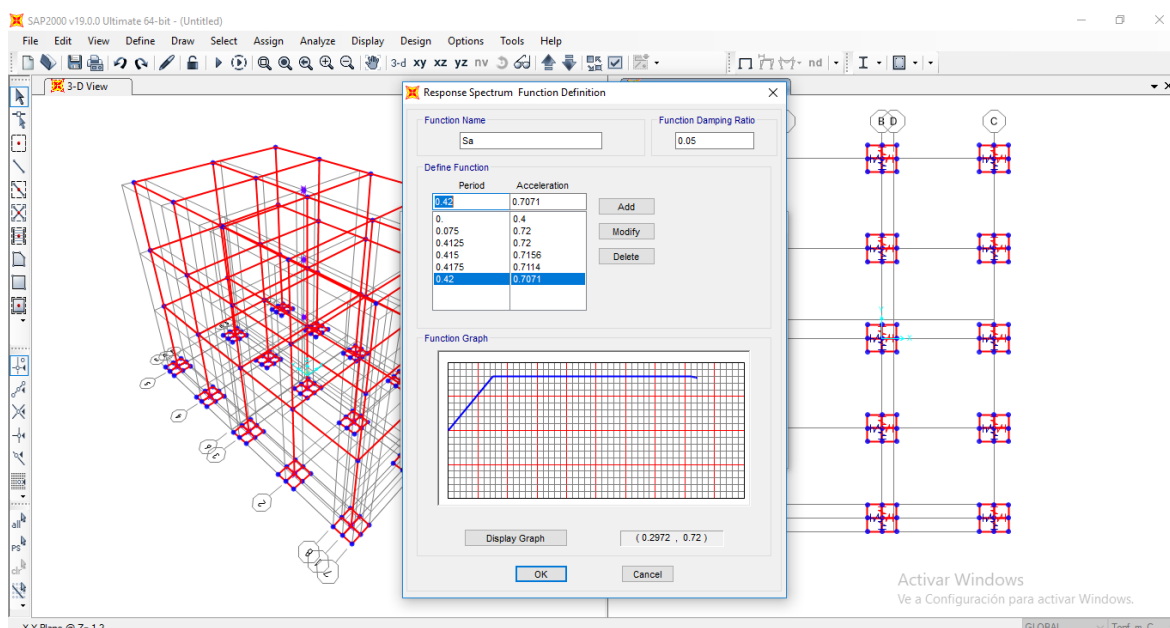


Figura 108. Ajustar el espectro.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos a ajustar el espectro.

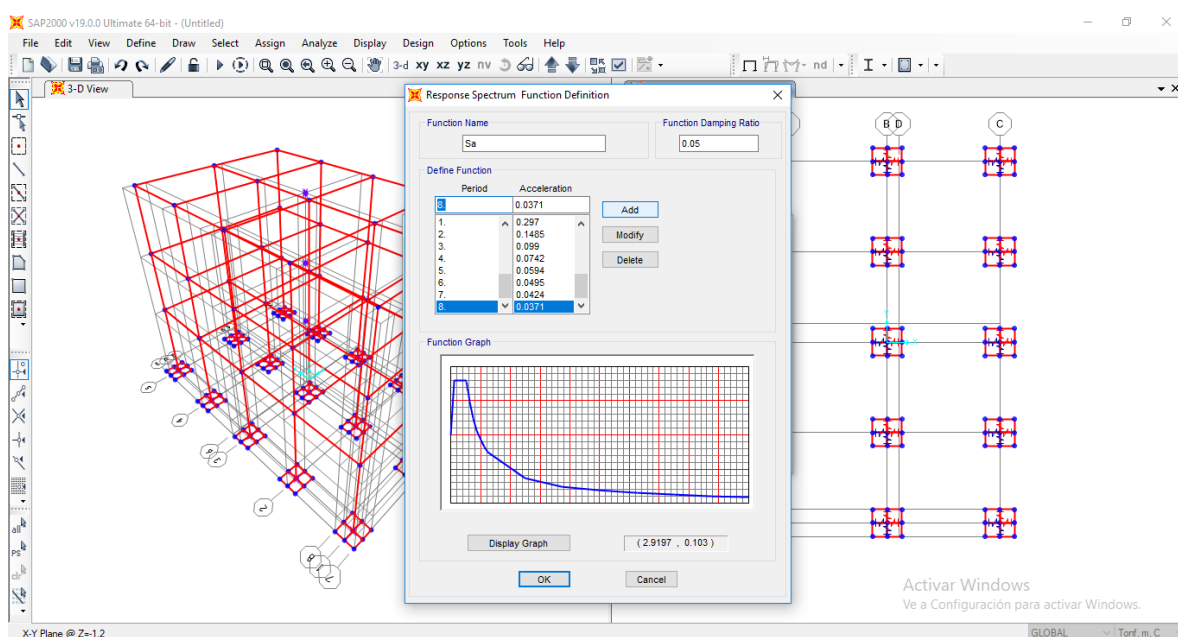


Figura 109. Espectro ajustado.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Una vez ajustado el espectro para obtener una mayor certeza en nuestro trabajo.

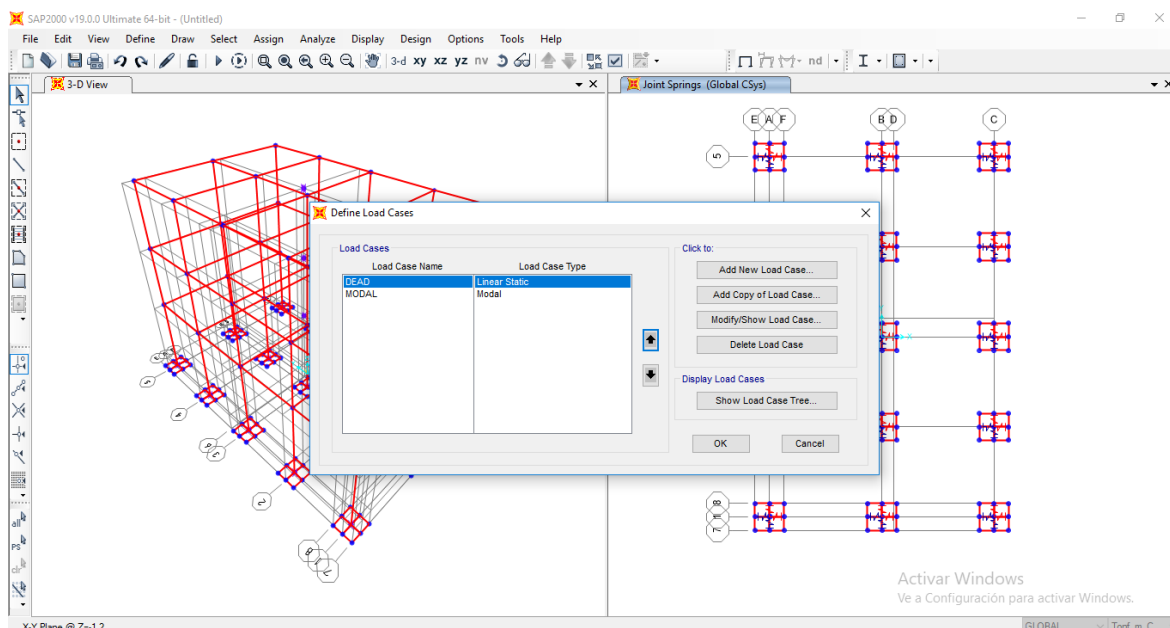


Figura 110. Eliminación de la carga muerta.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos a eliminar la carga muerta.

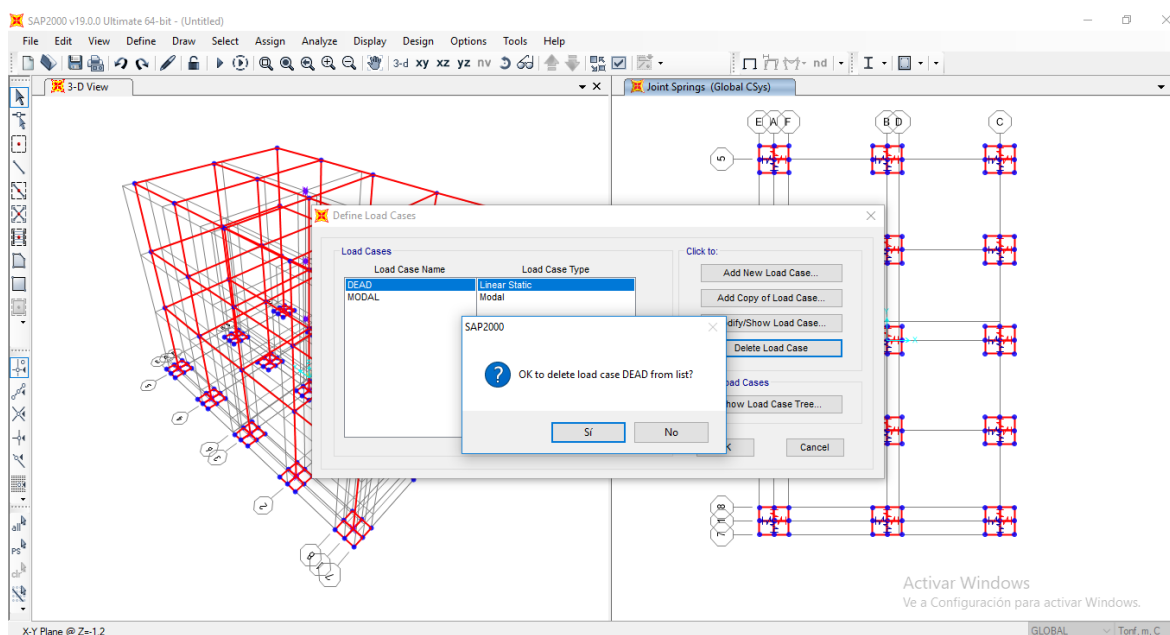


Figura 111. Modificación de los modos.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Eliminada la carga muerta procedemos a modificar los modos.

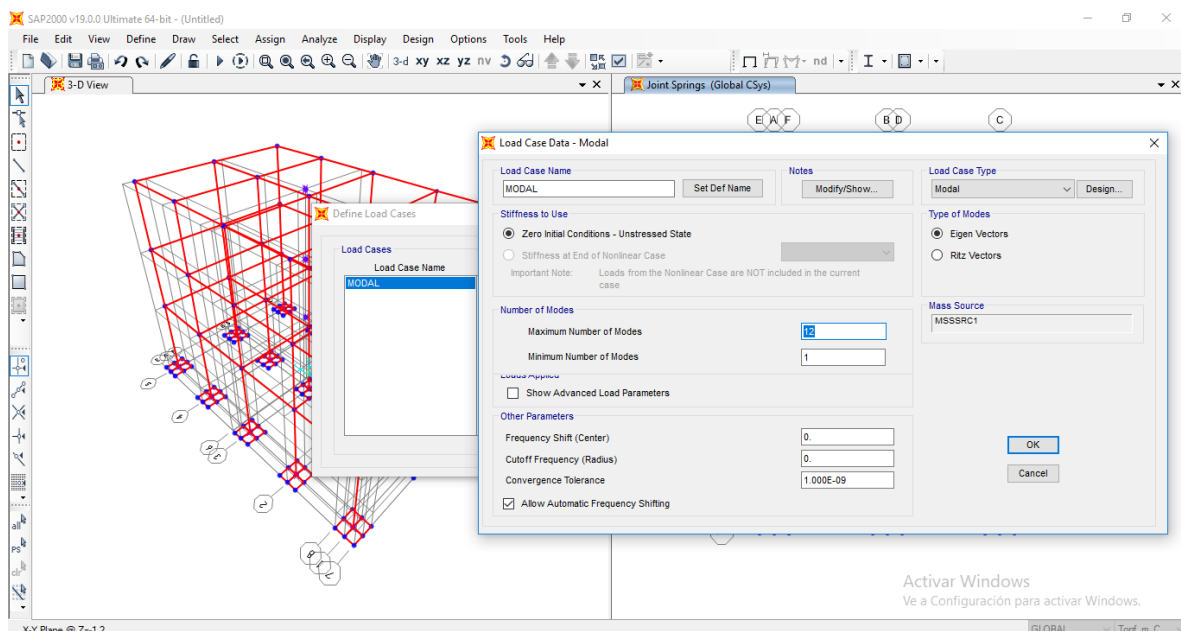


Figura 112. Modos de 12 a 8.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos a colocar los modos de 12 a 8.

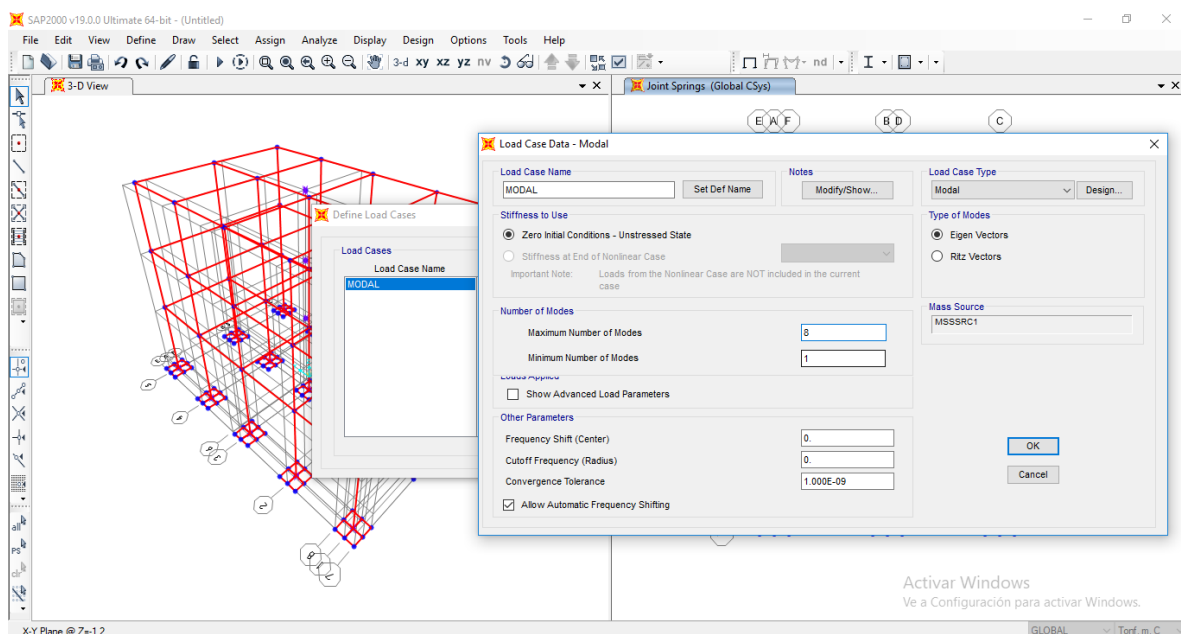


Figura 113. Modo 8.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Bajado a 8 modos.

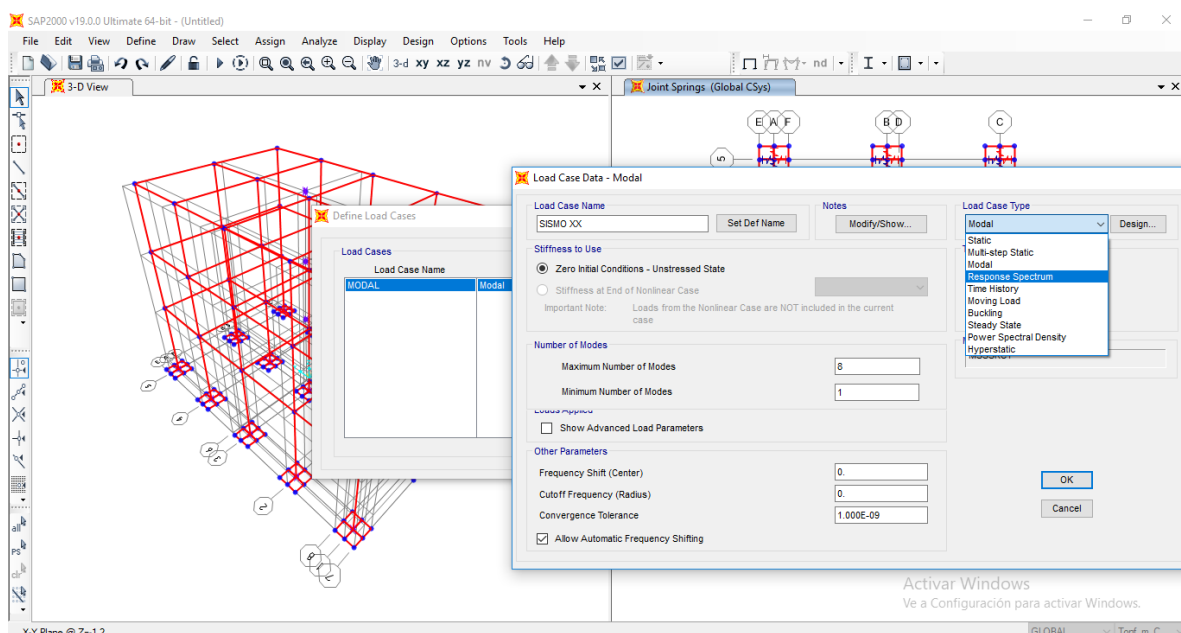


Figura 114.Sismo xx.

Fuente: SAP 2000 VS 19

Adicionamos un nuevo caso sismo xx.

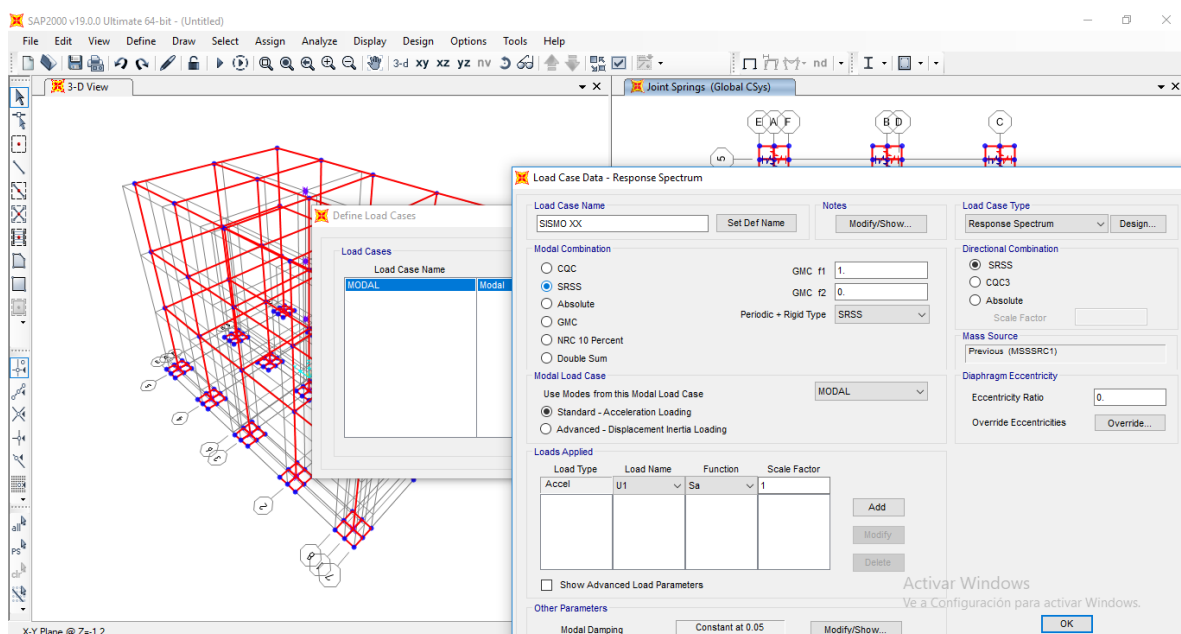


Figura 115.Análisis modal.

Fuente: SAP 2000 VS 19

La norma trabaja con la posibilidad de la suma de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados con el análisis modal.

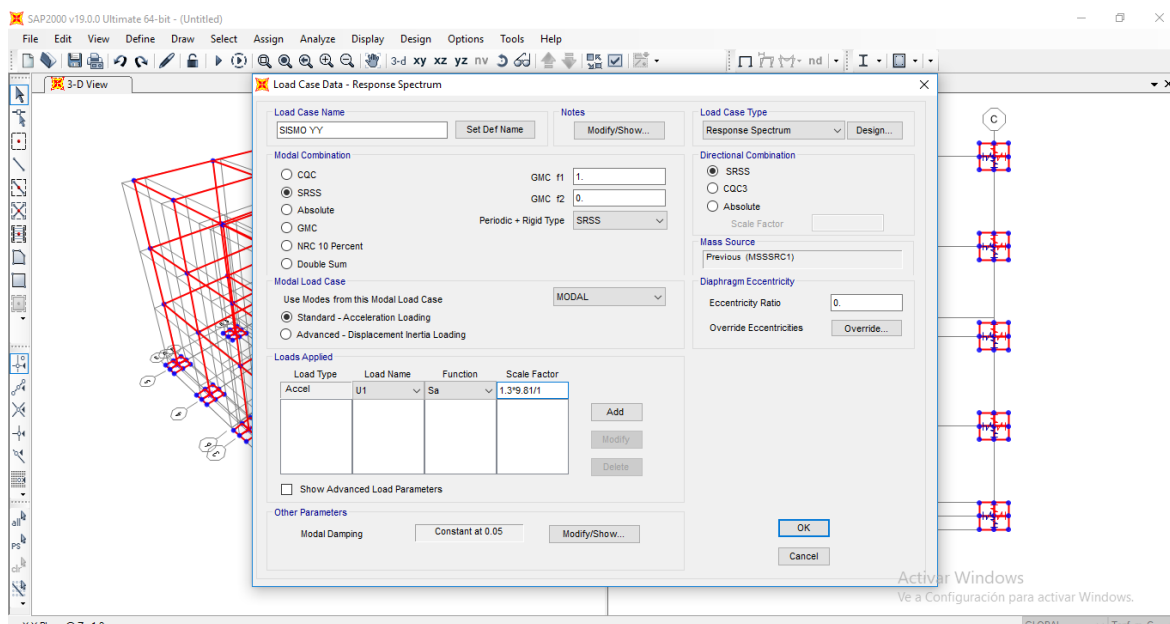


Figura 116.Sismo Y.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Adicionamos sismo Y.

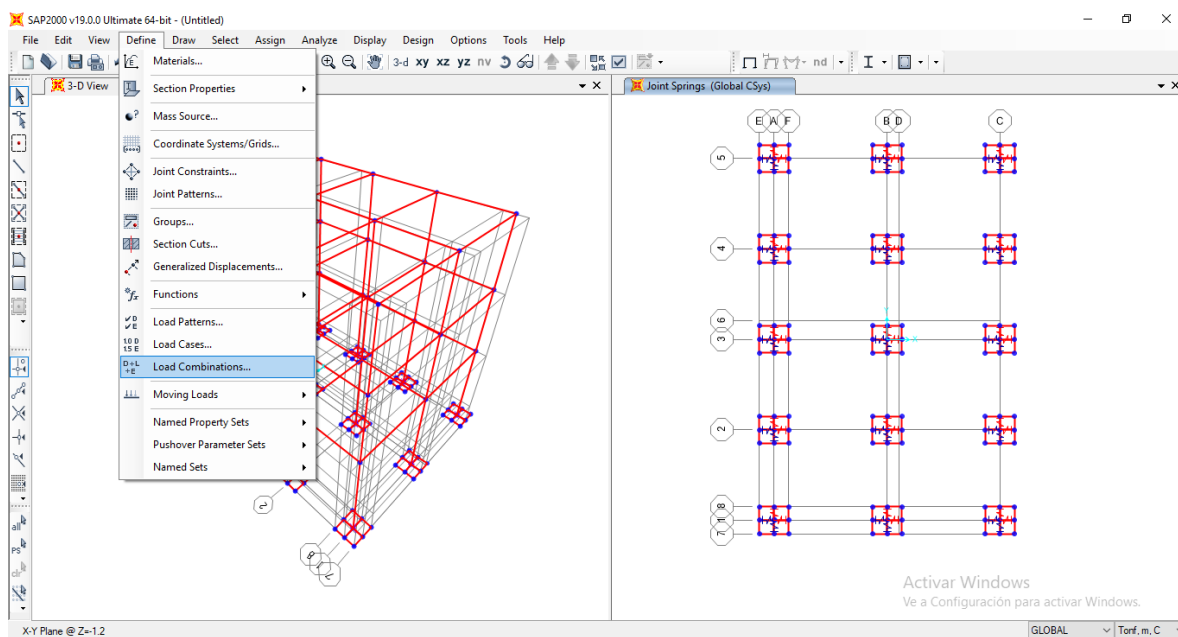


Figura 117.Combinaciones.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Ahora procedemos a las combinaciones generamos.

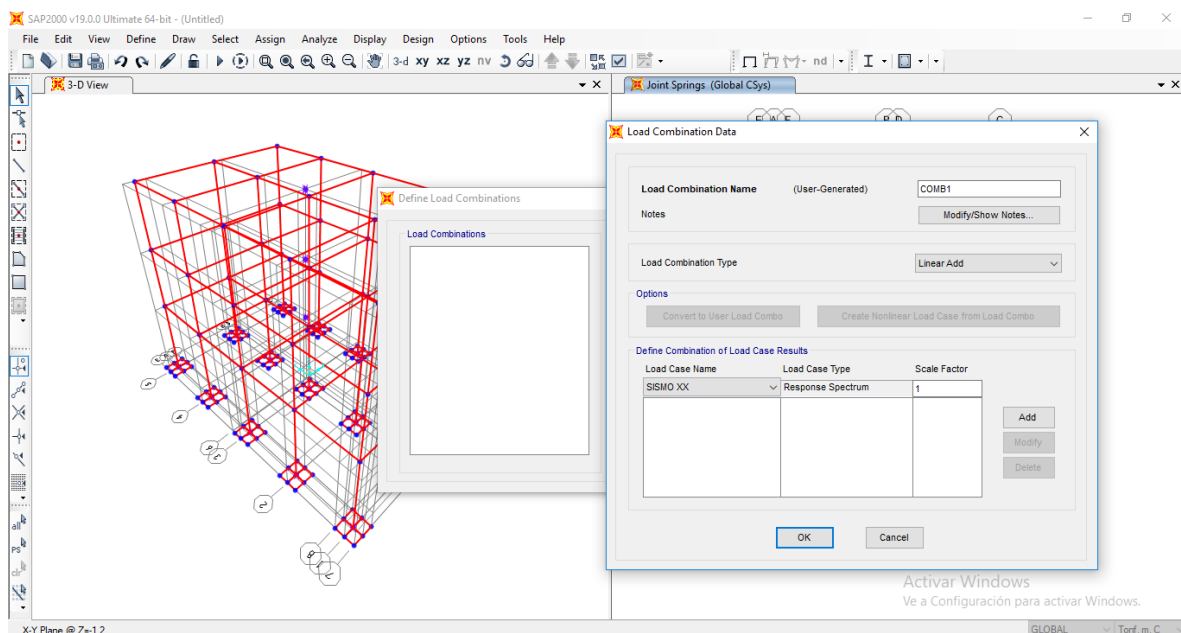


Figura 118. Combinación 1.
Fuente: SAP 2000 VS 19

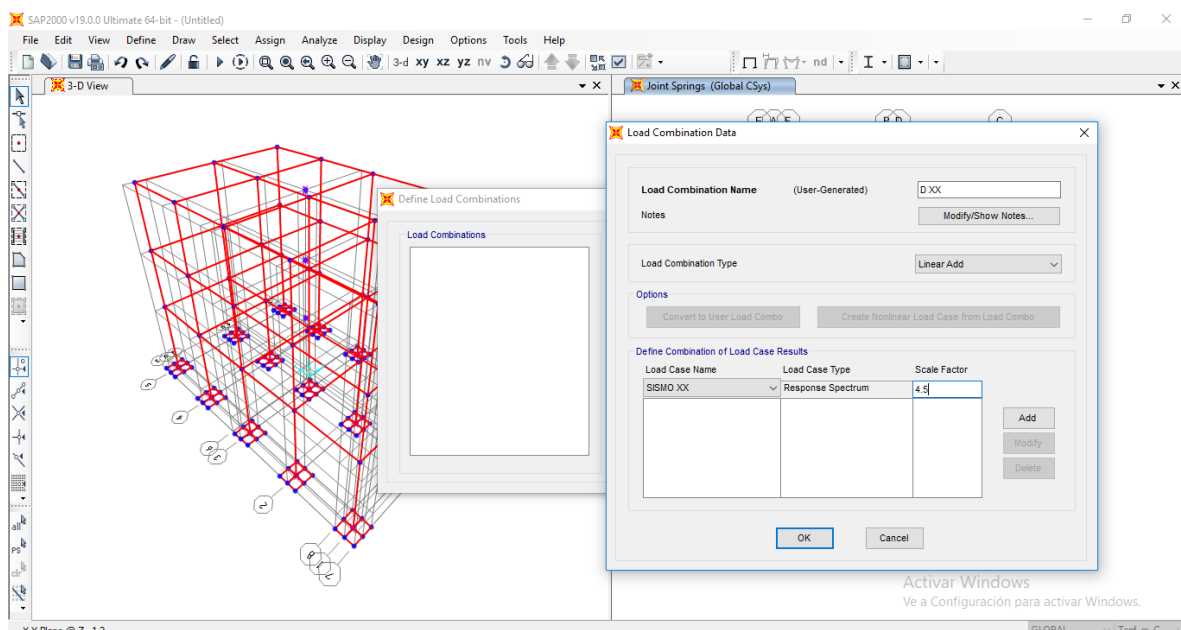


Figura 119. Desplazamiento en x.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Creamos los desplazamientos en X.

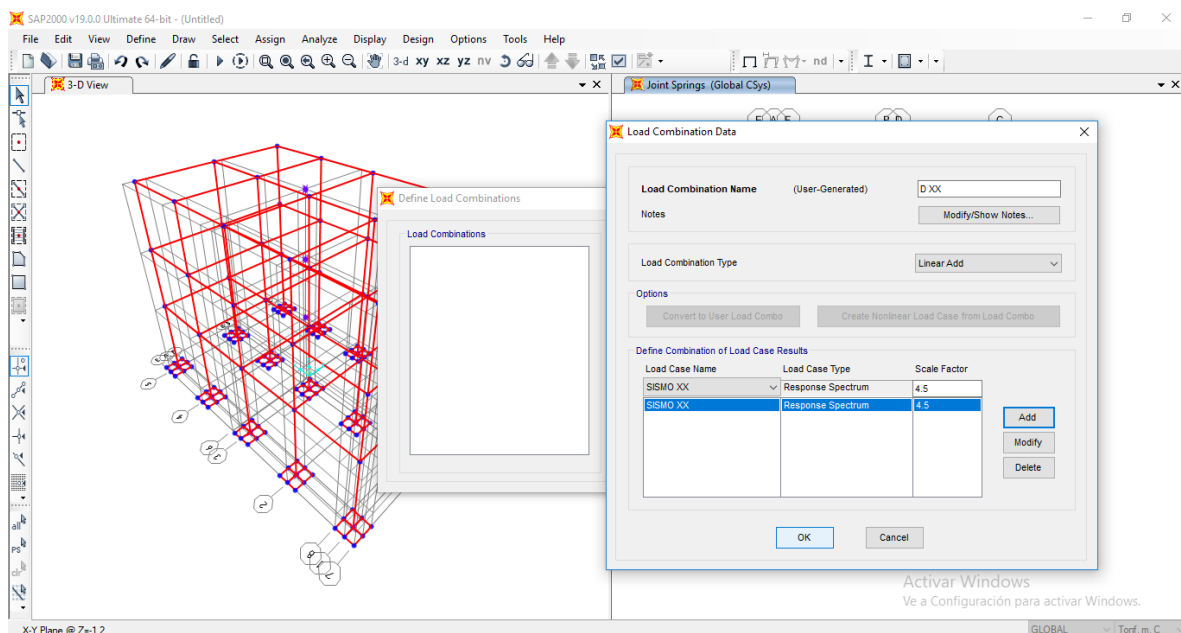


Figura 120. Combinación XX.
Fuente: SAP 2000 VS 19

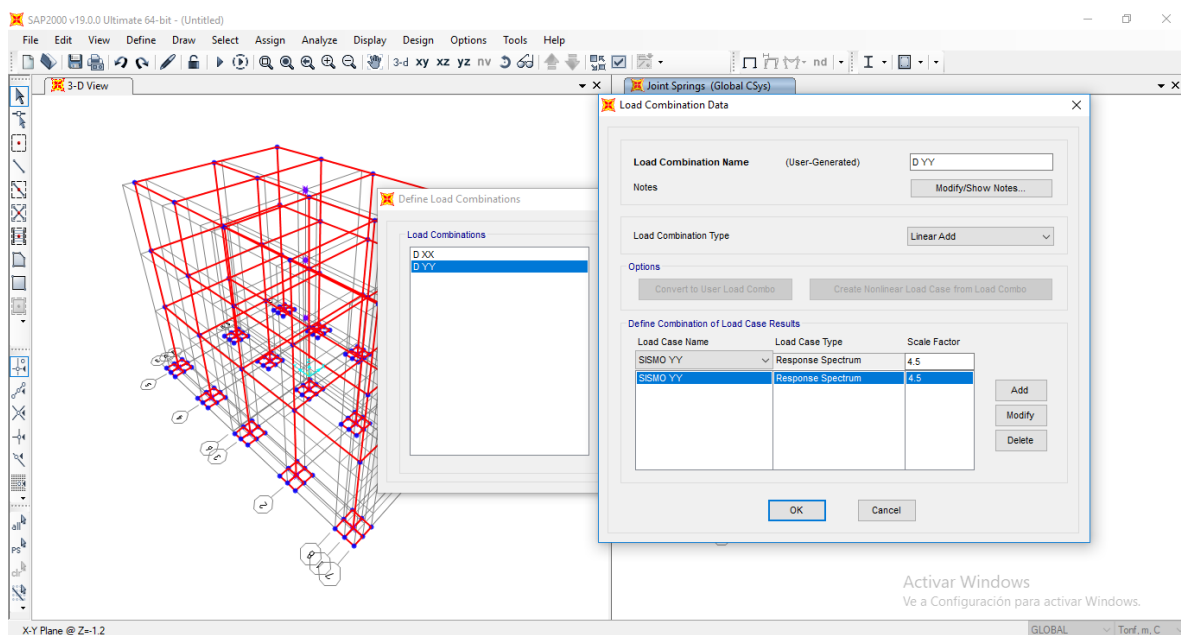


Figura 121. Desplazamiento en Y.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Generamos desplazamiento en Y.

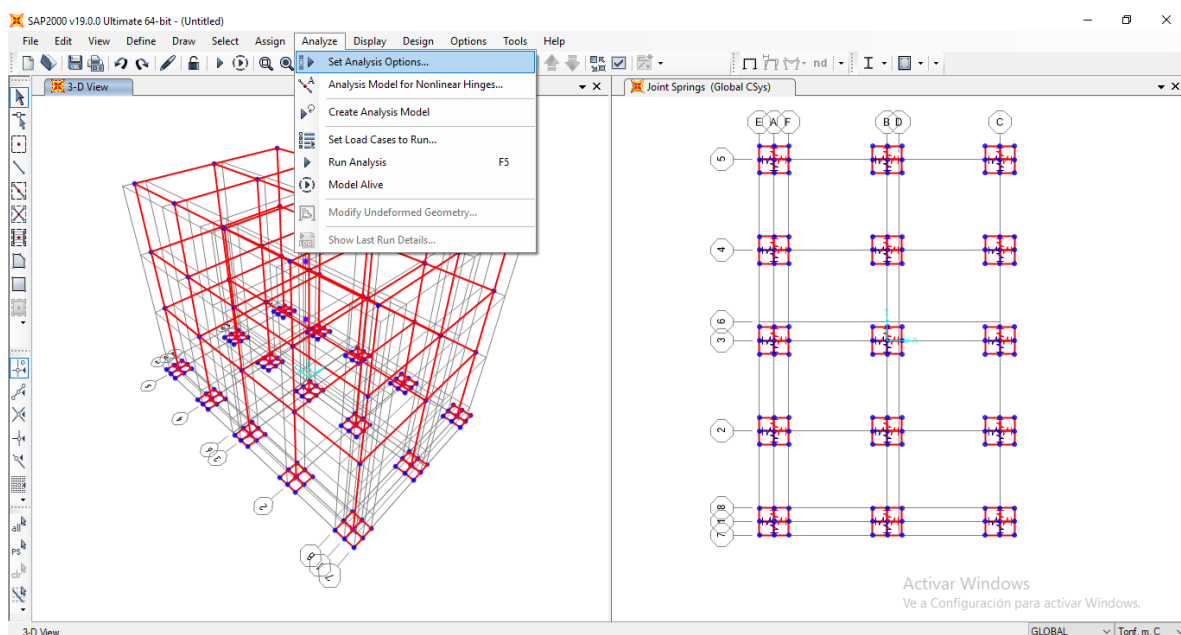


Figura 122. Analisis para la edificación aporticada.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Ahora tenemos las opciones de analisis para la edificacion aporticada.

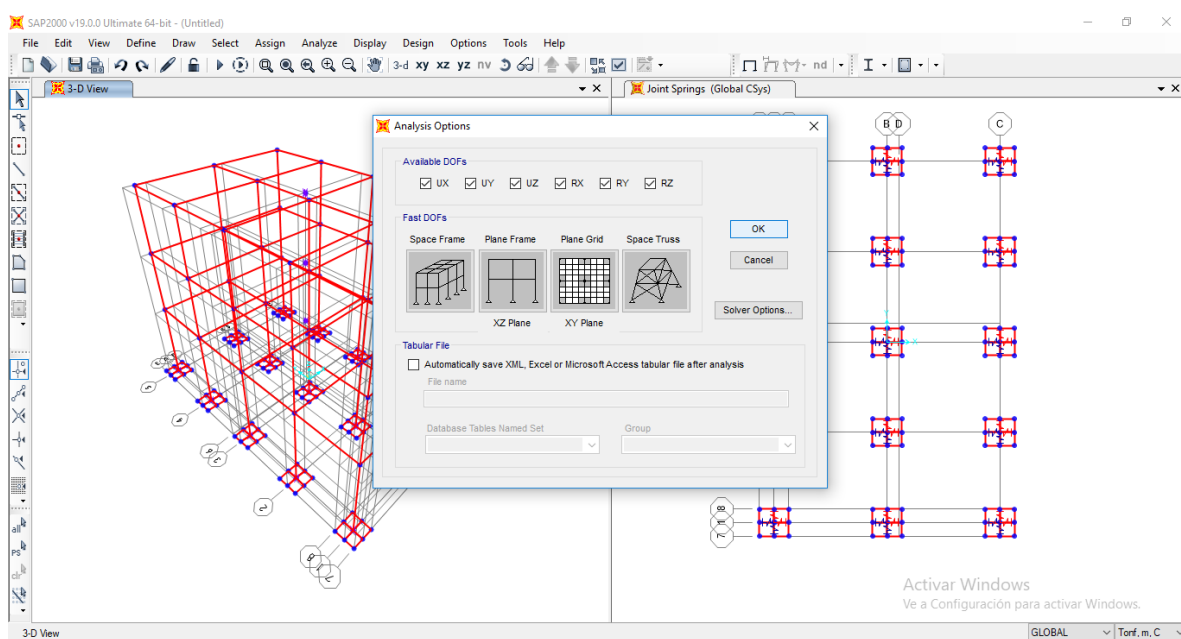


Figura 123. Analisis.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Procedemos analizar.

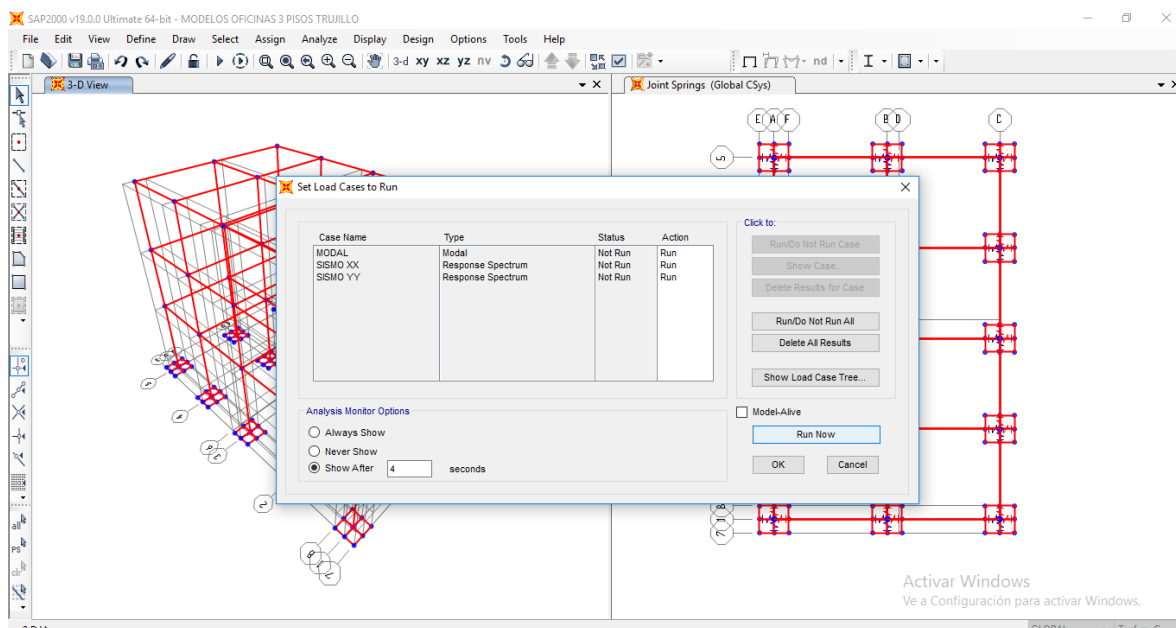


Figura 124.Resultados.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Corremos el programa para obtener resultados finales.

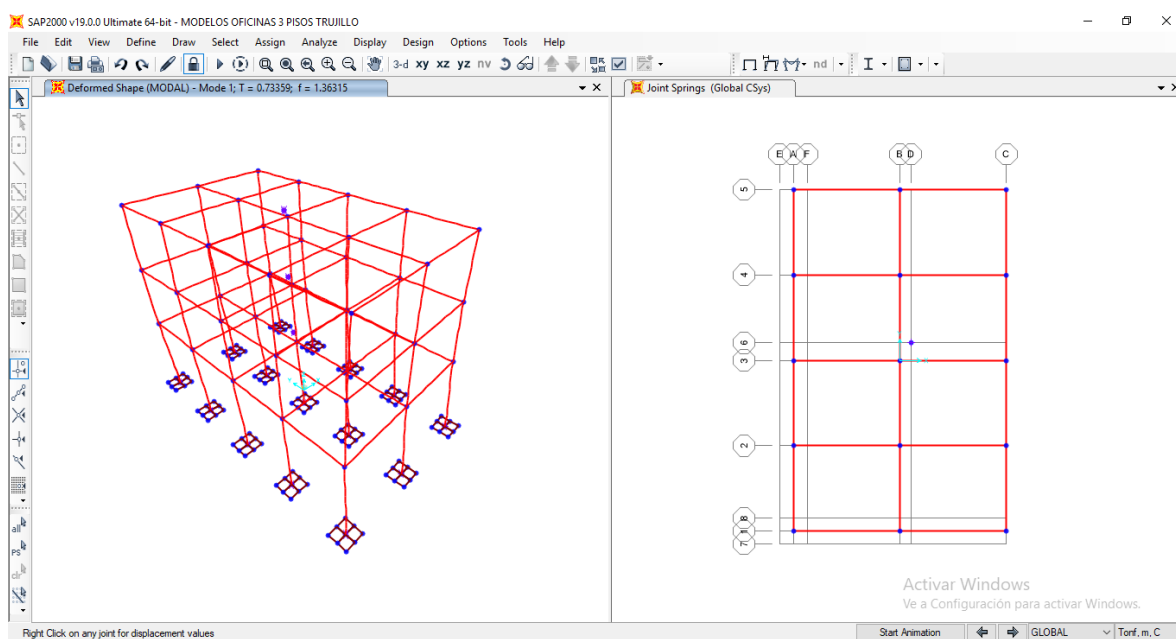


Figura 125.Verificación del modo 1.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Podemos verificar el modo 1

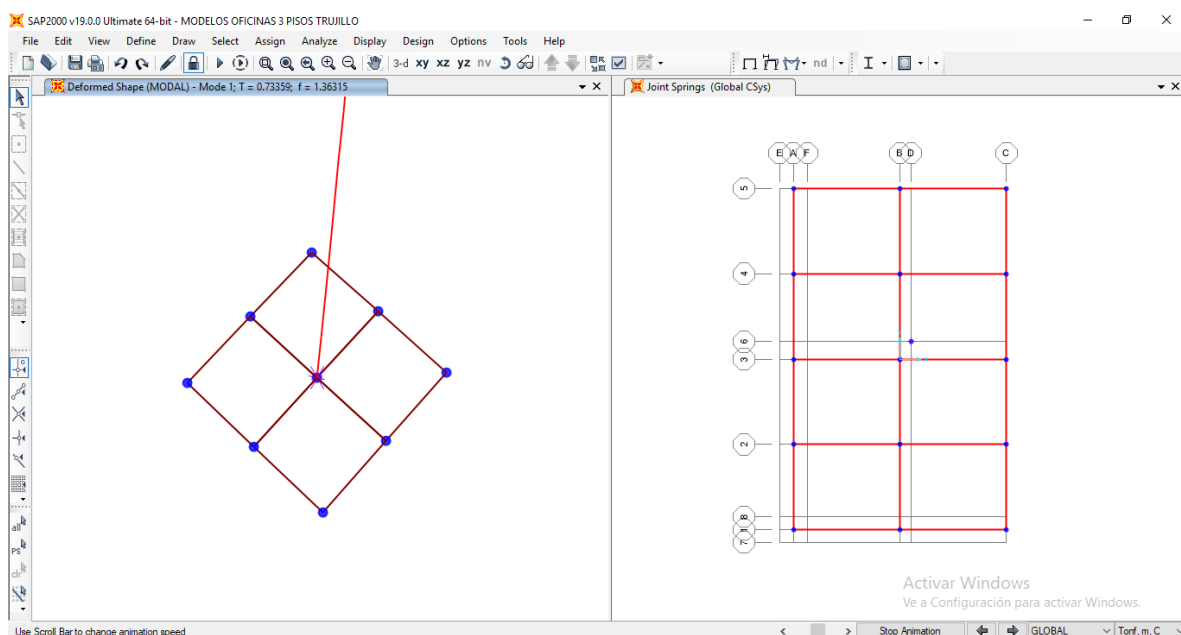


Figura 126.Zapata
Fuente: SAP 2000 VS 19

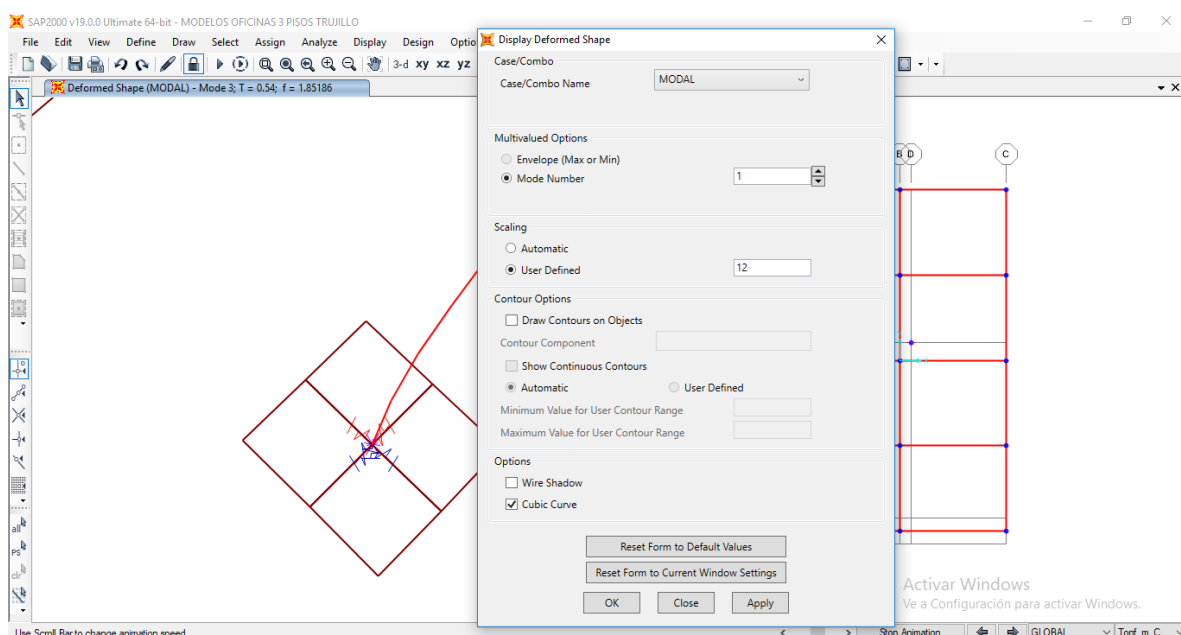


Figura 127.Desplazamiento mayor magnitud.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Incrementando la escala podemos apreciar la zapata su desplazamiento en su mayor magnitud. reduciendo la escala a 5 verificamos los modos de vibracion.

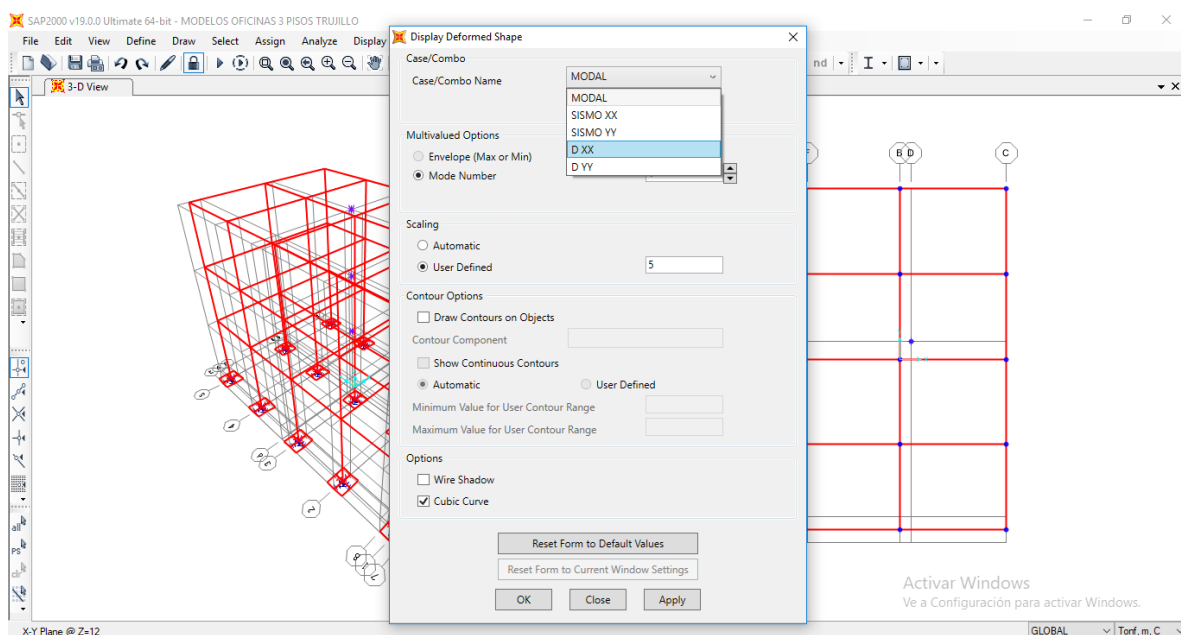
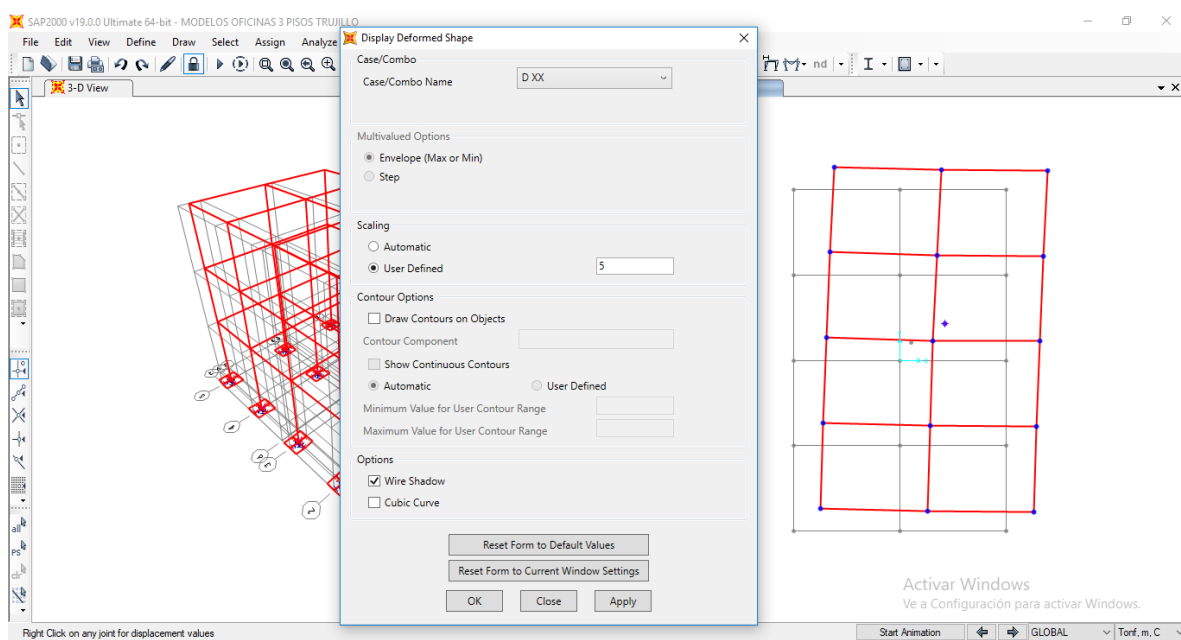
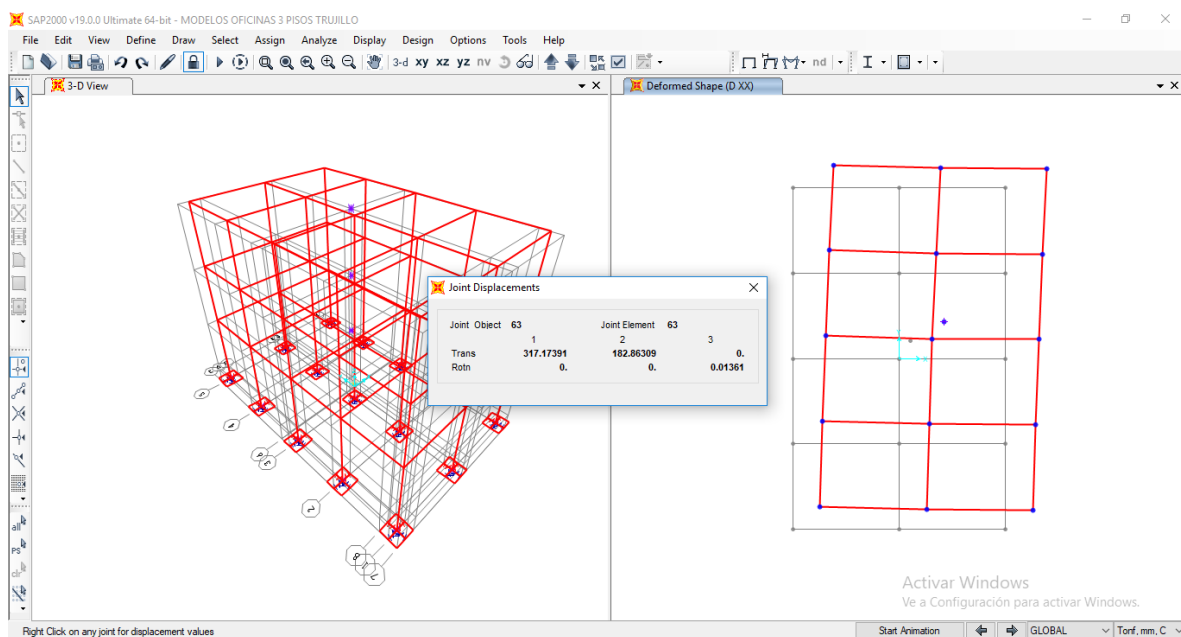
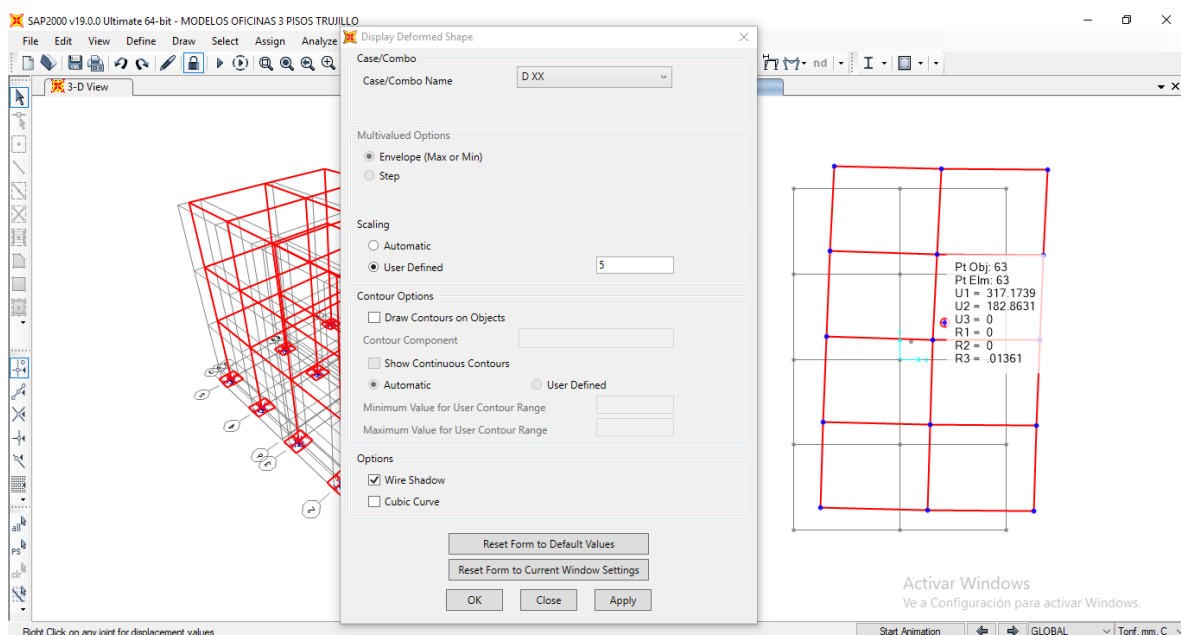


Figura 128.Desplazamiento en x.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Desplazamiento en X.





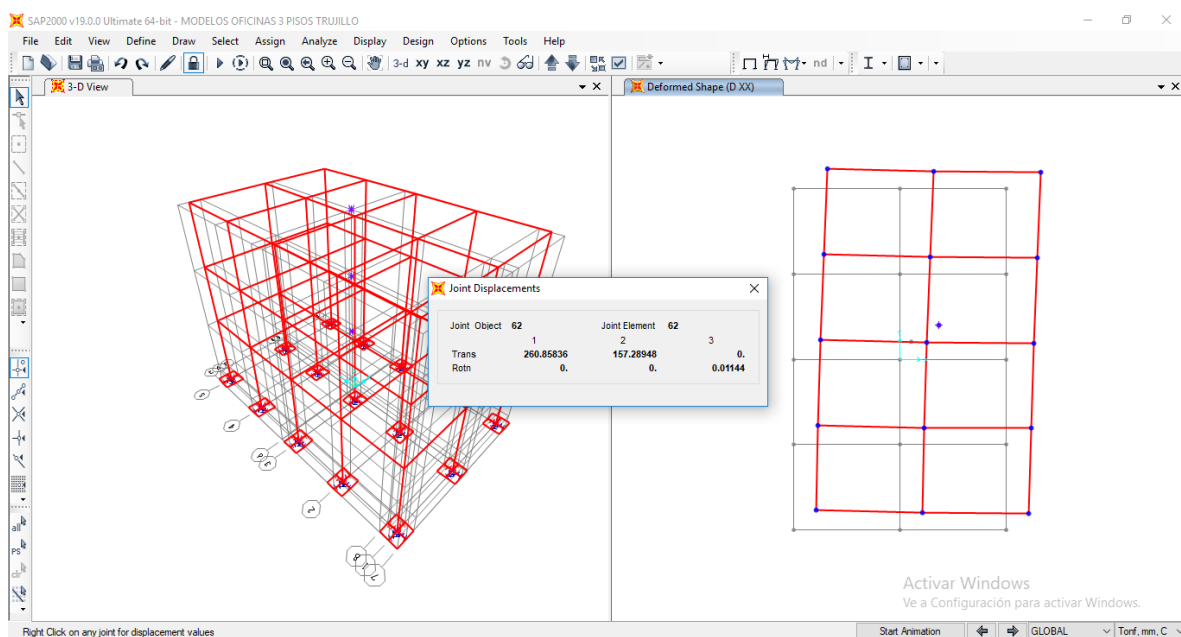
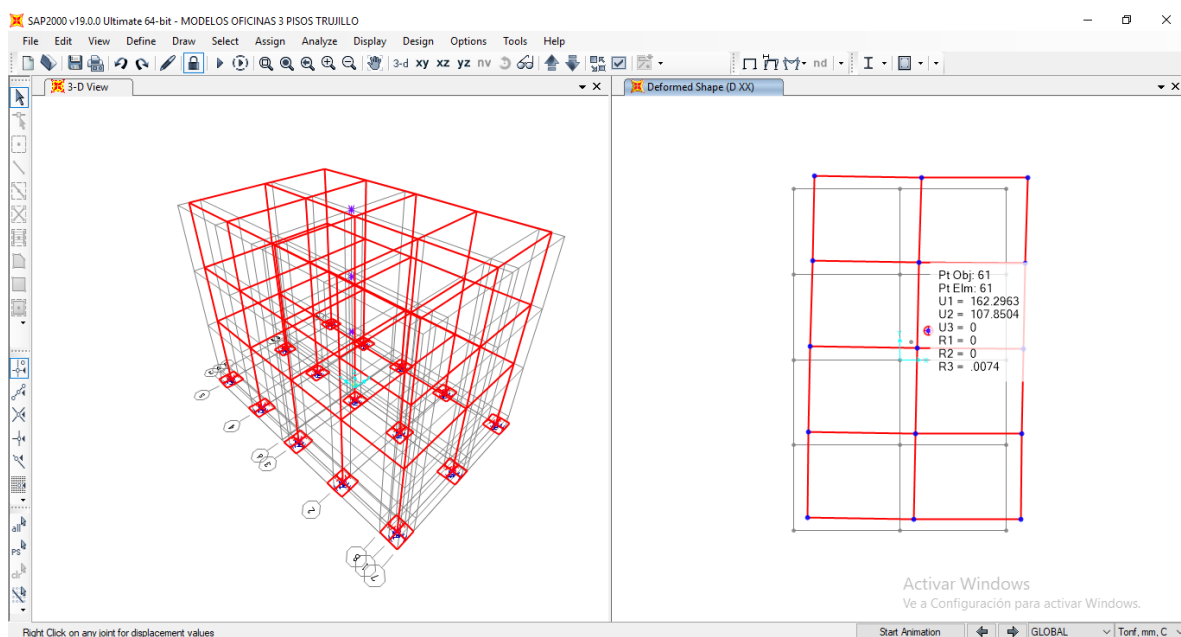


Figura 129.Derivadas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Debemos de corroborar o comprabara atravez del control de derivas para edificaciones
aporticas segun la norma e.030.



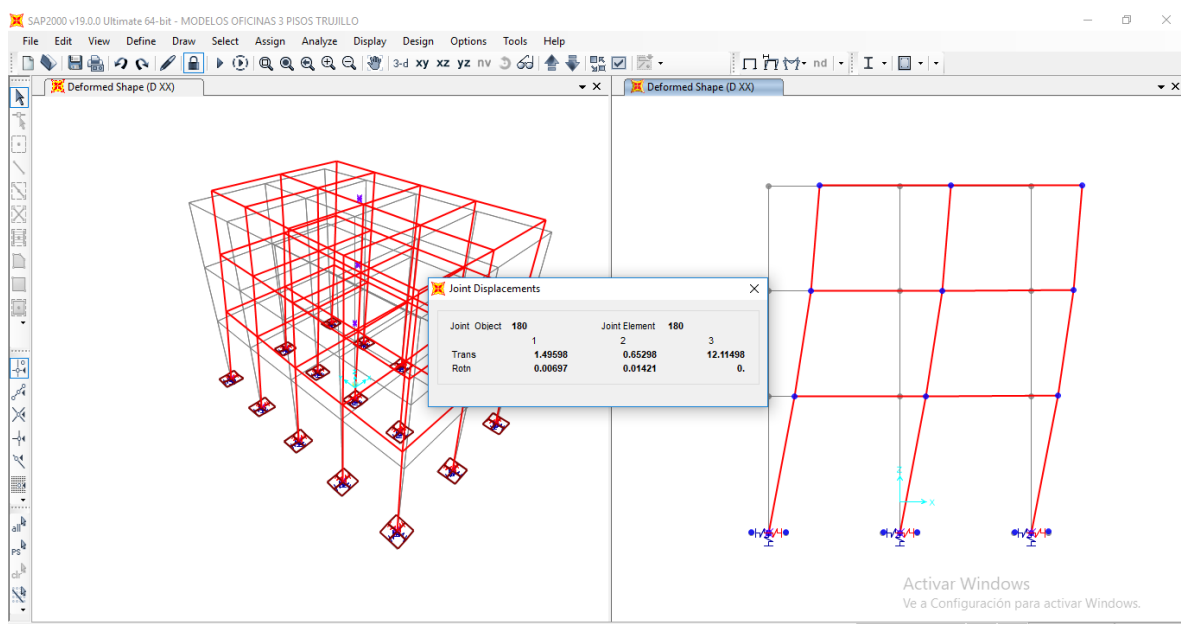
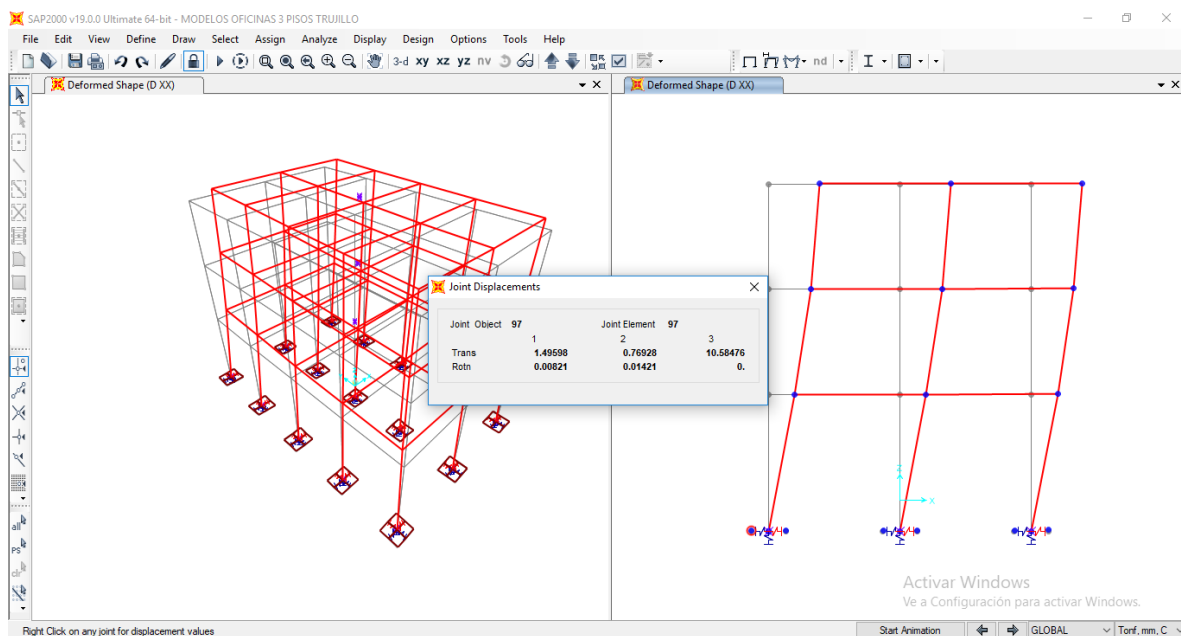


Figura 130. Cantidad de traslación.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Aquí podemos apreciar la cantidad de traslación que ha tenido el z como es que se ha desplazado ha tenido que girar.



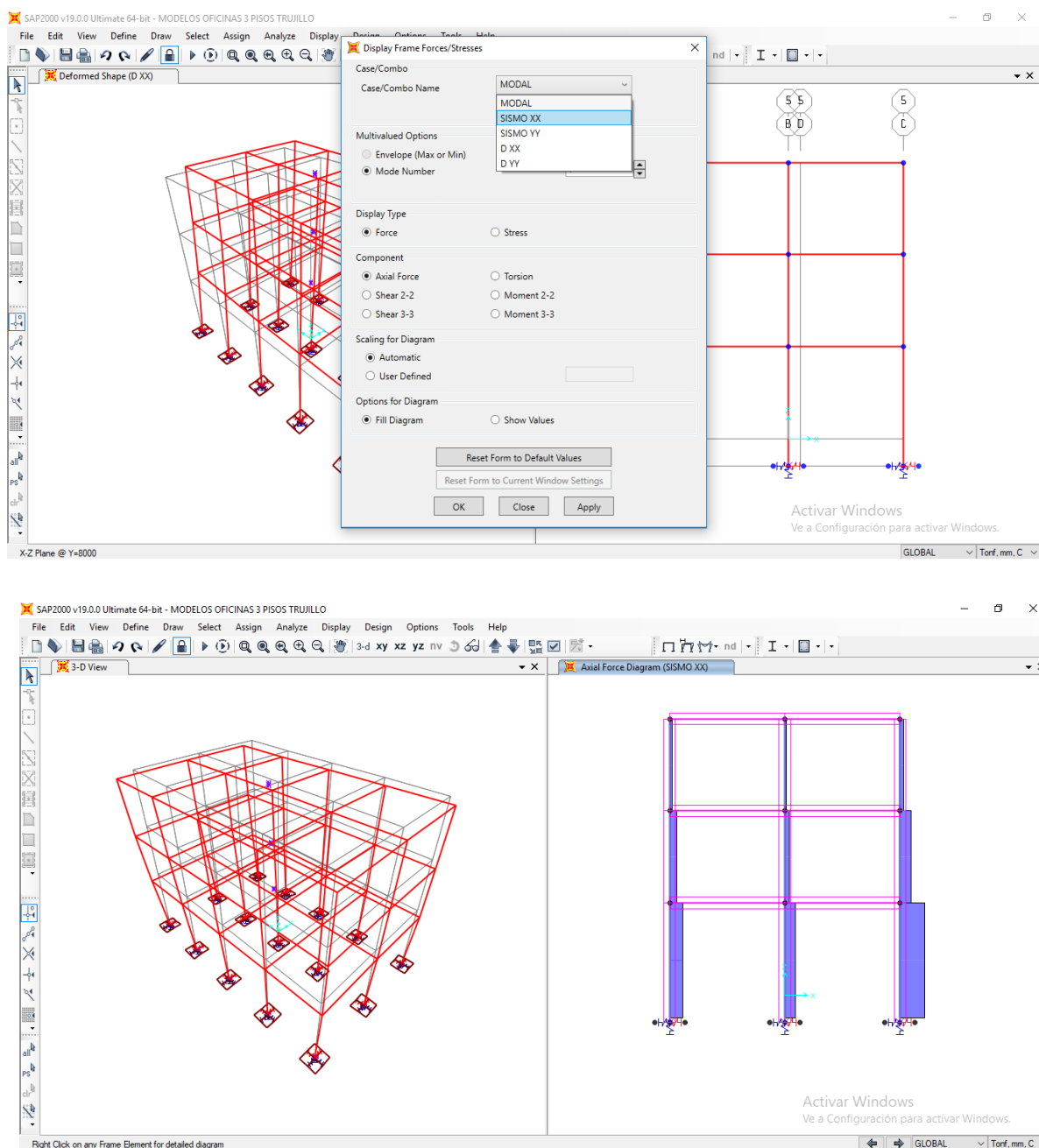
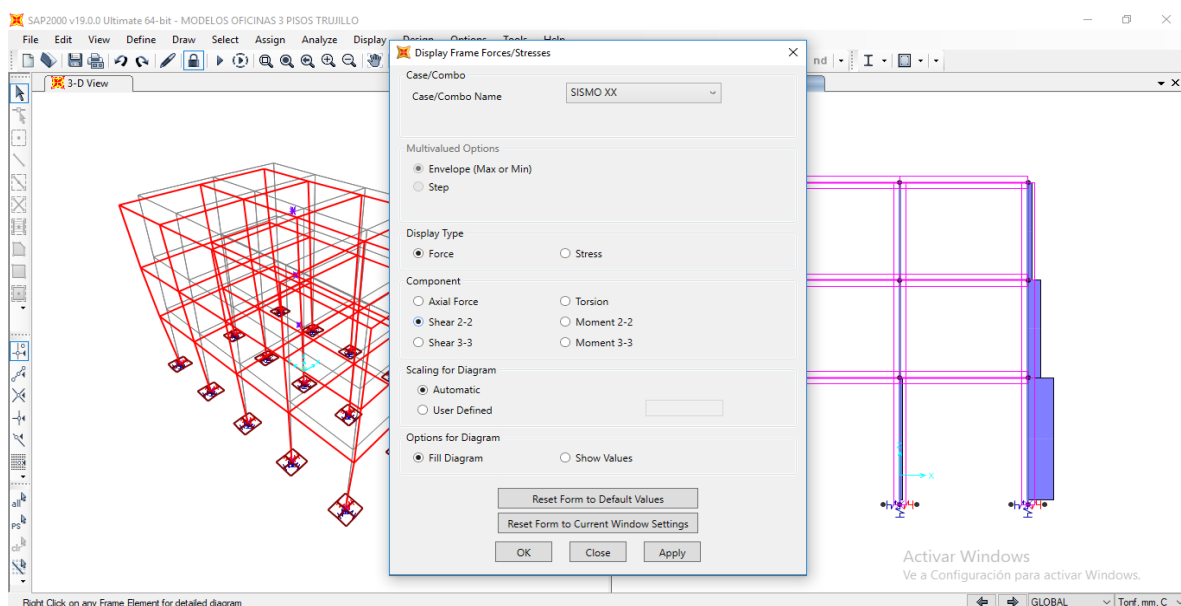


Figura 131.Fuerzas.
Fuente: SAP 2000 VS 19

luego verificamos las fuerzas



verificando fuerzas.

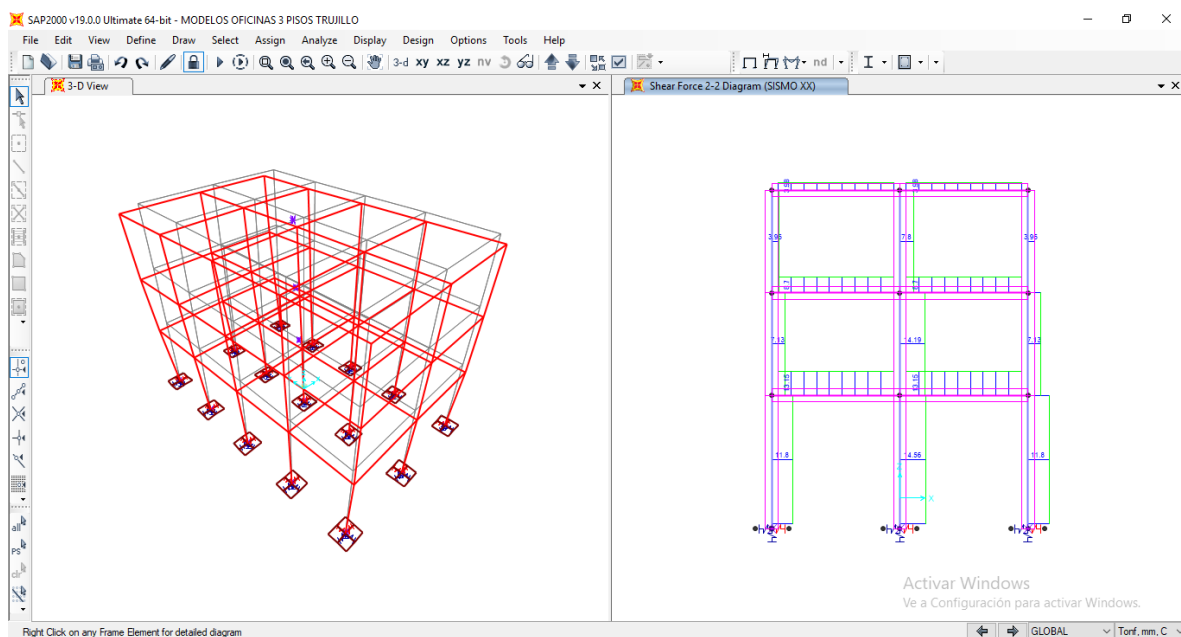


Figura 132. Verificamos el cortante.
Fuente: SAP 2000 VS 19

verificamos el cortante los resultados.

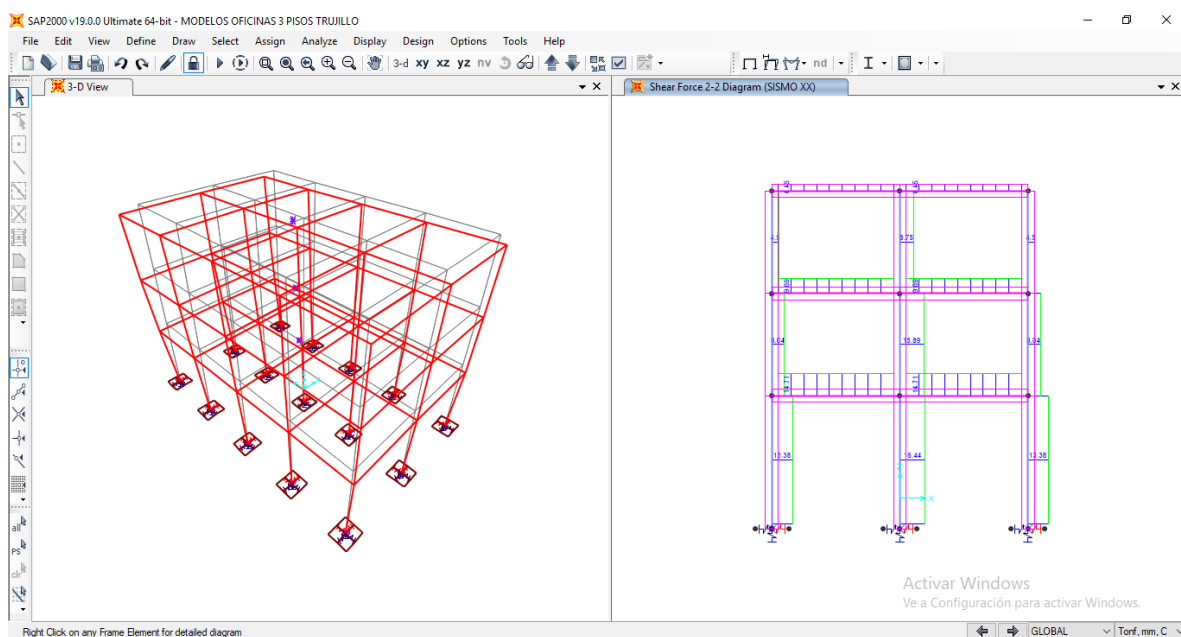
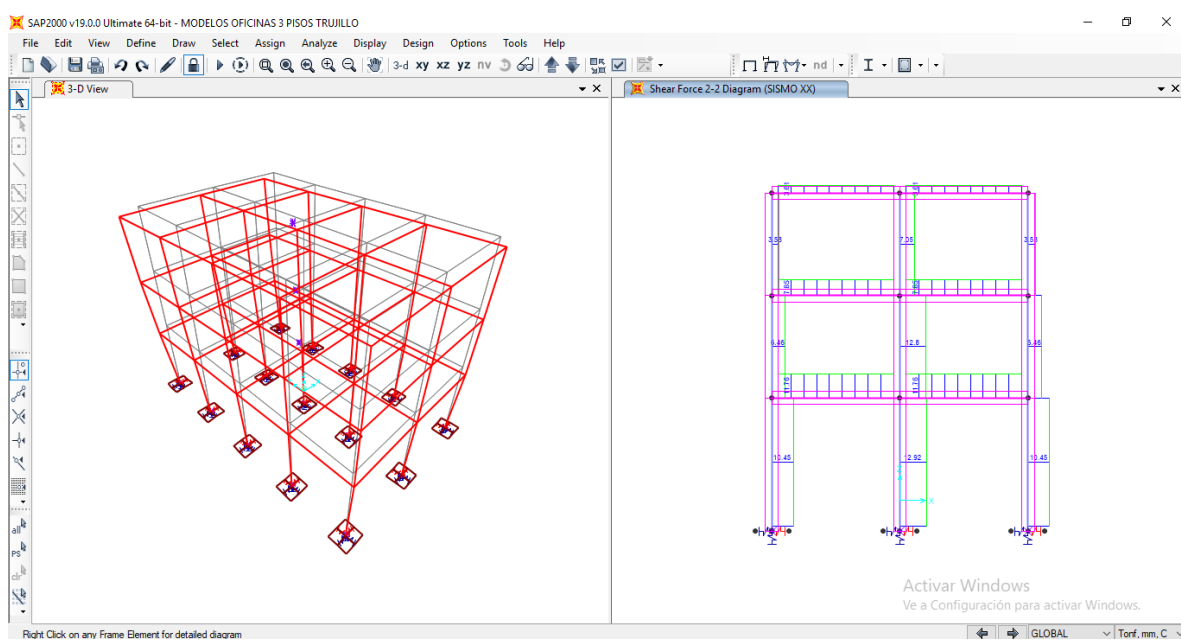
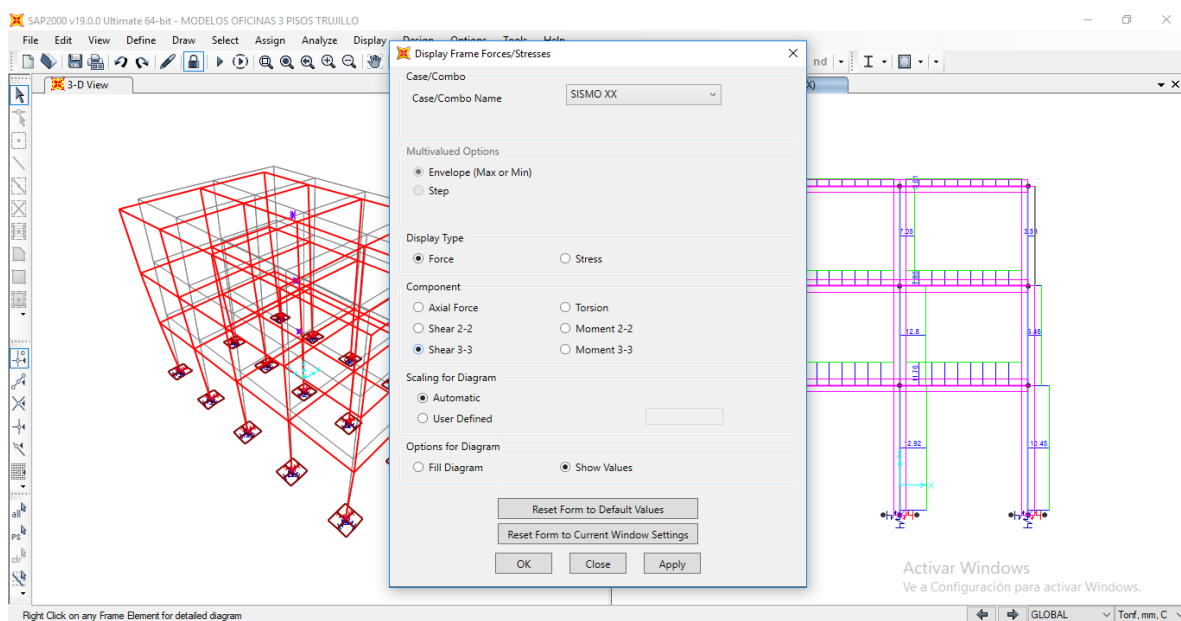


Figura 133.Porticos.
Fuente: SAP 2000 VS 19

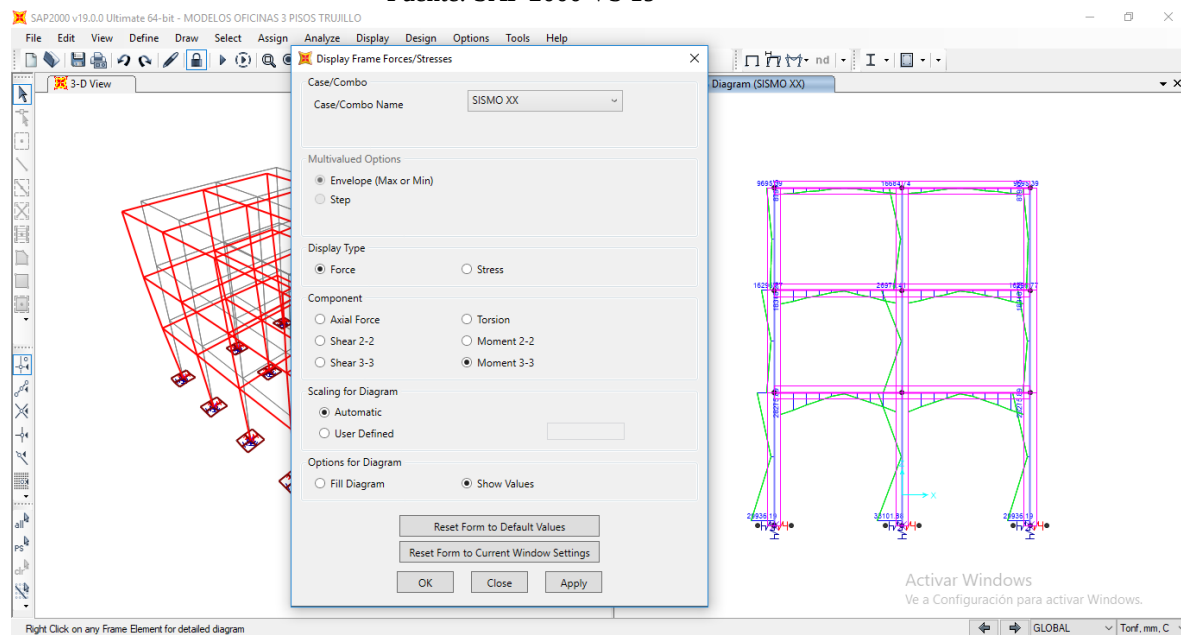
seguimos verificando los porticos.



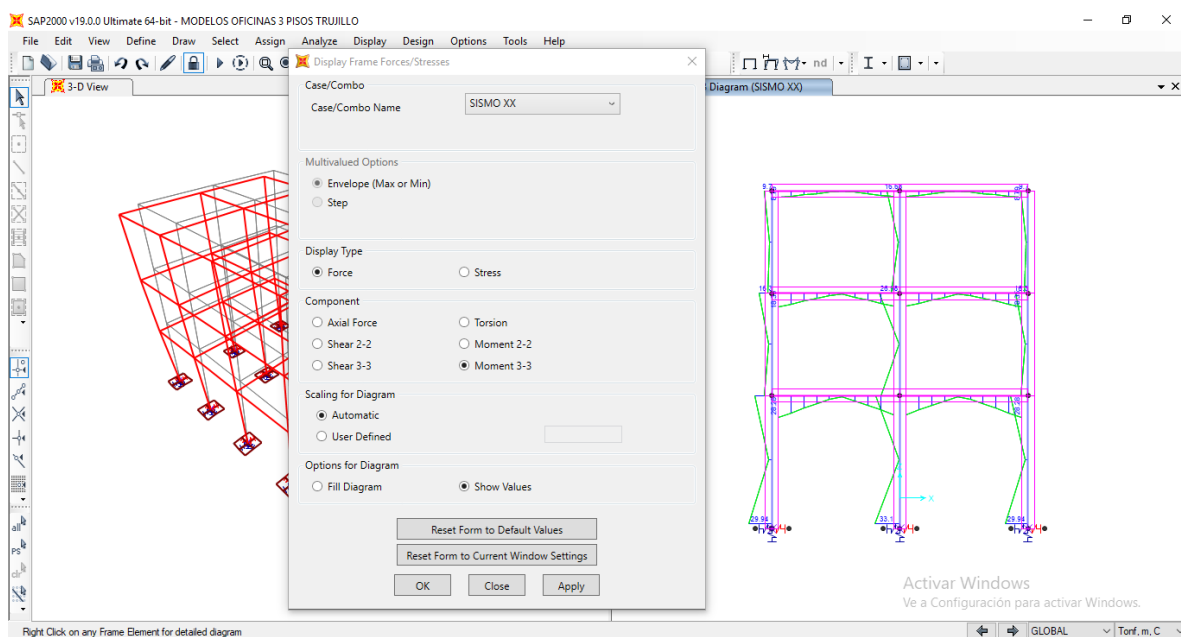
Fuente: SAP 2000 VS 19



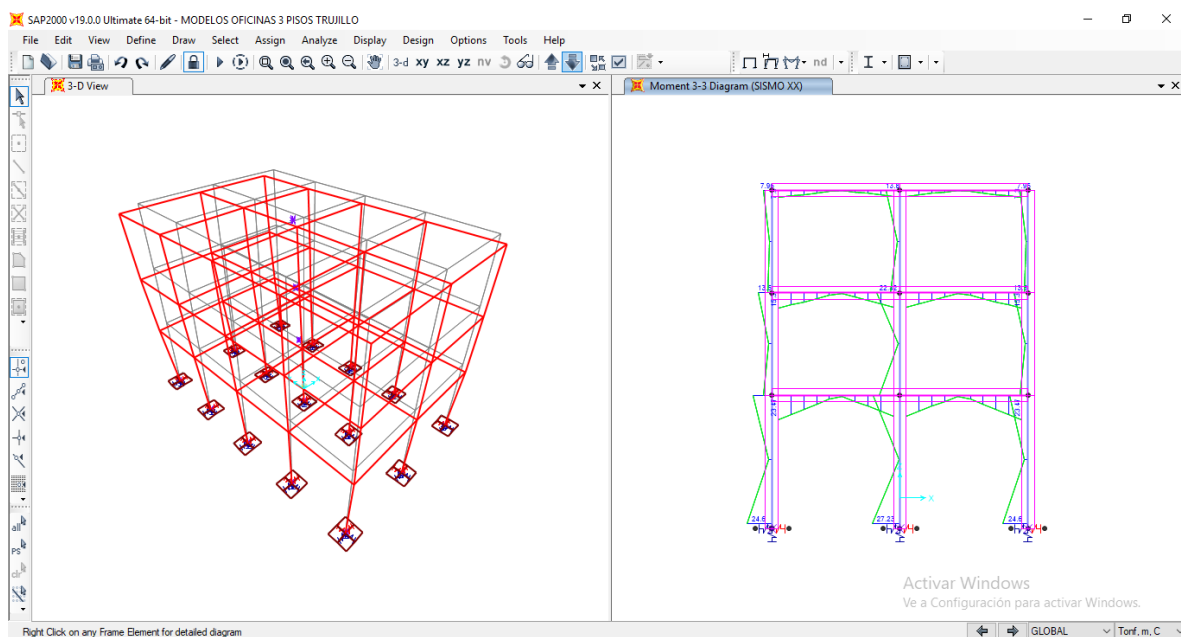
Fuente: SAP 2000 VS 19



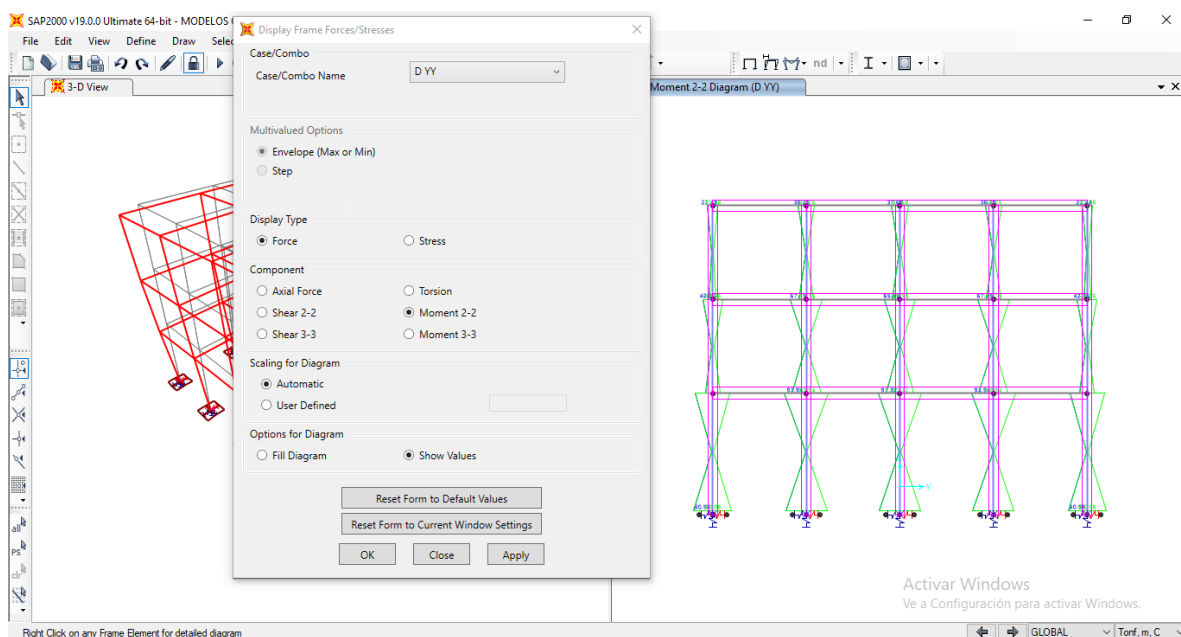
Fuente: SAP 2000 VS 19



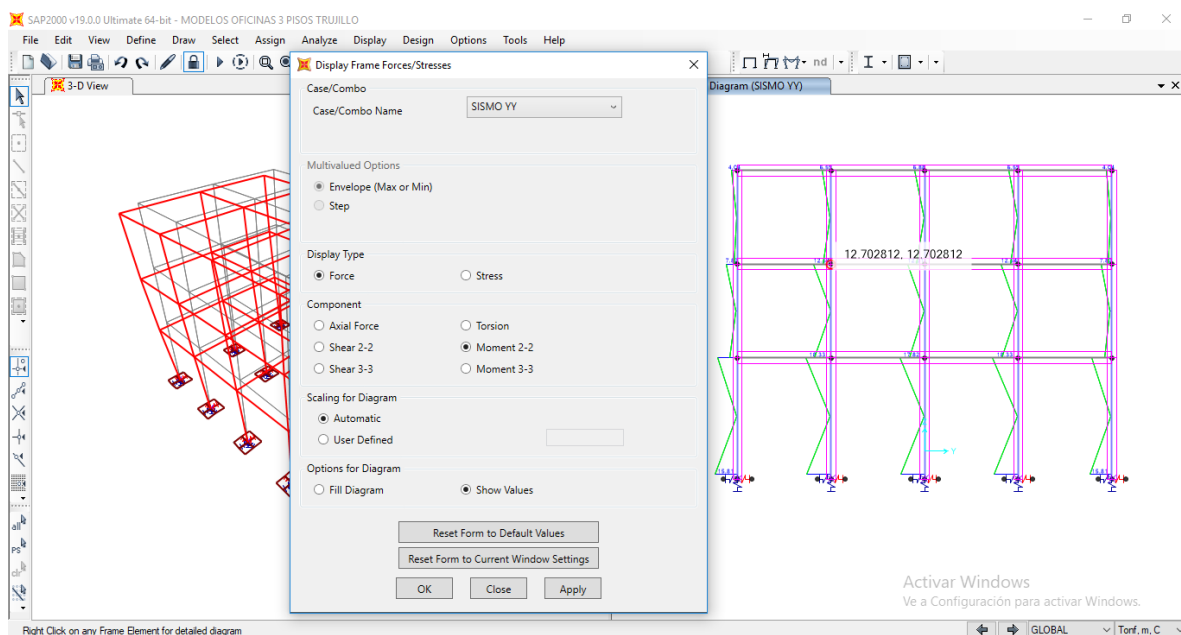
Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19

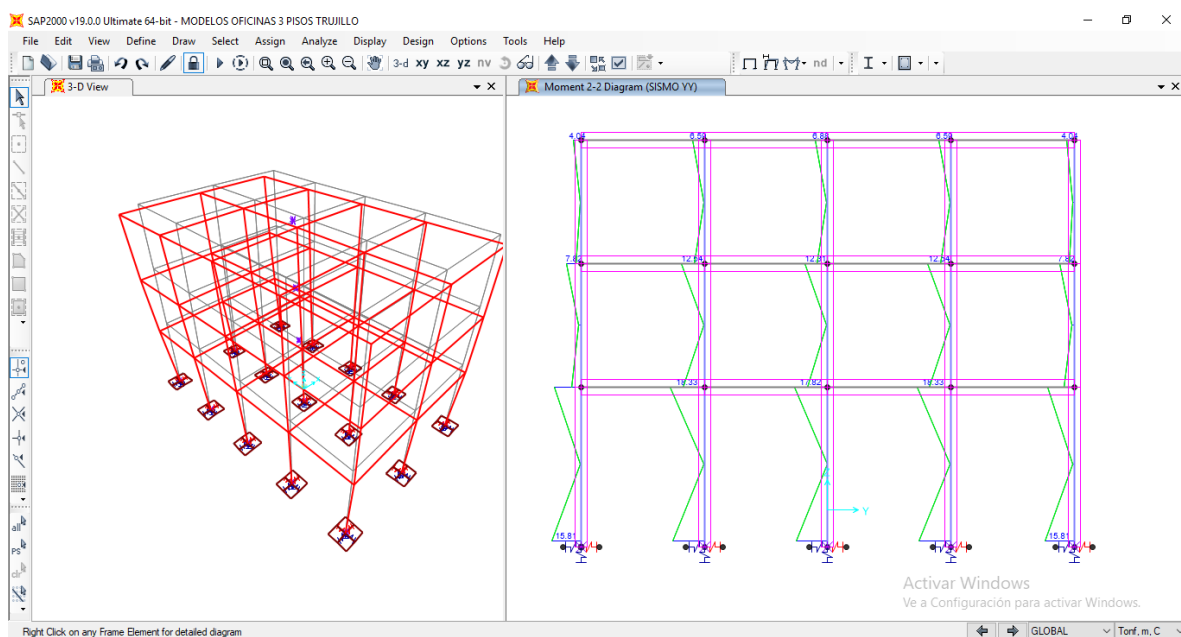


Figura 134.Esfuerzo.
Fuente: SAP 2000 VS 19

El esfuerzo no es adecuado ya que estamos concentrando toda la rigidez en el resorte centrodal

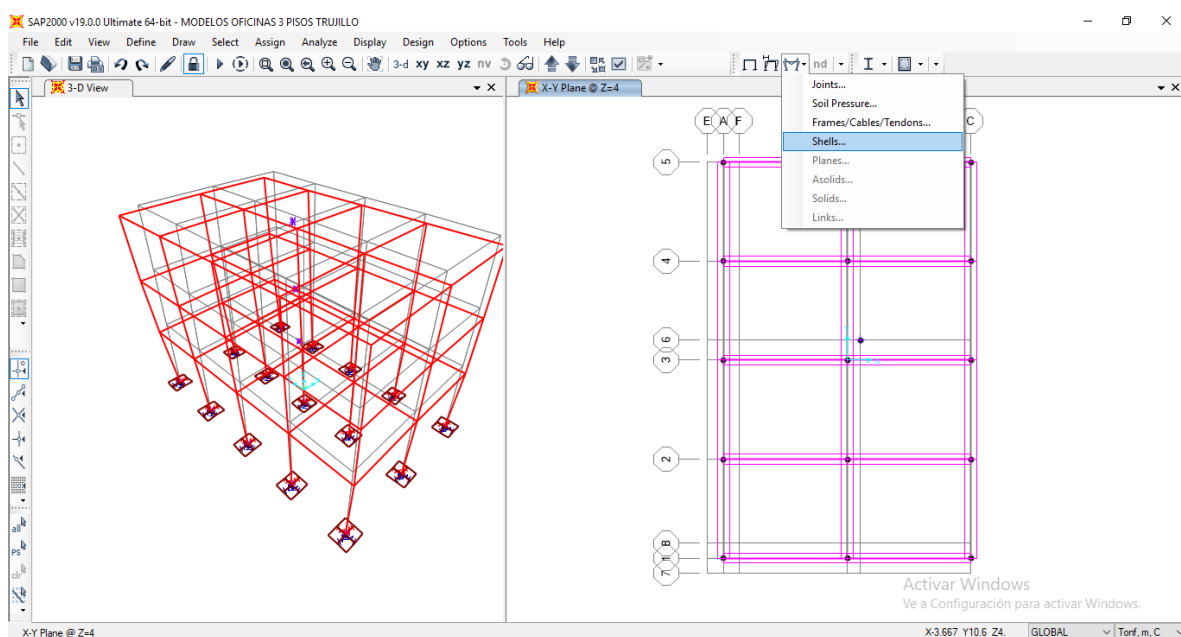


Figura 135.Aplicación.
Fuente: SAP 2000 VS 19

pero si uno desea a ceder aquí tenemos la aplicación

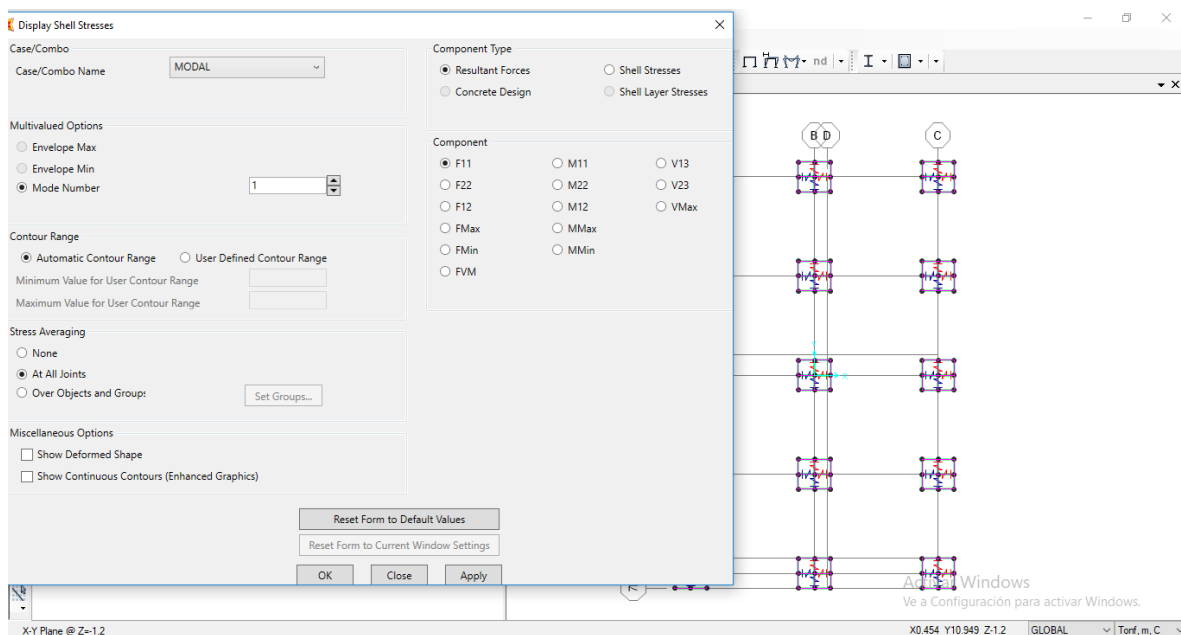


Figura 136.Elementos de fuerza.
Fuente: SAP 2000 VS 19

Aquí están los elementos para fuerza

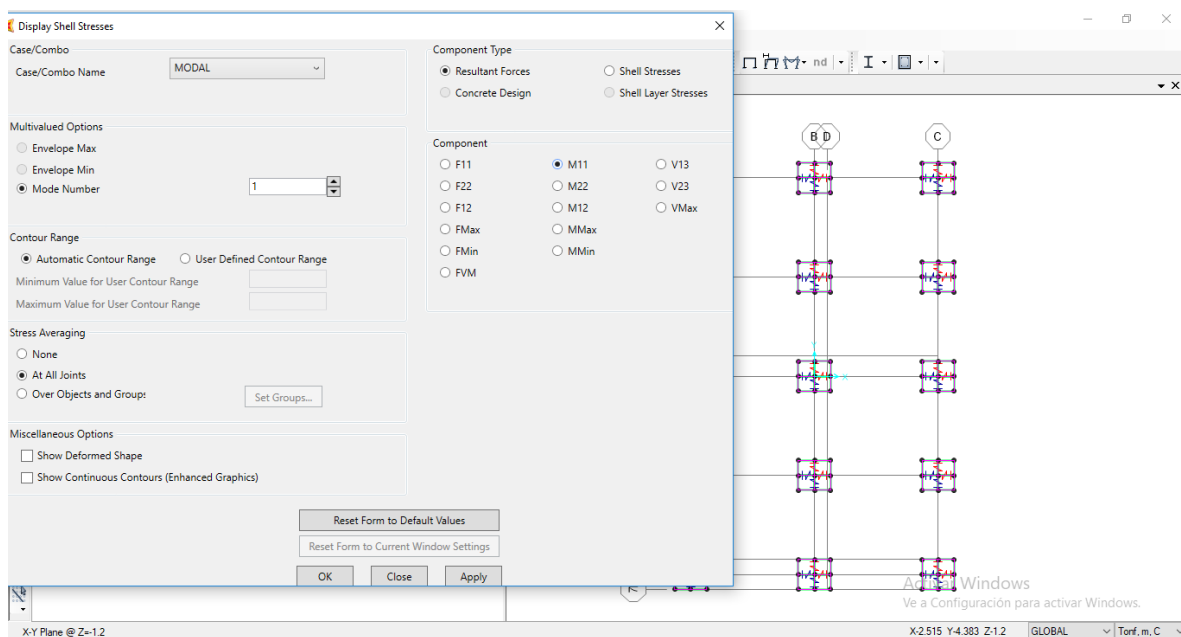
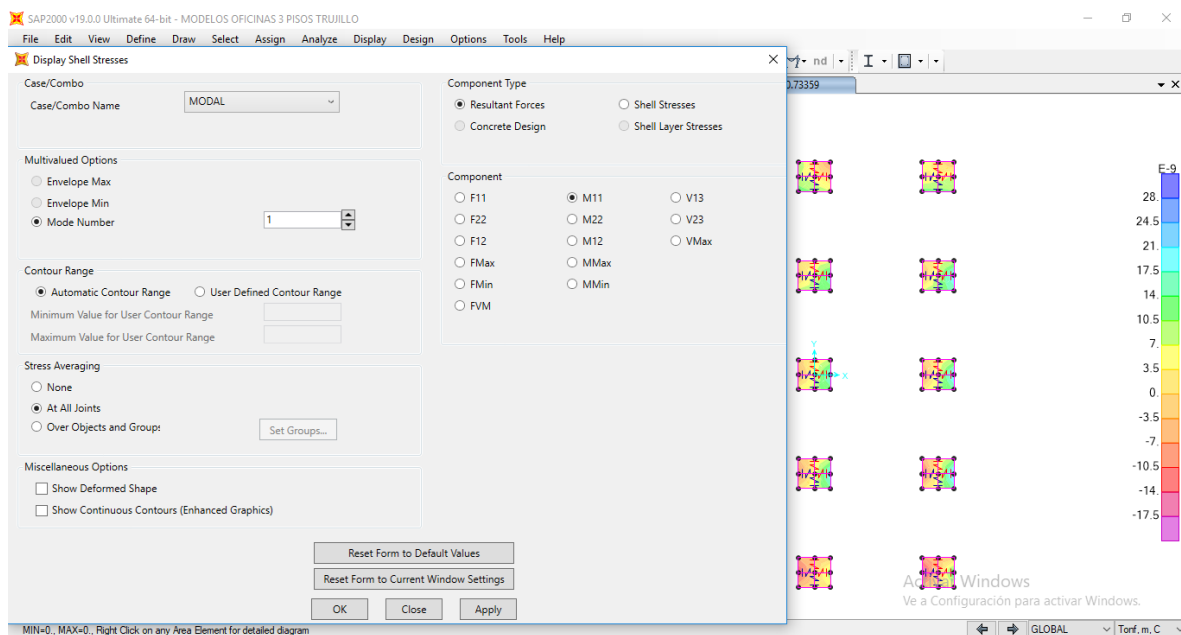
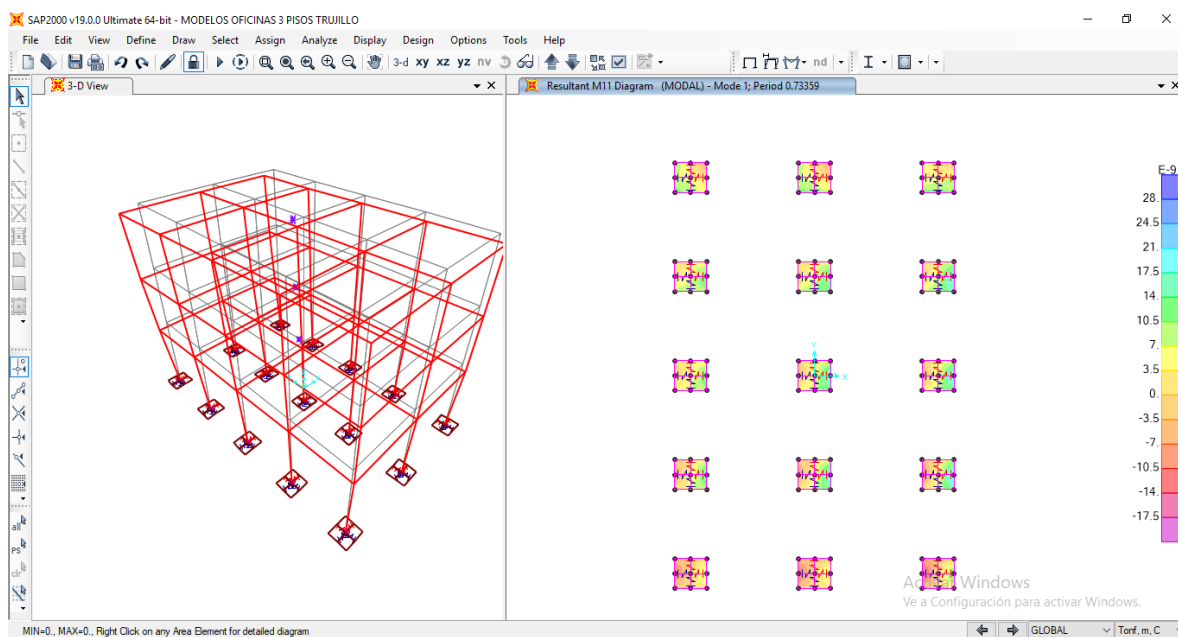


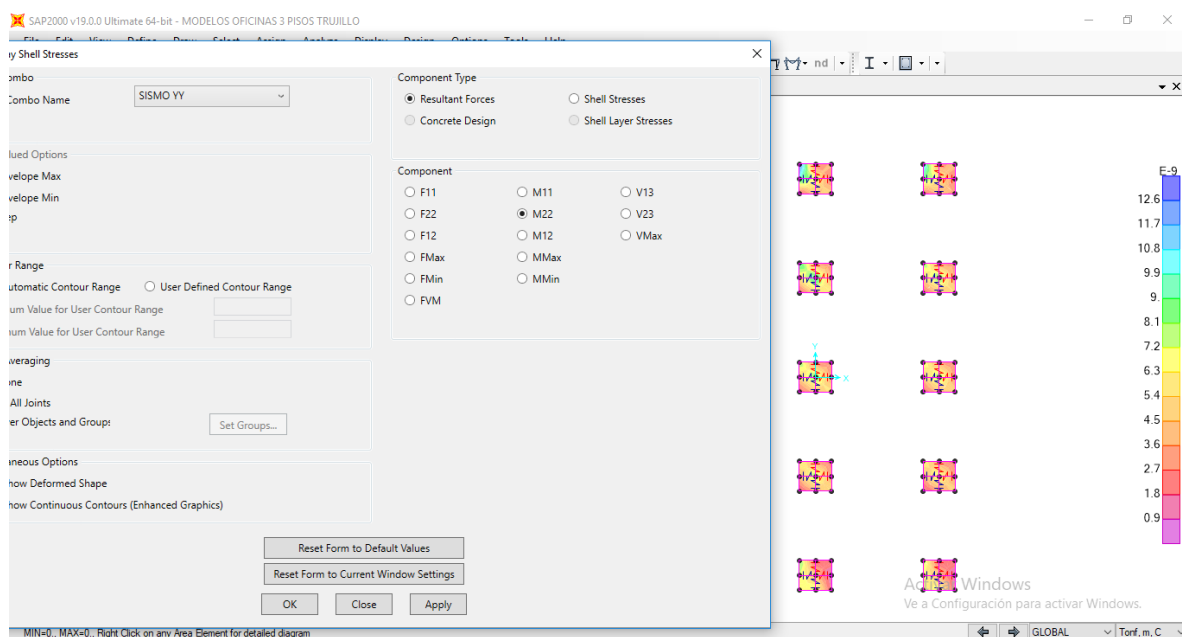
Figura 137.Fuerza.
Fuente: SAP 2000 VS 19



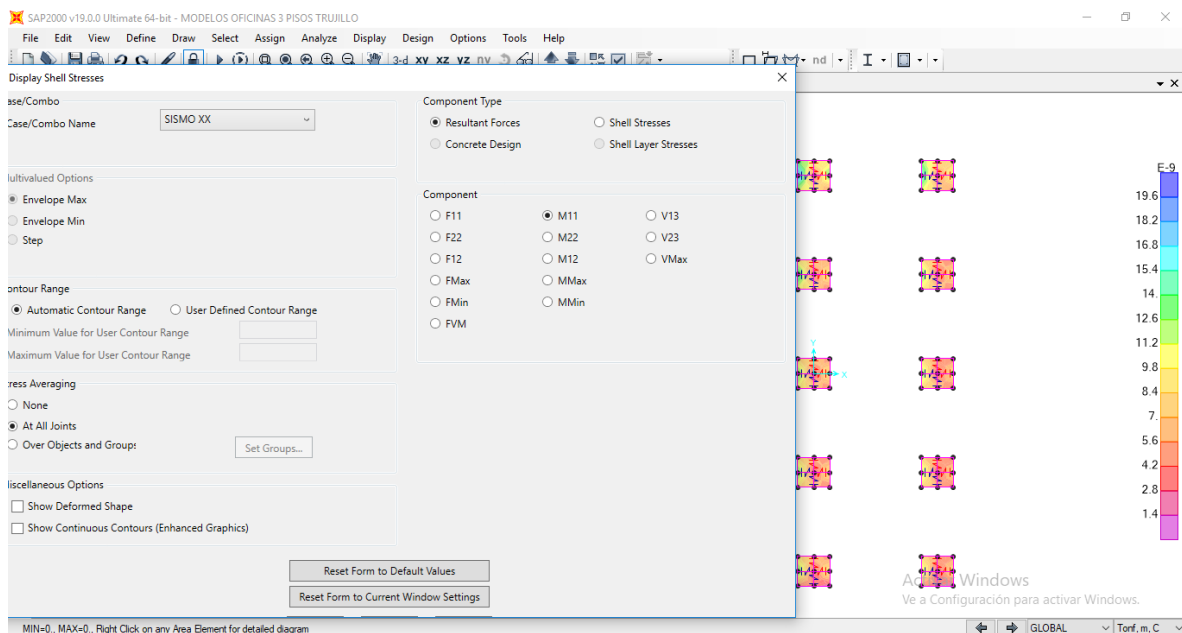
Fuente: SAP 2000 VS 19



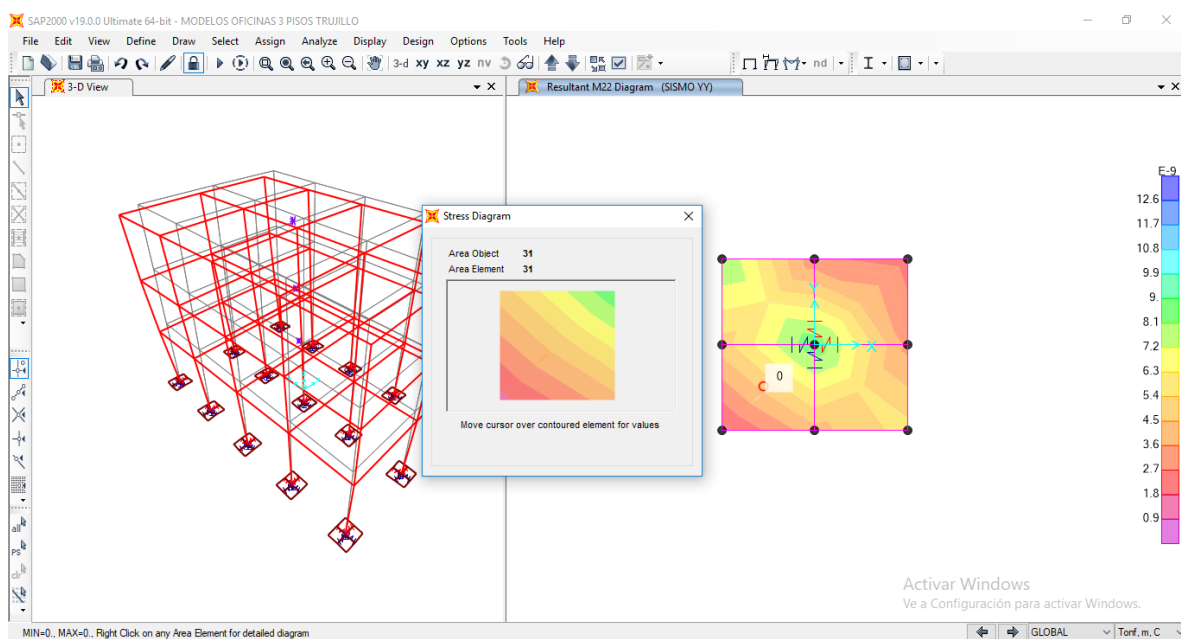
Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19



Fuente: SAP 2000 VS 19

La franja del medio es la más esforzada la dirección en la cual va depender del sismo que se presenta en el cual podemos indicar, que el efecto suelo estructura lo que genera es un incremento en cuanto a lo que es el desplazamiento, y un incremento en el periodo de vibración y una reducción de fuerzas internas.

IV. DISCUSIÓN.

Iniciamos con lo que nos dice la norma técnica peruana de diseño sismo resistente nos dice que se puede suponer que la estructura esta empotrada en la base o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente es decir deja bajo la responsabilidad directa sobre el ingeniero estructural de poder considerar el efecto de interacción suelo estructura sin embargo los programas informáticos caso SAFE, SAP2000, ETABS ya consideran el coeficiente de balasto vertical lateral y coeficientes de rigidez, que son equivalentes a cada uno de los ejes de traslación así como los de rotación, es un trabajo conjunto suelo cimentación y superestructura en el cual es un trabajo más real que un modelo empotrado se podría considerar siempre y cuando la cimentación no sea muy profunda en enterramientos con sótanos o cuando se tiene suelos demasiados rígidos solamente en esos casos el modelo de empotramiento nos puede servir dentro del cálculo estructural en el resto de los casos la interacción suelo-estructura puede influenciar notoriamente en dicho cálculo es decir el enfoque tradicional de la estructura empotrada ya que es un enfoque totalmente desfasado, del concepto actual de lo que es la investigación sismo resistente sino veamos los dos enfoques como son el enfoque geotécnico y el enfoque estructural que están incluidas en la norma técnica sismo resistente peruana (E.030).

Tabla 22
Base reacciones

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
DXX	Combination	Max	761.111	449.8253	0.00000219	3778.40959	6492.35309	1772.66219
DXX	Combination	Min	-761.111	449.8253	-0.00000219	3778.40959	-6492.35309	1772.66219
DYY	Combination	Max	449.8253	767.0575	0.000004987	6444.16359	3852.49354	1715.81125
DYY	Combination	Min	-449.8253	-767.0575	-0.000004987	6444.16359	-3852.49354	1715.81125

Fuente: propia

Tabla 23

Control de programa

TABLE: Program Control												
ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits	SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode	RegenHinge
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text
SAP2000	20.0.0	Ultimate	3010*1BC37SMCJAF8EJ3	Yes	Yes	No	Tonf, m, C	AISC 360-10	ACI 318-14	AA-ASD 2000	AISI-ASD96	Yes

Fuente: propia

Tabla 24
Velocidades conjuntas relativas

TABLE: Joint Velocities - Relative									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m/sec	m/sec	m/sec	rad/sec	rad/sec	rad/sec
1	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0273	0.075	0.089	0
1	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0273	-0.075	-0.089	0
1	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0189	0.094	0.042	0
1	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0189	-0.094	-0.042	0
2	DXX	Combination	Max	1.2469	1.1265	0.0482	0.109	0.178	0.078
2	DXX	Combination	Min	-1.2469	-1.1265	-0.0482	-0.109	-0.178	0.078
2	DYY	Combination	Max	0.5989	1.4022	0.0334	0.133	0.088	0.067
2	DYY	Combination	Min	-0.5989	-1.4022	-0.0334	-0.133	-0.088	0.067
3	DXX	Combination	Max	1.9594	1.6418	0.0565	0.069	0.128	0.118
3	DXX	Combination	Min	-1.9594	-1.6418	-0.0565	-0.069	-0.128	0.118

3	DYY	Combination	Max	0.9618	1.9852	0.0389	0.087	0.057	0.102
									-
3	DYY	Combination	Min	-0.9618	-1.9852	-0.0389	-0.087	-0.057	0.102
4	DXX	Combination	Max	2.3956	1.9256	0.0592	0.039	0.084	0.141
									-
4	DXX	Combination	Min	-2.3956	-1.9256	-0.0592	-0.039	-0.084	0.141
4	DYY	Combination	Max	1.173	2.3162	0.0406	0.054	0.033	0.122
									-
4	DYY	Combination	Min	-1.173	-2.3162	-0.0406	-0.054	-0.033	0.122
5	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0161	0.082	0.094	0
5	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0161	-0.082	-0.094	0
5	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0097	0.103	0.047	0
5	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0097	-0.103	-0.047	0
6	DXX	Combination	Max	1.3102	1.1265	0.0283	0.055	0.187	0.078
									-
6	DXX	Combination	Min	-1.3102	-1.1265	-0.0283	-0.055	-0.187	0.078
6	DYY	Combination	Max	0.6676	1.4022	0.0171	0.067	0.098	0.067
									-
6	DYY	Combination	Min	-0.6676	-1.4022	-0.0171	-0.067	-0.098	0.067
7	DXX	Combination	Max	2.0538	1.6418	0.0337	0.042	0.137	0.118
									-
7	DXX	Combination	Min	-2.0538	-1.6418	-0.0337	-0.042	-0.137	0.118
7	DYY	Combination	Max	1.0795	1.9852	0.0198	0.053	0.064	0.102
									-
7	DYY	Combination	Min	-1.0795	-1.9852	-0.0198	-0.053	-0.064	0.102
8	DXX	Combination	Max	2.5151	1.9256	0.0356	0.018	0.091	0.141
									-
8	DXX	Combination	Min	-2.5151	-1.9256	-0.0356	-0.018	-0.091	0.141
8	DYY	Combination	Max	1.3188	2.3162	0.0206	0.026	0.036	0.122
									-
8	DYY	Combination	Min	-1.3188	-2.3162	-0.0206	-0.026	-0.036	0.122
9	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0189	0.081	0.104	0
9	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0189	-0.081	-0.104	0
9	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0105	0.101	0.058	0
9	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0105	-0.101	-0.058	0
10	DXX	Combination	Max	1.4404	1.1265	0.0334	0.062	0.204	0.078
									-
10	DXX	Combination	Min	-1.4404	-1.1265	-0.0334	-0.062	-0.204	0.078
10	DYY	Combination	Max	0.8221	1.4022	0.0186	0.076	0.12	0.067
									-
10	DYY	Combination	Min	-0.8221	-1.4022	-0.0186	-0.076	-0.12	0.067
11	DXX	Combination	Max	2.2458	1.6418	0.0396	0.041	0.151	0.118
									-
11	DXX	Combination	Min	-2.2458	-1.6418	-0.0396	-0.041	-0.151	0.118
11	DYY	Combination	Max	1.319	1.9852	0.0217	0.053	0.077	0.102
									-
11	DYY	Combination	Min	-1.319	-1.9852	-0.0217	-0.053	-0.077	0.102

12	DXX	Combination	Max	2.748	1.9256	0.0418	0.017	0.102	0.141
									-
12	DXX	Combination	Min	-2.748	-1.9256	-0.0418	-0.017	-0.102	0.141
12	DYY	Combination	Max	1.6053	2.3162	0.0227	0.025	0.043	0.122
									-
12	DYY	Combination	Min	-1.6053	-2.3162	-0.0227	-0.025	-0.043	0.122
13	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0226	0.082	0.117	0
13	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0226	-0.082	-0.117	0
13	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0119	0.103	0.073	0
13	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0119	-0.103	-0.073	0
14	DXX	Combination	Max	1.6214	1.1265	0.0399	0.055	0.228	0.078
									-
14	DXX	Combination	Min	-1.6214	-1.1265	-0.0399	-0.055	-0.228	0.078
14	DYY	Combination	Max	1.0242	1.4022	0.021	0.067	0.147	0.067
									-
14	DYY	Combination	Min	-1.0242	-1.4022	-0.021	-0.067	-0.147	0.067
15	DXX	Combination	Max	2.5131	1.6418	0.0471	0.042	0.169	0.118
									-
15	DXX	Combination	Min	-2.5131	-1.6418	-0.0471	-0.042	-0.169	0.118
15	DYY	Combination	Max	1.6274	1.9852	0.0246	0.053	0.094	0.102
									-
15	DYY	Combination	Min	-1.6274	-1.9852	-0.0246	-0.053	-0.094	0.102
16	DXX	Combination	Max	3.0686	1.9256	0.0496	0.018	0.115	0.141
									-
16	DXX	Combination	Min	-3.0686	-1.9256	-0.0496	-0.018	-0.115	0.141
16	DYY	Combination	Max	1.972	2.3162	0.0257	0.026	0.053	0.122
									-
16	DYY	Combination	Min	-1.972	-2.3162	-0.0257	-0.026	-0.053	0.122
17	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0156	0.075	0.133	0
17	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0156	-0.075	-0.133	0
17	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0291	0.094	0.089	0
17	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0291	-0.094	-0.089	0
18	DXX	Combination	Max	1.8382	1.1265	0.0275	0.109	0.255	0.078
									-
18	DXX	Combination	Min	-1.8382	-1.1265	-0.0275	-0.109	-0.255	0.078
18	DYY	Combination	Max	1.251	1.4022	0.0512	0.133	0.176	0.067
									-
18	DYY	Combination	Min	-1.251	-1.4022	-0.0512	-0.133	-0.176	0.067
19	DXX	Combination	Max	2.8346	1.6418	0.0327	0.069	0.188	0.118
									-
19	DXX	Combination	Min	-2.8346	-1.6418	-0.0327	-0.069	-0.188	0.118
19	DYY	Combination	Max	1.9727	1.9852	0.0597	0.087	0.111	0.102
									-
19	DYY	Combination	Min	-1.9727	-1.9852	-0.0597	-0.087	-0.111	0.102
20	DXX	Combination	Max	3.4526	1.9256	0.0345	0.039	0.128	0.141
									-
20	DXX	Combination	Min	-3.4526	-1.9256	-0.0345	-0.039	-0.128	0.141

20	DYY	Combination	Max	2.3822	2.3162	0.0623	0.054	0.063	0.122
									-
20	DYY	Combination	Min	-2.3822	-2.3162	-0.0623	-0.054	-0.063	0.122
21	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0121	0.063	0.099	0
21	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0121	-0.063	-0.099	0
21	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0211	0.109	0.047	0
21	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0211	-0.109	-0.047	0
22	DXX	Combination	Max	1.2469	0.954	0.0213	0.092	0.116	0.078
									-
22	DXX	Combination	Min	-1.2469	-0.954	-0.0213	-0.092	-0.116	0.078
22	DYY	Combination	Max	0.5989	1.6237	0.0372	0.155	0.057	0.067
									-
22	DYY	Combination	Min	-0.5989	-1.6237	-0.0372	-0.155	-0.057	0.067
23	DXX	Combination	Max	1.9594	1.3814	0.0245	0.054	0.099	0.118
									-
23	DXX	Combination	Min	-1.9594	-1.3814	-0.0245	-0.054	-0.099	0.118
23	DYY	Combination	Max	0.9618	2.319	0.0434	0.102	0.045	0.102
									-
23	DYY	Combination	Min	-0.9618	-2.319	-0.0434	-0.102	-0.045	0.102
24	DXX	Combination	Max	2.3956	1.6099	0.0254	0.03	0.05	0.141
									-
24	DXX	Combination	Min	-2.3956	-1.6099	-0.0254	-0.03	-0.05	0.141
24	DYY	Combination	Max	1.173	2.7133	0.0452	0.062	0.02	0.122
									-
24	DYY	Combination	Min	-1.173	-2.7133	-0.0452	-0.062	-0.02	0.122
25	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0017	0.07	0.104	0
25	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0017	-0.07	-0.104	0
25	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0029	0.119	0.052	0
25	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0029	-0.119	-0.052	0
26	DXX	Combination	Max	1.3102	0.954	0.0029	0.046	0.121	0.078
									-
26	DXX	Combination	Min	-1.3102	-0.954	-0.0029	-0.046	-0.121	0.078
26	DYY	Combination	Max	0.6676	1.6237	0.0051	0.078	0.064	0.067
									-
26	DYY	Combination	Min	-0.6676	-1.6237	-0.0051	-0.078	-0.064	0.067
27	DXX	Combination	Max	2.0538	1.3814	0.0031	0.034	0.106	0.118
									-
27	DXX	Combination	Min	-2.0538	-1.3814	-0.0031	-0.034	-0.106	0.118
27	DYY	Combination	Max	1.0795	2.319	0.0056	0.062	0.05	0.102
									-
27	DYY	Combination	Min	-1.0795	-2.319	-0.0056	-0.062	-0.05	0.102
28	DXX	Combination	Max	2.5151	1.6099	0.0031	0.015	0.054	0.141
									-
28	DXX	Combination	Min	-2.5151	-1.6099	-0.0031	-0.015	-0.054	0.141
28	DYY	Combination	Max	1.3188	2.7133	0.0057	0.03	0.022	0.122
									-
28	DYY	Combination	Min	-1.3188	-2.7133	-0.0057	-0.03	-0.022	0.122

29	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	2.987E-09	0.069	0.115	0
29	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-2.987E-09	-0.069	-0.115	0
29	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	8.229E-10	0.117	0.065	0
29	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-8.229E-10	-0.117	-0.065	0
30	DXX	Combination	Max	1.4404	0.954	2.807E-09	0.052	0.133	0.078
30	DXX	Combination	Min	-1.4404	-0.954	-2.807E-09	-0.052	-0.133	0.078
30	DYY	Combination	Max	0.8221	1.6237	7.679E-10	0.088	0.078	0.067
30	DYY	Combination	Min	-0.8221	-1.6237	-7.679E-10	-0.088	-0.078	0.067
31	DXX	Combination	Max	2.2458	1.3814	2.708E-09	0.033	0.116	0.118
31	DXX	Combination	Min	-2.2458	-1.3814	-2.708E-09	-0.033	-0.116	0.118
31	DYY	Combination	Max	1.319	2.319	7.404E-10	0.062	0.061	0.102
31	DYY	Combination	Min	-1.319	-2.319	-7.404E-10	-0.062	-0.061	0.102
32	DXX	Combination	Max	2.748	1.6099	2.666E-09	0.013	0.061	0.141
32	DXX	Combination	Min	-2.748	-1.6099	-2.666E-09	-0.013	-0.061	0.141
32	DYY	Combination	Max	1.6053	2.7133	7.282E-10	0.029	0.027	0.122
32	DYY	Combination	Min	-1.6053	-2.7133	-7.282E-10	-0.029	-0.027	0.122
33	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.0017	0.07	0.129	0
33	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.0017	-0.07	-0.129	0
33	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0029	0.119	0.081	0
33	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0029	-0.119	-0.081	0
34	DXX	Combination	Max	1.6214	0.954	0.0029	0.046	0.148	0.078
34	DXX	Combination	Min	-1.6214	-0.954	-0.0029	-0.046	-0.148	0.078
34	DYY	Combination	Max	1.0242	1.6237	0.0051	0.078	0.096	0.067
34	DYY	Combination	Min	-1.0242	-1.6237	-0.0051	-0.078	-0.096	0.067
35	DXX	Combination	Max	2.5131	1.3814	0.0031	0.034	0.13	0.118
35	DXX	Combination	Min	-2.5131	-1.3814	-0.0031	-0.034	-0.13	0.118
35	DYY	Combination	Max	1.6274	2.319	0.0056	0.062	0.074	0.102
35	DYY	Combination	Min	-1.6274	-2.319	-0.0056	-0.062	-0.074	0.102
36	DXX	Combination	Max	3.0686	1.6099	0.0031	0.015	0.068	0.141
36	DXX	Combination	Min	-3.0686	-1.6099	-0.0031	-0.015	-0.068	0.141
36	DYY	Combination	Max	1.972	2.7133	0.0057	0.03	0.033	0.122
36	DYY	Combination	Min	-1.972	-2.7133	-0.0057	-0.03	-0.033	0.122
37	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0121	0.063	0.147	0
37	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0121	-0.063	-0.147	0

37	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0211	0.109	0.099	0
37	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0211	-0.109	-0.099	0
38	DXX	Combination	Max	1.8382	0.954	0.0213	0.092	0.166	0.078
38	DXX	Combination	Min	-1.8382	-0.954	-0.0213	-0.092	-0.166	0.078
38	DYY	Combination	Max	1.251	1.6237	0.0372	0.155	0.115	0.067
38	DYY	Combination	Min	-1.251	-1.6237	-0.0372	-0.155	-0.115	0.067
39	DXX	Combination	Max	2.8346	1.3814	0.0245	0.054	0.145	0.118
39	DXX	Combination	Min	-2.8346	-1.3814	-0.0245	-0.054	-0.145	0.118
39	DYY	Combination	Max	1.9727	2.319	0.0434	0.102	0.088	0.102
39	DYY	Combination	Min	-1.9727	-2.319	-0.0434	-0.102	-0.088	0.102
40	DXX	Combination	Max	3.4526	1.6099	0.0254	0.03	0.076	0.141
40	DXX	Combination	Min	-3.4526	-1.6099	-0.0254	-0.03	-0.076	0.141
40	DYY	Combination	Max	2.3822	2.7133	0.0452	0.062	0.038	0.122
40	DYY	Combination	Min	-2.3822	-2.7133	-0.0452	-0.062	-0.038	0.122
41	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0142	0.062	0.089	0
41	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0142	-0.062	-0.089	0
41	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0268	0.126	0.042	0
41	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0268	-0.126	-0.042	0
42	DXX	Combination	Max	1.2469	0.9261	0.025	0.09	0.178	0.078
42	DXX	Combination	Min	-1.2469	-0.9261	-0.025	-0.09	-0.178	0.078
42	DYY	Combination	Max	0.5989	1.8787	0.0473	0.18	0.088	0.067
42	DYY	Combination	Min	-0.5989	-1.8787	-0.0473	-0.18	-0.088	0.067
43	DXX	Combination	Max	1.9594	1.3487	0.0296	0.052	0.128	0.118
43	DXX	Combination	Min	-1.9594	-1.3487	-0.0296	-0.052	-0.128	0.118
43	DYY	Combination	Max	0.9618	2.7088	0.0551	0.119	0.057	0.102
43	DYY	Combination	Min	-0.9618	-2.7088	-0.0551	-0.119	-0.057	0.102
44	DXX	Combination	Max	2.3956	1.5729	0.0312	0.028	0.084	0.141
44	DXX	Combination	Min	-2.3956	-1.5729	-0.0312	-0.028	-0.084	0.141
44	DYY	Combination	Max	1.173	3.1781	0.0574	0.072	0.033	0.122
44	DYY	Combination	Min	-1.173	-3.1781	-0.0574	-0.072	-0.033	0.122
45	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0181	0.068	0.094	0
45	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0181	-0.068	-0.094	0
45	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.008	0.137	0.047	0
45	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.008	-0.137	-0.047	0
46	DXX	Combination	Max	1.3102	0.9261	0.0319	0.045	0.187	0.078

46	DXX	Combination	Min	-1.3102	-0.9261	-0.0319	-0.045	-0.187	0.078
46	DYY	Combination	Max	0.6676	1.8787	0.0142	0.091	0.098	0.067
46	DYY	Combination	Min	-0.6676	-1.8787	-0.0142	-0.091	-0.098	0.067
47	DXX	Combination	Max	2.0538	1.3487	0.0376	0.032	0.137	0.118
47	DXX	Combination	Min	-2.0538	-1.3487	-0.0376	-0.032	-0.137	0.118
47	DYY	Combination	Max	1.0795	2.7088	0.0166	0.072	0.064	0.102
47	DYY	Combination	Min	-1.0795	-2.7088	-0.0166	-0.072	-0.064	0.102
48	DXX	Combination	Max	2.5151	1.5729	0.0395	0.014	0.091	0.141
48	DXX	Combination	Min	-2.5151	-1.5729	-0.0395	-0.014	-0.091	0.141
48	DYY	Combination	Max	1.3188	3.1781	0.0174	0.034	0.036	0.122
48	DYY	Combination	Min	-1.3188	-3.1781	-0.0174	-0.034	-0.036	0.122
49	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0189	0.067	0.104	0
49	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0189	-0.067	-0.104	0
49	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0105	0.136	0.058	0
49	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0105	-0.136	-0.058	0
50	DXX	Combination	Max	1.4404	0.9261	0.0334	0.051	0.204	0.078
50	DXX	Combination	Min	-1.4404	-0.9261	-0.0334	-0.051	-0.204	0.078
50	DYY	Combination	Max	0.8221	1.8787	0.0186	0.102	0.12	0.067
50	DYY	Combination	Min	-0.8221	-1.8787	-0.0186	-0.102	-0.12	0.067
51	DXX	Combination	Max	2.2458	1.3487	0.0396	0.032	0.151	0.118
51	DXX	Combination	Min	-2.2458	-1.3487	-0.0396	-0.032	-0.151	0.118
51	DYY	Combination	Max	1.319	2.7088	0.0217	0.072	0.077	0.102
51	DYY	Combination	Min	-1.319	-2.7088	-0.0217	-0.072	-0.077	0.102
52	DXX	Combination	Max	2.748	1.5729	0.0418	0.012	0.102	0.141
52	DXX	Combination	Min	-2.748	-1.5729	-0.0418	-0.012	-0.102	0.141
52	DYY	Combination	Max	1.6053	3.1781	0.0227	0.032	0.043	0.122
52	DYY	Combination	Min	-1.6053	-3.1781	-0.0227	-0.032	-0.043	0.122
53	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0206	0.068	0.117	0
53	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0206	-0.068	-0.117	0
53	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0153	0.137	0.073	0
53	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0153	-0.137	-0.073	0
54	DXX	Combination	Max	1.6214	0.9261	0.0364	0.045	0.228	0.078
54	DXX	Combination	Min	-1.6214	-0.9261	-0.0364	-0.045	-0.228	0.078
54	DYY	Combination	Max	1.0242	1.8787	0.027	0.091	0.147	0.067

54	DYY	Combination	Min	-1.0242	-1.8787	-0.027	-0.091	-0.147	-
54	DYY	Combination	Max	-1.0242	-1.8787	-0.027	-0.091	-0.147	0.067
55	DXX	Combination	Max	2.5131	1.3487	0.0433	0.032	0.169	0.118
55	DXX	Combination	Min	-2.5131	-1.3487	-0.0433	-0.032	-0.169	-
55	DXX	Combination	Min	-2.5131	-1.3487	-0.0433	-0.032	-0.169	0.118
55	DYY	Combination	Max	1.6274	2.7088	0.0311	0.072	0.094	0.102
55	DYY	Combination	Min	-1.6274	-2.7088	-0.0311	-0.072	-0.094	-
55	DYY	Combination	Min	-1.6274	-2.7088	-0.0311	-0.072	-0.094	0.102
56	DXX	Combination	Max	3.0686	1.5729	0.0457	0.014	0.115	0.141
56	DXX	Combination	Min	-3.0686	-1.5729	-0.0457	-0.014	-0.115	-
56	DXX	Combination	Min	-3.0686	-1.5729	-0.0457	-0.014	-0.115	0.141
56	DYY	Combination	Max	1.972	3.1781	0.0323	0.034	0.053	0.122
56	DYY	Combination	Min	-1.972	-3.1781	-0.0323	-0.034	-0.053	-
56	DYY	Combination	Min	-1.972	-3.1781	-0.0323	-0.034	-0.053	0.122
57	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0289	0.062	0.133	0
57	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0289	-0.062	-0.133	0
57	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.0177	0.126	0.089	0
57	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.0177	-0.126	-0.089	0
58	DXX	Combination	Max	1.8382	0.9261	0.051	0.09	0.255	0.078
58	DXX	Combination	Min	-1.8382	-0.9261	-0.051	-0.09	-0.255	-
58	DXX	Combination	Min	-1.8382	-0.9261	-0.051	-0.09	-0.255	0.078
58	DYY	Combination	Max	1.251	1.8787	0.0312	0.18	0.176	0.067
58	DYY	Combination	Min	-1.251	-1.8787	-0.0312	-0.18	-0.176	-
58	DYY	Combination	Min	-1.251	-1.8787	-0.0312	-0.18	-0.176	0.067
59	DXX	Combination	Max	2.8346	1.3487	0.0599	0.052	0.188	0.118
59	DXX	Combination	Min	-2.8346	-1.3487	-0.0599	-0.052	-0.188	-
59	DXX	Combination	Min	-2.8346	-1.3487	-0.0599	-0.052	-0.188	0.118
59	DYY	Combination	Max	1.9727	2.7088	0.0364	0.119	0.111	0.102
59	DYY	Combination	Min	-1.9727	-2.7088	-0.0364	-0.119	-0.111	-
59	DYY	Combination	Min	-1.9727	-2.7088	-0.0364	-0.119	-0.111	0.102
60	DXX	Combination	Max	3.4526	1.5729	0.0629	0.028	0.128	0.141
60	DXX	Combination	Min	-3.4526	-1.5729	-0.0629	-0.028	-0.128	-
60	DXX	Combination	Min	-3.4526	-1.5729	-0.0629	-0.028	-0.128	0.141
60	DYY	Combination	Max	2.3822	3.1781	0.0379	0.072	0.063	0.122
60	DYY	Combination	Min	-2.3822	-3.1781	-0.0379	-0.072	-0.063	-
60	DYY	Combination	Min	-2.3822	-3.1781	-0.0379	-0.072	-0.063	0.122
61	DXX	Combination	Max	1.4739	0.9435	0	0	0	0.078
61	DXX	Combination	Min	-1.4739	-0.9435	0	0	0	-
61	DXX	Combination	Min	-1.4739	-0.9435	0	0	0	0.078
61	DYY	Combination	Max	0.8606	1.6491	0	0	0	0.067
61	DYY	Combination	Min	-0.8606	-1.6491	0	0	0	-
61	DYY	Combination	Min	-0.8606	-1.6491	0	0	0	0.067
62	DXX	Combination	Max	2.2952	1.3661	0	0	0	0.118
62	DXX	Combination	Min	-2.2952	-1.3661	0	0	0	-
62	DXX	Combination	Min	-2.2952	-1.3661	0	0	0	0.118
62	DYY	Combination	Max	1.378	2.3578	0	0	0	0.102
62	DYY	Combination	Min	-1.378	-2.3578	0	0	0	-
62	DYY	Combination	Min	-1.378	-2.3578	0	0	0	0.102

63	DXX	Combination	Max	2.8075	1.5914	0	0	0	0.141
									-
63	DXX	Combination	Min	-2.8075	-1.5914	0	0	0	0.141
63	DYY	Combination	Max	1.6755	2.7594	0	0	0	0.122
									-
63	DYY	Combination	Min	-1.6755	-2.7594	0	0	0	0.122
64	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0797	0.075	0.089	2.197 E-15
									-
64	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0797	-0.075	-0.089	2.197 E-15
64	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0383	0.094	0.042	3.124 E-15
									-
64	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0383	-0.094	-0.042	3.124 E-15
65	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0302	0.075	0.089	2.198 E-15
									-
65	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0302	-0.075	-0.089	2.198 E-15
65	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0446	0.094	0.042	3.128 E-15
									-
65	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0446	-0.094	-0.042	3.128 E-15
66	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.062	0.075	0.089	1.046 E-17
									-
66	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.062	-0.075	-0.089	1.046 E-17
66	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0565	0.094	0.042	1.537 E-17
									-
66	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0565	-0.094	-0.042	1.537 E-17
67	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0434	0.075	0.089	2.196 E-15
									-
67	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0434	-0.075	-0.089	2.196 E-15
67	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0276	0.094	0.042	3.127 E-15
									-
67	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0276	-0.094	-0.042	3.127 E-15
68	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0687	0.075	0.089	1.668 E-17

									-
68	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0687	-0.075	-0.089	1.668 E-17
68	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.048	0.094	0.042	2.336 E-17
									-
68	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.048	-0.094	-0.042	2.336 E-17
69	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0681	0.075	0.089	2.198 E-15
									-
69	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0681	-0.075	-0.089	2.198 E-15
69	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0713	0.094	0.042	3.126 E-15
									-
69	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0713	-0.094	-0.042	3.126 E-15
70	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.0557	0.075	0.089	2.038 E-17
									-
70	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.0557	-0.075	-0.089	2.038 E-17
70	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0748	0.094	0.042	2.585 E-17
									-
70	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0748	-0.094	-0.042	2.585 E-17
71	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0071	0.1136	0.075	0.089	1.443 E-17
									-
71	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0071	-0.1136	-0.075	-0.089	1.443 E-17
71	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0089	0.0781	0.094	0.042	2.279 E-17
									-
71	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0089	-0.0781	-0.094	-0.042	2.279 E-17
72	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0744	0.082	0.094	1.387 E-15
									-
72	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0744	-0.082	-0.094	1.387 E-15
72	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0397	0.103	0.047	1.56E -15
									-
72	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0397	-0.103	-0.047	1.56E -15
73	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0441	0.082	0.094	1.41E -15

									-
73	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0441	-0.082	-0.094	1.41E-15
73	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0667	0.103	0.047	1.583E-15
									-
73	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0667	-0.103	-0.047	1.583E-15
74	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0587	0.082	0.094	5.348E-18
									-
74	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0587	-0.082	-0.094	5.348E-18
74	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0836	0.103	0.047	7.987E-18
									-
74	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0836	-0.103	-0.047	7.987E-18
75	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0497	0.082	0.094	1.387E-15
									-
75	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0497	-0.082	-0.094	1.387E-15
75	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0219	0.103	0.047	1.574E-15
									-
75	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0219	-0.103	-0.047	1.574E-15
76	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0891	0.082	0.094	9.818E-18
									-
76	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0891	-0.082	-0.094	9.818E-18
76	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0615	0.103	0.047	1.942E-17
									-
76	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0615	-0.103	-0.047	1.942E-17
77	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0586	0.082	0.094	1.365E-15
									-
77	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0586	-0.082	-0.094	1.365E-15
77	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0577	0.103	0.047	1.563E-15
									-
77	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0577	-0.103	-0.047	1.563E-15
78	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.0432	0.082	0.094	2.309E-17

									-
78	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.0432	-0.082	-0.094	2.309 E-17
78	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.069	0.103	0.047	1.814 E-17
									-
78	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.069	-0.103	-0.047	1.814 E-17
79	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0083	0.1118	0.082	0.094	2.124 E-17
									-
79	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0083	-0.1118	-0.082	-0.094	2.124 E-17
79	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0104	0.0614	0.103	0.047	3.834 E-17
									-
79	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0104	-0.0614	-0.103	-0.047	3.834 E-17
80	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0829	0.081	0.104	3.442 E-15
									-
80	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0829	-0.081	-0.104	3.442 E-15
80	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0479	0.101	0.058	6.967 E-15
									-
80	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0479	-0.101	-0.058	6.967 E-15
81	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0406	0.081	0.104	3.45E -15
									-
81	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0406	-0.081	-0.104	3.45E -15
81	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0657	0.101	0.058	6.977 E-15
									-
81	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0657	-0.101	-0.058	6.977 E-15
82	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0598	0.081	0.104	2.975 E-17
									-
82	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0598	-0.081	-0.104	2.975 E-17
82	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0919	0.101	0.058	4.878 E-17
									-
82	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0919	-0.101	-0.058	4.878 E-17
83	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0543	0.081	0.104	3.442 E-15

									-
83	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0543	-0.081	-0.104	3.442 E-15
83	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0278	0.101	0.058	6.973 E-15
									-
83	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0278	-0.101	-0.058	6.973 E-15
84	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0939	0.081	0.104	2.665 E-17
									-
84	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0939	-0.081	-0.104	2.665 E-17
84	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.055	0.101	0.058	4.846 E-17
									-
84	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.055	-0.101	-0.058	4.846 E-17
85	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0618	0.081	0.104	3.435 E-15
									-
85	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0618	-0.081	-0.104	3.435 E-15
85	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0576	0.101	0.058	6.965 E-15
									-
85	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0576	-0.101	-0.058	6.965 E-15
86	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.0428	0.081	0.104	4.608 E-17
									-
86	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.0428	-0.081	-0.104	4.608 E-17
86	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.077	0.101	0.058	5.272 E-17
									-
86	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.077	-0.101	-0.058	5.272 E-17
87	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0081	0.1221	0.081	0.104	3.153 E-17
									-
87	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0081	-0.1221	-0.081	-0.104	3.153 E-17
87	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0102	0.0597	0.101	0.058	6.071 E-17
									-
87	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0102	-0.0597	-0.101	-0.058	6.071 E-17
88	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0945	0.082	0.117	1.891 E-15

									-
88	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0945	-0.082	-0.117	1.891 E-15
88	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0585	0.103	0.073	8.558 E-16
									-
88	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0585	-0.103	-0.073	8.558 E-16
89	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0387	0.082	0.117	1.867 E-15
									-
89	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0387	-0.082	-0.117	1.867 E-15
89	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0661	0.103	0.073	8.451 E-16
									-
89	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0661	-0.103	-0.073	8.451 E-16
90	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0665	0.082	0.117	1.212 E-17
									-
90	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0665	-0.082	-0.117	1.212 E-17
90	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.1028	0.103	0.073	2.374 E-17
									-
90	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.1028	-0.103	-0.073	2.374 E-17
91	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0608	0.082	0.117	1.894 E-15
									-
91	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0608	-0.082	-0.117	1.894 E-15
91	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0363	0.103	0.073	8.582 E-16
									-
91	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0363	-0.103	-0.073	8.582 E-16
92	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.1008	0.082	0.117	2.785 E-17
									-
92	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.1008	-0.082	-0.117	2.785 E-17
92	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0515	0.103	0.073	1.202 E-17
									-
92	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0515	-0.103	-0.073	1.202 E-17
93	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0663	0.082	0.117	1.925 E-15

									-
93	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0663	-0.082	-0.117	1.925 E-15
93	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0592	0.103	0.073	8.752 E-16
									-
93	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0592	-0.103	-0.073	8.752 E-16
94	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.0458	0.082	0.117	8.969 E-18
									-
94	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.0458	-0.082	-0.117	8.969 E-18
94	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.087	0.103	0.073	1.854 E-17
									-
94	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.087	-0.103	-0.073	1.854 E-17
95	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0083	0.1353	0.082	0.117	2.308 E-17
									-
95	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0083	-0.1353	-0.082	-0.117	2.308 E-17
95	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0104	0.0623	0.103	0.073	2.503 E-17
									-
95	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0104	-0.0623	-0.103	-0.073	2.503 E-17
96	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0964	0.075	0.133	4.079 E-15
									-
96	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0964	-0.075	-0.133	4.079 E-15
96	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0824	0.094	0.089	5.213 E-15
									-
96	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0824	-0.094	-0.089	5.213 E-15
97	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0464	0.075	0.133	4.033 E-15
									-
97	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0464	-0.075	-0.133	4.033 E-15
97	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0805	0.094	0.089	5.189 E-15
									-
97	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0805	-0.094	-0.089	5.189 E-15
98	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0734	0.075	0.133	4.256 E-17

									-
98	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0734	-0.075	-0.133	4.256 E-17
98	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.1263	0.094	0.089	5.733 E-17
									-
98	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.1263	-0.094	-0.089	5.733 E-17
99	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0789	0.075	0.133	4.076 E-15
									-
99	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0789	-0.075	-0.133	4.076 E-15
99	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0405	0.094	0.089	5.216 E-15
									-
99	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0405	-0.094	-0.089	5.216 E-15
100	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.1181	0.075	0.133	4.683 E-17
									-
100	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.1181	-0.075	-0.133	4.683 E-17
100	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0613	0.094	0.089	4.372 E-17
									-
100	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0613	-0.094	-0.089	4.372 E-17
101	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0489	0.075	0.133	4.117 E-15
									-
101	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0489	-0.075	-0.133	4.117 E-15
101	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0397	0.094	0.089	5.242 E-15
									-
101	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0397	-0.094	-0.089	5.242 E-15
102	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.0506	0.075	0.133	1.846 E-17
									-
102	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.0506	-0.075	-0.133	1.846 E-17
102	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0767	0.094	0.089	3.585 E-17
									-
102	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0767	-0.094	-0.089	3.585 E-17
103	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0071	0.1313	0.075	0.133	2.126 E-17

									-
103	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0071	-0.1313	-0.075	-0.133	2.126 E-17
103	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0089	0.0633	0.094	0.089	2.541 E-17
									-
103	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0089	-0.0633	-0.094	-0.089	2.541 E-17
104	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0712	0.063	0.099	1.66E -15
									-
104	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0712	-0.063	-0.099	1.66E -15
104	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0361	0.109	0.047	8.534 E-16
									-
104	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0361	-0.109	-0.047	8.534 E-16
105	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0272	0.063	0.099	1.697 E-15
									-
105	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0272	-0.063	-0.099	1.697 E-15
105	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0494	0.109	0.047	8.608 E-16
									-
105	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0494	-0.109	-0.047	8.608 E-16
106	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0534	0.063	0.099	1.292 E-17
									-
106	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0534	-0.063	-0.099	1.292 E-17
106	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0588	0.109	0.047	5.704 E-18
									-
106	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0588	-0.109	-0.047	5.704 E-18
107	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0593	0.063	0.099	1.648 E-15
									-
107	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0593	-0.063	-0.099	1.648 E-15
107	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0382	0.109	0.047	8.341 E-16
									-
107	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0382	-0.109	-0.047	8.341 E-16
108	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0832	0.063	0.099	1.461 E-17

									-
108	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0832	-0.063	-0.099	1.461 E-17
108	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0575	0.109	0.047	7.212 E-18
									-
108	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0575	-0.109	-0.047	7.212 E-18
109	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0495	0.063	0.099	1.612 E-15
									-
109	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0495	-0.063	-0.099	1.612 E-15
109	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0835	0.109	0.047	8.256 E-16
									-
109	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0835	-0.109	-0.047	8.256 E-16
110	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.0548	0.063	0.099	3.863 E-17
									-
110	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.0548	-0.063	-0.099	3.863 E-17
110	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0902	0.109	0.047	1.807 E-17
									-
110	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0902	-0.109	-0.047	1.807 E-17
111	DXX	Combination	Max	0.0116	0.006	0.1009	0.063	0.099	3.177 E-17
									-
111	DXX	Combination	Min	-0.0116	-0.006	-0.1009	-0.063	-0.099	3.177 E-17
111	DYY	Combination	Max	0.0055	0.0103	0.0876	0.109	0.047	1.557 E-17
									-
111	DYY	Combination	Min	-0.0055	-0.0103	-0.0876	-0.109	-0.047	1.557 E-17
112	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0669	0.07	0.104	1.938 E-15
									-
112	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0669	-0.07	-0.104	1.938 E-15
112	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0351	0.119	0.052	2.822 E-15
									-
112	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0351	-0.119	-0.052	2.822 E-15
113	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0433	0.07	0.104	1.967 E-15

									-
113	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0433	-0.07	-0.104	1.967 E-15
113	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0738	0.119	0.052	2.841 E-15
									-
113	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0738	-0.119	-0.052	2.841 E-15
114	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0537	0.07	0.104	5.084 E-18
									-
114	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0537	-0.07	-0.104	5.084 E-18
114	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.091	0.119	0.052	1.001 E-17
									-
114	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.091	-0.119	-0.052	1.001 E-17
115	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0686	0.07	0.104	1.938 E-15
									-
115	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0686	-0.07	-0.104	1.938 E-15
115	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0333	0.119	0.052	2.834 E-15
									-
115	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0333	-0.119	-0.052	2.834 E-15
116	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.1002	0.07	0.104	6.737 E-18
									-
116	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.1002	-0.07	-0.104	6.737 E-18
116	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0702	0.119	0.052	1.584 E-17
									-
116	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0702	-0.119	-0.052	1.584 E-17
117	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0402	0.07	0.104	1.902 E-15
									-
117	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0402	-0.07	-0.104	1.902 E-15
117	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0689	0.119	0.052	2.821 E-15
									-
117	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0689	-0.119	-0.052	2.821 E-15
118	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0535	0.07	0.104	3.299 E-17

									-
118	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0535	-0.07	-0.104	3.299 E-17
118	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.0863	0.119	0.052	2.547 E-17
									-
118	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.0863	-0.119	-0.052	2.547 E-17
119	DXX	Combination	Max	0.0122	0.007	0.0977	0.07	0.104	3.396 E-17
									-
119	DXX	Combination	Min	-0.0122	-0.007	-0.0977	-0.07	-0.104	3.396 E-17
119	DYY	Combination	Max	0.0061	0.012	0.066	0.119	0.052	3.781 E-17
									-
119	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.012	-0.066	-0.119	-0.052	3.781 E-17
120	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.0746	0.069	0.115	1.37E -15
									-
120	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.0746	-0.069	-0.115	1.37E -15
120	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.042	0.117	0.065	3.333 E-15
									-
120	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.042	-0.117	-0.065	3.333 E-15
121	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.0413	0.069	0.115	1.361 E-15
									-
121	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.0413	-0.069	-0.115	1.361 E-15
121	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0705	0.117	0.065	3.315 E-15
									-
121	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0705	-0.117	-0.065	3.315 E-15
122	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.059	0.069	0.115	2.713 E-17
									-
122	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.059	-0.069	-0.115	2.713 E-17
122	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0986	0.117	0.065	2.935 E-17
									-
122	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0986	-0.117	-0.065	2.935 E-17
123	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.0746	0.069	0.115	1.363 E-15

									-
123	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.0746	-0.069	-0.115	1.363 E-15
123	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.042	0.117	0.065	3.313 E-15
									-
123	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.042	-0.117	-0.065	3.313 E-15
124	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.1051	0.069	0.115	2.854 E-17
									-
124	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.1051	-0.069	-0.115	2.854 E-17
124	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0611	0.117	0.065	3.693 E-17
									-
124	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0611	-0.117	-0.065	3.693 E-17
125	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.0413	0.069	0.115	1.377 E-15
									-
125	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.0413	-0.069	-0.115	1.377 E-15
125	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0705	0.117	0.065	3.339 E-15
									-
125	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0705	-0.117	-0.065	3.339 E-15
126	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.059	0.069	0.115	2.339 E-17
									-
126	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.059	-0.069	-0.115	2.339 E-17
126	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0986	0.117	0.065	3.211 E-17
									-
126	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0986	-0.117	-0.065	3.211 E-17
127	DXX	Combination	Max	0.0135	0.0069	0.1051	0.069	0.115	9.272 E-18
									-
127	DXX	Combination	Min	-0.0135	-0.0069	-0.1051	-0.069	-0.115	9.272 E-18
127	DYY	Combination	Max	0.0075	0.0118	0.0611	0.117	0.065	1.775 E-17
									-
127	DYY	Combination	Min	-0.0075	-0.0118	-0.0611	-0.117	-0.065	1.775 E-17
128	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.085	0.07	0.129	1.509 E-15

									-
128	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.085	-0.07	-0.129	1.509 E-15
128	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.051	0.119	0.081	3.489 E-15
									-
128	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.051	-0.119	-0.081	3.489 E-15
129	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.0402	0.07	0.129	1.492 E-15
									-
129	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.0402	-0.07	-0.129	1.492 E-15
129	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0689	0.119	0.081	3.478 E-15
									-
129	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0689	-0.119	-0.081	3.478 E-15
130	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.068	0.07	0.129	2.116 E-17
									-
130	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.068	-0.07	-0.129	2.116 E-17
130	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.1086	0.119	0.081	4.526 E-17
									-
130	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.1086	-0.119	-0.081	4.526 E-17
131	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.0833	0.07	0.129	1.515 E-15
									-
131	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.0833	-0.07	-0.129	1.515 E-15
131	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0541	0.119	0.081	3.51E -15
									-
131	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0541	-0.119	-0.081	3.51E -15
132	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.1129	0.07	0.129	2.672 E-17
									-
132	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.1129	-0.07	-0.129	2.672 E-17
132	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0565	0.119	0.081	1.596 E-17
									-
132	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0565	-0.119	-0.081	1.596 E-17
133	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.0433	0.07	0.129	1.533 E-15

									-
133	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.0433	-0.07	-0.129	1.533 E-15
133	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0738	0.119	0.081	3.519 E-15
									-
133	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0738	-0.119	-0.081	3.519 E-15
134	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.0678	0.07	0.129	1.316 E-17
									-
134	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.0678	-0.07	-0.129	1.316 E-17
134	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.1132	0.119	0.081	1.532 E-17
									-
134	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.1132	-0.119	-0.081	1.532 E-17
135	DXX	Combination	Max	0.0153	0.007	0.1154	0.07	0.129	9.227 E-18
									-
135	DXX	Combination	Min	-0.0153	-0.007	-0.1154	-0.07	-0.129	9.227 E-18
135	DYY	Combination	Max	0.0094	0.012	0.0598	0.119	0.081	1.941 E-17
									-
135	DYY	Combination	Min	-0.0094	-0.012	-0.0598	-0.119	-0.081	1.941 E-17
136	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0904	0.063	0.147	3.81E -15
									-
136	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0904	-0.063	-0.147	3.81E -15
136	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.078	0.109	0.099	1.843 E-15
									-
136	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.078	-0.109	-0.099	1.843 E-15
137	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0495	0.063	0.147	3.868 E-15
									-
137	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0495	-0.063	-0.147	3.868 E-15
137	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0835	0.109	0.099	1.857 E-15
									-
137	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0835	-0.109	-0.099	1.857 E-15
138	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0792	0.063	0.147	1.902 E-17

									-
138	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0792	-0.063	-0.147	1.902 E-17
138	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.1342	0.109	0.099	2.548 E-17
									-
138	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.1342	-0.109	-0.099	2.548 E-17
139	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.102	0.063	0.147	3.821 E-15
									-
139	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.102	-0.063	-0.147	3.821 E-15
139	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0556	0.109	0.099	1.858 E-15
									-
139	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0556	-0.109	-0.099	1.858 E-15
140	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.1301	0.063	0.147	4.566 E-18
									-
140	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.1301	-0.063	-0.147	4.566 E-18
140	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0649	0.109	0.099	3.169 E-18
									-
140	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0649	-0.109	-0.099	3.169 E-18
141	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0272	0.063	0.147	3.766 E-15
									-
141	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0272	-0.063	-0.147	3.766 E-15
141	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0494	0.109	0.099	1.839 E-15
									-
141	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0494	-0.109	-0.099	1.839 E-15
142	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.0824	0.063	0.147	5.317 E-17
									-
142	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.0824	-0.063	-0.147	5.317 E-17
142	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.1024	0.109	0.099	2.343 E-17
									-
142	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.1024	-0.109	-0.099	2.343 E-17
143	DXX	Combination	Max	0.0174	0.006	0.1138	0.063	0.147	3.587 E-17

									-
143	DXX	Combination	Min	-0.0174	-0.006	-0.1138	-0.063	-0.147	3.587 E-17
143	DYY	Combination	Max	0.0116	0.0103	0.0519	0.109	0.099	2.145 E-17
									-
143	DYY	Combination	Min	-0.0116	-0.0103	-0.0519	-0.109	-0.099	2.145 E-17
144	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0522	0.062	0.089	2.839 E-15
									-
144	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0522	-0.062	-0.089	2.839 E-15
144	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0315	0.126	0.042	6.707 E-15
									-
144	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0315	-0.126	-0.042	6.707 E-15
145	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0367	0.062	0.089	2.845 E-15
									-
145	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0367	-0.062	-0.089	2.845 E-15
145	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.056	0.126	0.042	6.7E- 15
145	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.056	-0.126	-0.042	-6.7E- 15
146	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0387	0.062	0.089	2.54E -17
									-
146	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0387	-0.062	-0.089	2.54E -17
146	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0595	0.126	0.042	5.955 E-17
									-
146	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0595	-0.126	-0.042	5.955 E-17
147	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0665	0.062	0.089	2.835 E-15
									-
147	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0665	-0.062	-0.089	2.835 E-15
147	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0442	0.126	0.042	6.697 E-15
									-
147	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0442	-0.126	-0.042	6.697 E-15
148	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0892	0.062	0.089	2.354 E-17

									-
148	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0892	-0.062	-0.089	2.354 E-17
148	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0651	0.126	0.042	5.616 E-17
									-
148	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0651	-0.126	-0.042	5.616 E-17
149	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0422	0.062	0.089	2.828 E-15
									-
149	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0422	-0.062	-0.089	2.828 E-15
149	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0984	0.126	0.042	6.703 E-15
									-
149	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0984	-0.126	-0.042	6.703 E-15
150	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0602	0.062	0.089	2.907 E-17
									-
150	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0602	-0.062	-0.089	2.907 E-17
150	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.1051	0.126	0.042	5.211 E-17
									-
150	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.1051	-0.126	-0.042	5.211 E-17
151	DXX	Combination	Max	0.0095	0.0058	0.0817	0.062	0.089	2.735 E-17
									-
151	DXX	Combination	Min	-0.0095	-0.0058	-0.0817	-0.062	-0.089	2.735 E-17
151	DYY	Combination	Max	0.0044	0.0119	0.0991	0.126	0.042	4.475 E-17
									-
151	DYY	Combination	Min	-0.0044	-0.0119	-0.0991	-0.126	-0.042	4.475 E-17
152	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0482	0.068	0.094	1.25E -15
									-
152	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0482	-0.068	-0.094	1.25E -15
152	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0236	0.137	0.047	5.86E -16
									-
152	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0236	-0.137	-0.047	5.86E -16
153	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0523	0.068	0.094	1.279 E-15

									-
153	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0523	-0.068	-0.094	1.279 E-15
153	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0825	0.137	0.047	6.006 E-16
									-
153	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0825	-0.137	-0.047	6.006 E-16
154	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0478	0.068	0.094	4.348 E-18
									-
154	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0478	-0.068	-0.094	4.348 E-18
154	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0955	0.137	0.047	7.793 E-18
									-
154	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0955	-0.137	-0.047	7.793 E-18
155	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0763	0.068	0.094	1.246 E-15
									-
155	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0763	-0.068	-0.094	1.246 E-15
155	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0379	0.137	0.047	5.891 E-16
									-
155	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0379	-0.137	-0.047	5.891 E-16
156	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.1032	0.068	0.094	3.923 E-18
									-
156	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.1032	-0.068	-0.094	3.923 E-18
156	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0797	0.137	0.047	1.939 E-18
									-
156	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0797	-0.137	-0.047	1.939 E-18
157	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0347	0.068	0.094	1.214 E-15
									-
157	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0347	-0.068	-0.094	1.214 E-15
157	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0832	0.137	0.047	5.739 E-16
									-
157	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0832	-0.137	-0.047	5.739 E-16
158	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0653	0.068	0.094	2.554 E-17

									-
158	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0653	-0.068	-0.094	2.554 E-17
158	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.1007	0.137	0.047	1.393 E-17
									-
158	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.1007	-0.137	-0.047	1.393 E-17
159	DXX	Combination	Max	0.0101	0.0068	0.0751	0.068	0.094	1.819 E-17
									-
159	DXX	Combination	Min	-0.0101	-0.0068	-0.0751	-0.068	-0.094	1.819 E-17
159	DYY	Combination	Max	0.0049	0.0139	0.0747	0.137	0.047	7.778 E-18
									-
159	DYY	Combination	Min	-0.0049	-0.0139	-0.0747	-0.137	-0.047	7.778 E-18
160	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0543	0.067	0.104	6.517 E-15
									-
160	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0543	-0.067	-0.104	6.517 E-15
160	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0278	0.136	0.058	9.853 E-15
									-
160	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0278	-0.136	-0.058	9.853 E-15
161	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0505	0.067	0.104	6.494 E-15
									-
161	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0505	-0.067	-0.104	6.494 E-15
161	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0766	0.136	0.058	9.852 E-15
									-
161	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0766	-0.136	-0.058	9.852 E-15
162	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0539	0.067	0.104	5.269 E-17
									-
162	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0539	-0.067	-0.104	5.269 E-17
162	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0999	0.136	0.058	6.643 E-17
									-
162	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0999	-0.136	-0.058	6.643 E-17
163	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0829	0.067	0.104	6.521 E-15

163	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0829	-0.067	-0.104	- 6.521 E-15
163	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0479	0.136	0.058	9.842 E-15
163	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0479	-0.136	-0.058	- 9.842 E-15
164	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.1063	0.067	0.104	6.806 E-17
164	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.1063	-0.067	-0.104	- 6.806 E-17
164	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0678	0.136	0.058	8.387 E-17
164	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0678	-0.136	-0.058	- 8.387 E-17
165	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.037	0.067	0.104	6.547 E-15
165	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.037	-0.067	-0.104	- 6.547 E-15
165	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0874	0.136	0.058	9.842 E-15
165	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0874	-0.136	-0.058	- 9.842 E-15
166	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.075	0.067	0.104	3.501 E-17
166	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.075	-0.067	-0.104	- 3.501 E-17
166	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.1152	0.136	0.058	7.903 E-17
166	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.1152	-0.136	-0.058	- 7.903 E-17
167	DXX	Combination	Max	0.0112	0.0067	0.0788	0.067	0.104	4.893 E-17
167	DXX	Combination	Min	-0.0112	-0.0067	-0.0788	-0.067	-0.104	- 4.893 E-17
167	DYY	Combination	Max	0.0061	0.0136	0.0697	0.136	0.058	8.017 E-17
167	DYY	Combination	Min	-0.0061	-0.0136	-0.0697	-0.136	-0.058	- 8.017 E-17
168	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0622	0.068	0.117	2.332 E-15

									-
168	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0622	-0.068	-0.117	2.332 E-15
168	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0335	0.137	0.073	2.44E -15
									-
168	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0335	-0.137	-0.073	2.44E -15
169	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0501	0.068	0.117	2.37E -15
									-
169	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0501	-0.068	-0.117	2.37E -15
169	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0728	0.137	0.073	2.446 E-15
									-
169	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0728	-0.137	-0.073	2.446 E-15
170	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.062	0.068	0.117	1.076 E-17
									-
170	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.062	-0.068	-0.117	1.076 E-17
170	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.1064	0.137	0.073	2.48E -17
									-
170	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.1064	-0.137	-0.073	2.48E -17
171	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0926	0.068	0.117	2.339 E-15
									-
171	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0926	-0.068	-0.117	2.339 E-15
171	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0617	0.137	0.073	2.465 E-15
									-
171	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0617	-0.137	-0.073	2.465 E-15
172	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.113	0.068	0.117	1.124 E-17
									-
172	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.113	-0.068	-0.117	1.124 E-17
172	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.061	0.137	0.073	1.973 E-17
									-
172	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.061	-0.137	-0.073	1.973 E-17
173	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0403	0.068	0.117	2.304 E-15

									-
173	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0403	-0.068	-0.117	2.304 E-15
173	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0937	0.137	0.073	2.466 E-15
									-
173	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0937	-0.137	-0.073	2.466 E-15
174	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0876	0.068	0.117	3.422 E-17
									-
174	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0876	-0.068	-0.117	3.422 E-17
174	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.1322	0.137	0.073	1.612 E-17
									-
174	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.1322	-0.137	-0.073	1.612 E-17
175	DXX	Combination	Max	0.0126	0.0068	0.0847	0.068	0.117	2.486 E-17
									-
175	DXX	Combination	Min	-0.0126	-0.0068	-0.0847	-0.068	-0.117	2.486 E-17
175	DYY	Combination	Max	0.0077	0.0139	0.0672	0.137	0.073	9.941 E-18
									-
175	DYY	Combination	Min	-0.0077	-0.0139	-0.0672	-0.137	-0.073	9.941 E-18
176	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0694	0.062	0.133	5.058 E-16
									-
176	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0694	-0.062	-0.133	5.058 E-16
176	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.0616	0.126	0.089	1.155 E-15
									-
176	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.0616	-0.126	-0.089	1.155 E-15
177	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0592	0.062	0.133	5.096 E-16
									-
177	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0592	-0.062	-0.133	5.096 E-16
177	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.0874	0.126	0.089	1.175 E-15
									-
177	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.0874	-0.126	-0.089	1.175 E-15
178	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0756	0.062	0.133	1.676 E-17

									-
178	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0756	-0.062	-0.133	1.676 E-17
178	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.1318	0.126	0.089	1.36E -17
									-
178	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.1318	-0.126	-0.089	1.36E -17
179	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.109	0.062	0.133	5.124 E-16
									-
179	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.109	-0.062	-0.133	5.124 E-16
179	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.0598	0.126	0.089	1.164 E-15
									-
179	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.0598	-0.126	-0.089	1.164 E-15
180	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.1278	0.062	0.133	1.035 E-17
									-
180	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.1278	-0.062	-0.133	1.035 E-17
180	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.0683	0.126	0.089	5.984 E-18
									-
180	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.0683	-0.126	-0.089	5.984 E-18
181	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0299	0.062	0.133	5.162 E-16
									-
181	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0299	-0.062	-0.133	5.162 E-16
181	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.066	0.126	0.089	1.147 E-15
									-
181	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.066	-0.126	-0.089	1.147 E-15
182	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.1008	0.062	0.133	2.147 E-17
									-
182	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.1008	-0.062	-0.133	2.147 E-17
182	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.1177	0.126	0.089	1.318 E-17
									-
182	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.1177	-0.126	-0.089	1.318 E-17
183	DXX	Combination	Max	0.0145	0.0058	0.0815	0.062	0.133	1.868 E-17

183	DXX	Combination	Min	-0.0145	-0.0058	-0.0815	-0.062	-0.133	- 1.868 E-17
183	DYY	Combination	Max	0.0095	0.0119	0.04	0.126	0.089	3.987 E-17
183	DYY	Combination	Min	-0.0095	-0.0119	-0.04	-0.126	-0.089	- 3.987 E-17

Fuente: propia

Tabla 25

Masas conjuntas ensambladas

TABLE: Assembled Joint Masses										
Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	Center X	CenterY	CenterZ
Text	Text	Tonf-s2/m	Tonf-s2/m	Tonf-s2/m	Tonf-m-s2	Tonf-m-s2	Tonf-m-s2	m	m	m
1	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	-5	-8	-1.2
2	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-8	4
3	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-8	8
4	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-8	12
5	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	-5	-4	-1.2
6	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-4	4
7	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-4	8
8	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-4	12
9	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	-5	0	-1.2
10	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	0	4
11	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	0	8
12	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	0	12
13	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	-5	4	-1.2
14	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	4	4
15	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	4	8
16	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	4	12
17	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	-5	8	-1.2

18	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	8	4
19	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	8	8
20	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	8	12
21	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	0	-8	-1.2
22	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-8	4
23	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-8	8
24	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-8	12
25	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	0	-4	-1.2
26	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-4	4
27	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-4	8
28	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-4	12
29	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	0	0	-1.2
30	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
31	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
32	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
33	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	0	4	-1.2
34	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	4	4
35	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	4	8
36	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	4	12
37	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	0	8	-1.2
38	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	8	4
39	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	8	8
40	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	8	12
41	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	5	-8	-1.2
42	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-8	4

43	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-8	8
44	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-8	12
45	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	5	-4	-1.2
46	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-4	4
47	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-4	8
48	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-4	12
49	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	5	0	-1.2
50	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	0	4
51	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	0	8
52	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	0	12
53	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	5	4	-1.2
54	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	4	4
55	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	4	8
56	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	4	12
57	MSSSR C1	0.15	0.15	0.15	0.026	0.029	0.039	5	8	-1.2
58	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	8	4
59	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	8	8
60	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	8	12
61	MSSSR C1	14.67	14.67	0	0	0	463.6 16	0.525	0.82	4
62	MSSSR C1	13.94	13.94	0	0	0	440.4 21	0.525	0.82	8
63	MSSSR C1	11.92	11.92	0	0	0	376.6 19	0.525	0.82	12
64	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-8	-1.2
65	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-7.4	-1.2
66	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-7.4	-1.2
67	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-8	-1.2

68	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-7.4	-1.2
69	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-8.6	-1.2
70	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-8.6	-1.2
71	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-8.6	-1.2
72	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-4	-1.2
73	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-3.4	-1.2
74	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-3.4	-1.2
75	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-4	-1.2
76	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-3.4	-1.2
77	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-4.6	-1.2
78	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-4.6	-1.2
79	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-4.6	-1.2
80	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	0	-1.2
81	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	0.6	-1.2
82	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	0.6	-1.2
83	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	0	-1.2
84	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	0.6	-1.2
85	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	-0.6	-1.2
86	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	-0.6	-1.2
87	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	-0.6	-1.2
88	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	4	-1.2
89	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	4.6	-1.2
90	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	4.6	-1.2
91	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	4	-1.2
92	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	4.6	-1.2

93	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	3.4	-1.2
94	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	3.4	-1.2
95	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	3.4	-1.2
96	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	8	-1.2
97	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	8.6	-1.2
98	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	8.6	-1.2
99	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	8	-1.2
100	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	8.6	-1.2
101	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5	7.4	-1.2
102	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-4.35	7.4	-1.2
103	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-5.65	7.4	-1.2
104	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-8	-1.2
105	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-7.4	-1.2
106	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-7.4	-1.2
107	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-8	-1.2
108	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-7.4	-1.2
109	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-8.6	-1.2
110	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-8.6	-1.2
111	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-8.6	-1.2
112	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-4	-1.2
113	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-3.4	-1.2
114	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-3.4	-1.2
115	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-4	-1.2
116	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-3.4	-1.2
117	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-4.6	-1.2

118	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-4.6	-1.2
119	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-4.6	-1.2
120	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	0	-1.2
121	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	0.6	-1.2
122	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	0.6	-1.2
123	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	0	-1.2
124	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	0.6	-1.2
125	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	-0.6	-1.2
126	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	-0.6	-1.2
127	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	-0.6	-1.2
128	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	4	-1.2
129	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	4.6	-1.2
130	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	4.6	-1.2
131	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	4	-1.2
132	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	4.6	-1.2
133	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	3.4	-1.2
134	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	3.4	-1.2
135	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	3.4	-1.2
136	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	8	-1.2
137	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	8.6	-1.2
138	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	8.6	-1.2
139	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	8	-1.2
140	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	8.6	-1.2
141	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0	7.4	-1.2
142	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	0.65	7.4	-1.2

143	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	-0.65	7.4	-1.2
144	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-8	-1.2
145	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-7.4	-1.2
146	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-7.4	-1.2
147	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-8	-1.2
148	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-7.4	-1.2
149	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-8.6	-1.2
150	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-8.6	-1.2
151	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-8.6	-1.2
152	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-4	-1.2
153	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-3.4	-1.2
154	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-3.4	-1.2
155	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-4	-1.2
156	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-3.4	-1.2
157	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-4.6	-1.2
158	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-4.6	-1.2
159	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-4.6	-1.2
160	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	0	-1.2
161	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	0.6	-1.2
162	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	0.6	-1.2
163	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	0	-1.2
164	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	0.6	-1.2
165	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	-0.6	-1.2
166	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	-0.6	-1.2
167	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	-0.6	-1.2

168	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	4	-1.2
169	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	4.6	-1.2
170	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	4.6	-1.2
171	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	4	-1.2
172	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	4.6	-1.2
173	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	3.4	-1.2
174	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	3.4	-1.2
175	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	3.4	-1.2
176	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	8	-1.2
177	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	8.6	-1.2
178	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	8.6	-1.2
179	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	8	-1.2
180	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	8.6	-1.2
181	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5	7.4	-1.2
182	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	5.65	7.4	-1.2
183	MSSSR C1	0	0	0	0	0	0	4.35	7.4	-1.2
SumAc celUX	MSSSR C1	42.81	0	0	0	0	0	0.497 04	0.77632	7.25272
SumAc celUY	MSSSR C1	0	42.81	0	0	0	0	0.497 04	0.77632	7.25272
SumAc celUZ	MSSSR C1	0	0	2.28	0	0	0	- 9.739 E-17	9.739E- 17	-1.2

Fuente: propia

Tabla 26
Programa control

TABLE: Program Control												
ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits	SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode	RegenHing
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text
SAP2000	20.0.0	Ultimate	3010*1BC37SMCJAF8EJ3	Yes	Yes	No	Tonf, m, C	AISC 360-10	ACI 318-14	AA-ASD 2000	AISI-ASD96	Yes

Fuente: propia

Tabla 27
Objetos y elementos: articulaciones

TABLE: Objects And Elements - Joints				
JointElem	JointObject	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	m	m	m
1	1	-5	-8	-1.2
2	2	-5	-8	4
3	3	-5	-8	8
4	4	-5	-8	12
5	5	-5	-4	-1.2
6	6	-5	-4	4
7	7	-5	-4	8
8	8	-5	-4	12
9	9	-5	0	-1.2
10	10	-5	0	4
11	11	-5	0	8
12	12	-5	0	12
13	13	-5	4	-1.2
14	14	-5	4	4
15	15	-5	4	8
16	16	-5	4	12
17	17	-5	8	-1.2
18	18	-5	8	4
19	19	-5	8	8
20	20	-5	8	12
21	21	0	-8	-1.2
22	22	0	-8	4
23	23	0	-8	8
24	24	0	-8	12
25	25	0	-4	-1.2
26	26	0	-4	4
27	27	0	-4	8
28	28	0	-4	12
29	29	0	0	-1.2
30	30	0	0	4

31	31	0	0	8
32	32	0	0	12
33	33	0	4	-1.2
34	34	0	4	4
35	35	0	4	8
36	36	0	4	12
37	37	0	8	-1.2
38	38	0	8	4
39	39	0	8	8
40	40	0	8	12
41	41	5	-8	-1.2
42	42	5	-8	4
43	43	5	-8	8
44	44	5	-8	12
45	45	5	-4	-1.2
46	46	5	-4	4
47	47	5	-4	8
48	48	5	-4	12
49	49	5	0	-1.2
50	50	5	0	4
51	51	5	0	8
52	52	5	0	12
53	53	5	4	-1.2
54	54	5	4	4
55	55	5	4	8
56	56	5	4	12
57	57	5	8	-1.2
58	58	5	8	4
59	59	5	8	8
60	60	5	8	12
61	61	0.525	0.82	4
62	62	0.525	0.82	8
63	63	0.525	0.82	12
64	64	-5.65	-8	-1.2
65	65	-5	-7.4	-1.2
66	66	-5.65	-7.4	-1.2
67	67	-4.35	-8	-1.2
68	68	-4.35	-7.4	-1.2
69	69	-5	-8.6	-1.2
70	70	-4.35	-8.6	-1.2
71	71	-5.65	-8.6	-1.2
72	72	-5.65	-4	-1.2
73	73	-5	-3.4	-1.2
74	74	-5.65	-3.4	-1.2

75	75	-4.35	-4	-1.2
76	76	-4.35	-3.4	-1.2
77	77	-5	-4.6	-1.2
78	78	-4.35	-4.6	-1.2
79	79	-5.65	-4.6	-1.2
80	80	-5.65	0	-1.2
81	81	-5	0.6	-1.2
82	82	-5.65	0.6	-1.2
83	83	-4.35	0	-1.2
84	84	-4.35	0.6	-1.2
85	85	-5	-0.6	-1.2
86	86	-4.35	-0.6	-1.2
87	87	-5.65	-0.6	-1.2
88	88	-5.65	4	-1.2
89	89	-5	4.6	-1.2
90	90	-5.65	4.6	-1.2
91	91	-4.35	4	-1.2
92	92	-4.35	4.6	-1.2
93	93	-5	3.4	-1.2
94	94	-4.35	3.4	-1.2
95	95	-5.65	3.4	-1.2
96	96	-5.65	8	-1.2
97	97	-5	8.6	-1.2
98	98	-5.65	8.6	-1.2
99	99	-4.35	8	-1.2
100	100	-4.35	8.6	-1.2
101	101	-5	7.4	-1.2
102	102	-4.35	7.4	-1.2
103	103	-5.65	7.4	-1.2
104	104	-0.65	-8	-1.2
105	105	0	-7.4	-1.2
106	106	-0.65	-7.4	-1.2
107	107	0.65	-8	-1.2
108	108	0.65	-7.4	-1.2
109	109	0	-8.6	-1.2
110	110	0.65	-8.6	-1.2
111	111	-0.65	-8.6	-1.2
112	112	-0.65	-4	-1.2
113	113	0	-3.4	-1.2
114	114	-0.65	-3.4	-1.2
115	115	0.65	-4	-1.2
116	116	0.65	-3.4	-1.2
117	117	0	-4.6	-1.2
118	118	0.65	-4.6	-1.2

119	119	-0.65	-4.6	-1.2
120	120	-0.65	0	-1.2
121	121	0	0.6	-1.2
122	122	-0.65	0.6	-1.2
123	123	0.65	0	-1.2
124	124	0.65	0.6	-1.2
125	125	0	-0.6	-1.2
126	126	0.65	-0.6	-1.2
127	127	-0.65	-0.6	-1.2
128	128	-0.65	4	-1.2
129	129	0	4.6	-1.2
130	130	-0.65	4.6	-1.2
131	131	0.65	4	-1.2
132	132	0.65	4.6	-1.2
133	133	0	3.4	-1.2
134	134	0.65	3.4	-1.2
135	135	-0.65	3.4	-1.2
136	136	-0.65	8	-1.2
137	137	0	8.6	-1.2
138	138	-0.65	8.6	-1.2
139	139	0.65	8	-1.2
140	140	0.65	8.6	-1.2
141	141	0	7.4	-1.2
142	142	0.65	7.4	-1.2
143	143	-0.65	7.4	-1.2
144	144	4.35	-8	-1.2
145	145	5	-7.4	-1.2
146	146	4.35	-7.4	-1.2
147	147	5.65	-8	-1.2
148	148	5.65	-7.4	-1.2
149	149	5	-8.6	-1.2
150	150	5.65	-8.6	-1.2
151	151	4.35	-8.6	-1.2
152	152	4.35	-4	-1.2
153	153	5	-3.4	-1.2
154	154	4.35	-3.4	-1.2
155	155	5.65	-4	-1.2
156	156	5.65	-3.4	-1.2
157	157	5	-4.6	-1.2
158	158	5.65	-4.6	-1.2
159	159	4.35	-4.6	-1.2
160	160	4.35	0	-1.2
161	161	5	0.6	-1.2
162	162	4.35	0.6	-1.2

163	163	5.65	0	-1.2
164	164	5.65	0.6	-1.2
165	165	5	-0.6	-1.2
166	166	5.65	-0.6	-1.2
167	167	4.35	-0.6	-1.2
168	168	4.35	4	-1.2
169	169	5	4.6	-1.2
170	170	4.35	4.6	-1.2
171	171	5.65	4	-1.2
172	172	5.65	4.6	-1.2
173	173	5	3.4	-1.2
174	174	5.65	3.4	-1.2
175	175	4.35	3.4	-1.2
176	176	4.35	8	-1.2
177	177	5	8.6	-1.2
178	178	4.35	8.6	-1.2
179	179	5.65	8	-1.2
180	180	5.65	8.6	-1.2
181	181	5	7.4	-1.2
182	182	5.65	7.4	-1.2
183	183	4.35	7.4	-1.2

Fuente: propia

Tabla 28

Programa de control

TABLE: Program Control

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits	SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode	RegenHing
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text
SAP2000	20.0.0	Ultimate	3010*1BC37SMCJAF8EJ3	Yes	Yes	No	Tonf, m, C	AISC 360-10	ACI 318-14	AA-ASD 2000	AISI-ASD96	Yes

Fuente: propia

Tabla 29

Proporciones de masa participantes modales

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.733593	0.122564	0.751118	0	0.122564	0.751118	0	0.063816	0.014361	0.030716	0.063816	0.014361	0.030716
MODAL	Mode	2	0.715194	0.727573	0.143714	0	0.850136	0.894832	0	0.012091	0.085799	0.018033	0.075907	0.10016	0.048749
MODAL	Mode	3	0.539998	0.034575	0.011512	0	0.884712	0.906343	0	0.000823	0.004495	0.819937	0.07673	0.104655	0.868686
MODAL	Mode	4	0.222234	0.001937	0.035791	2.315E-20	0.886648	0.942134	2.315E-20	0.536283	0.019384	0.001257	0.613013	0.124039	0.869943
MODAL	Mode	5	0.211903	0.052122	0.001703	0	0.938771	0.943837	2.379E-20	0.025418	0.522101	0.001489	0.638431	0.64614	0.871432
MODAL	Mode	6	0.162424	0.002607	0.000464	1.035E-19	0.941377	0.944302	1.273E-19	0.006635	0.026596	0.043882	0.645066	0.672735	0.915314
MODAL	Mode	7	0.126867	0.00002	0.003136	0	0.941398	0.947438	1.281E-19	0.00433	0.000039	0.000105	0.649396	0.672775	0.915418
MODAL	Mode	8	0.1112	0.005882	0.000023	2.903E-20	0.94728	0.947461	1.571E-19	0.000033	0.012209	0.000295	0.649429	0.684983	0.915713

Fuente: propia

V. CONCLUSIONES

- En la edificación aporticada: en el análisis estático los modelos dinámicos de Ilichev y Sargsian no cumplen con las derivas de la norma E.030 peruana, los modelos empotrado en la base, Barkan y la Norma Rusa si cumplen con las derivas de la norma E.030; en el análisis dinámico espectral y tiempo historia los modelos de empotrado en la base, Barkan, Ilichev, Sargsian y la Norma Rusa si cumplen con las derivas de la norma E.030.
- En la edificación aporticada podemos concluir que los periodos de vibración aumentan con la interacción suelo-estructura debido a la flexibilidad de la base de fundación (ver tabla n°22 ,27 y 28).
- Por el análisis descrito en el capítulo de discusión, se concluye que la hipótesis de la investigación es verdadera y fue contrastada con un análisis
- En la edificación aporticada: los desplazamientos de entrepiso se incrementan con la interacción suelo-estructura, debido a la flexibilidad de la base (ver tabla n°24,25 y 28).

VI. RECOMENDACIONES.

- Las recomendaciones son válidas para las edificaciones regular e irregular
- Para diseñar una edificación implementando la interacción suelo estructura, debe verificarse que cumplan con las derivas exigidas por la norma E.030 peruana.
- En suelos rígidos se puede construir estructuras flexibles como aporticadas, estructuras rígidas como dual y estructuras con muros estructurales; en suelos flexibles no es recomendable construir estructuras flexibles porque se producirían incrementos en los desplazamientos de entrepisos, incrementos en las derivas y en las fuerzas internas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aquino, C., & Rodríguez, M. (2015). *Comparacion de la respuesta estructural de los módulos b y c de la I. E. julio ramón ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo-estructura*. (Tesis para optar el título profesional de Ing.Civil). Universidad Privada Del Norte, Cajamarca, Perú.
- Cañizares, F. (2016). *Diferenci entre espectro de respuesta (er) y espectro de diseño(ed)*. Escuela Politécnica Nacional.
- Coyolt, C. (2016). *Interacción dinámica suelo-estructura*. (Tesis que para optar por el grado de maestro en ingeniería). Universidad Nacional Autónoma De México, D.F, Mexico.
- Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda. (2016). *E.030 Diseño sismorresistente*. Perú: El peruano.
- Fernández, R. (2013). Influencia de la interacción dinámica suelo-estructura en la respuesta dinámica de las estructuras. *Ingeniería*.
- Galicia, W., & León, J. (2007). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Peru.
- Gordillo, N. (2011). *Aplicaciones De La Dinámica De Suelos*. (Tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería civil). Instituto Politécnico Nacional, D.f, Mexico.
- Jinez, R. (2017). *Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua*. Tacna, Perú.
- León, J. (2015). *Análisis comparativo del diseño de una edificación de hormigón armado considerando el sistema de base rígida versus la interacción suelo - estructura*. (Trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero civil). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Lujan, E. (2011). *Microzonificación Geotécnica Del Distrito De Trujillo* (Primera edición digital ed.). (L. Guzmán, Ed.) Lima, Perú: Guzlop editoras.
- Mejia, L. (2017). *Interacción Dinámica Suelo - Estructura*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma De México, Mexico.
- Morales, L., Manosalvas, K., & Tarapúes, J. (2018). comparación de respuestas estructurales entre los sistemas de muros confinados(m2) y aporticado, implementando interacción suelo-estructura. *Conference Proceedings Utmach, Vol.2*.
- Morales, R. (2019). Sismología. *Estructuras 5*.
- Olarte, I., & Sanchez, R. (2014). Interacción sísmica suelo - estructura en la edificación de la residencia estudiantil de la universidad nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Sucasaca, H., & Mamani, J. (2017). *Evaluación de los efectos de interacción suelo - estructura en el estadio universitario una – puno*. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero civil). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Valderrama, C., & Meza, J. (2014). *Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas*. (Proyecto profesional para

optar por el título de ingeniero civil). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Villareal, G. (2009). *Interacción Sísmica Suelo-Estructura En Edificaciones Con Zapatas Aisladas*. Lima, Perú: Premio Nacioanal 2006, 2007, 2008.

Villarreal, Genner. (2017). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con plateas de cimentación* (ed., Vol. 1000 ejemplares). Lima, Perú.

Zeevaert, L. (1980). *interaccion suelo – estructura, estatica y sísmica de cimentaciones monoliticas superficiales*. Caracas, Venezuela.

ANEXOS

Tablas de resultados finales

TABLE: Modal Participating Mass								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.733593	0.122564	0.751118	0	0.122564	0.751118
MODAL	Mode	2	0.715194	0.727573	0.143714	0	0.850136	0.894832
MODAL	Mode	3	0.539998	0.034575	0.011512	0	0.884712	0.906343
MODAL	Mode	4	0.222234	0.001937	0.035791	2.315E-20	0.886648	0.942134
MODAL	Mode	5	0.211903	0.052122	0.001703	0	0.938771	0.943837
MODAL	Mode	6	0.162424	0.002607	0.000464	1.035E-19	0.941377	0.944302
MODAL	Mode	7	0.126867	0.00002	0.003136	0	0.941398	0.947438
MODAL	Mode	8	0.1112	0.005882	0.000023	2.903E-20	0.94728	0.947461

s Ratios						
SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
0	0.063816	0.014361	0.030716	0.063816	0.014361	0.030716
0	0.012091	0.085799	0.018033	0.075907	0.10016	0.048749
0	0.000823	0.004495	0.819937	0.07673	0.104655	0.868686
2.315E-20	0.536283	0.019384	0.001257	0.613013	0.124039	0.869943
2.379E-20	0.025418	0.522101	0.001489	0.638431	0.64614	0.871432
1.273E-19	0.006635	0.026596	0.043882	0.645066	0.672735	0.915314
1.281E-19	0.00433	0.000039	0.000105	0.649396	0.672775	0.915418
1.571E-19	0.000033	0.012209	0.000295	0.649429	0.684983	0.915713

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
DXX	Combination	Max	761.111	449.8253	0.00000219	3778.40959	6492.35309
DXX	Combination	Min	-761.111	-449.8253	-0.00000219	-3778.40959	-6492.35309
DYY	Combination	Max	449.8253	767.0575	0.000004987	6444.16359	3852.49354
DYY	Combination	Min	-449.8253	-767.0575	-0.000004987	-6444.16359	-3852.49354

GlobalMZ							
Tonf-m							
1772.66219							
-1772.66219							
1715.81125							
-1715.81125							

		XCentroidFZ	YCentroidFZ	ZCentroidFZ
		m	m	m
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	0

TABLE: Modal Participation Factors								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY
Text	Text	Unitless	Sec	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
MODAL	Mode	1	0.733593	-2.290514	5.670303	1.153E-14	-6.528352	-3.0149
MODAL	Mode	2	0.715194	-5.580724	-2.480286	-4.149E-13	2.841683	-7.369198
MODAL	Mode	3	0.539998	1.216568	-0.701983	1.19E-12	0.741499	1.686715
MODAL	Mode	4	0.222234	0.287937	-1.237767	2.297E-10	-18.925015	-3.502679
MODAL	Mode	5	0.211903	-1.4937	-0.269974	3.831E-11	-4.12009	18.178432
MODAL	Mode	6	0.162424	-0.33404	0.140997	-4.858E-10	2.105007	4.10286
MODAL	Mode	7	0.126867	0.029576	-0.366403	-4.211E-11	-1.700528	-0.157573
MODAL	Mode	8	0.1112	-0.5018	-0.031476	-2.573E-10	-0.148511	2.779792

RZ	ModalMass	ModalStiff
Tonf-m	Tonf-m-s2	Tonf-m
6.542718	1	73.358249
5.013194	1	77.181277
33.80408	1	135.386544
-1.323434	1	799.351497
1.440607	1	879.196121
-7.820238	1	1496.439199
-0.382033	1	2452.807417
0.64141	1	3192.616963

TABLE: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9975	94.728
MODAL	Acceleration	UY	99.9983	94.7461
MODAL	Acceleration	UZ	3.64E-15	1.571E-17

TABLE: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.733593	1.36315302	8.564943027	73.35824906
MODAL	Mode	2	0.715194	1.398221936	8.785287525	77.1812769
MODAL	Mode	3	0.539998	1.851858855	11.63557235	135.3865439
MODAL	Mode	4	0.222234	4.499756657	28.27280491	799.3514975
MODAL	Mode	5	0.211903	4.719141651	29.65124148	879.1961215
MODAL	Mode	6	0.162424	6.156723782	38.68383641	1496.439199
MODAL	Mode	7	0.126867	7.88227998	49.52582576	2452.807417
MODAL	Mode	8	0.1112	8.992771119	56.50324736	3192.616963

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2		
Text	Text	Text	Text	m	m		
1	DXX	Combination	Max	0.000957	0.000769		
1	DXX	Combination	Min	-0.000957	-0.000769		
1	DYY	Combination	Max	0.000455	0.000991		
1	DYY	Combination	Min	-0.000455	-0.000991		
2	DXX	Combination	Max	0.130636	0.123979		
2	DXX	Combination	Min	-0.130636	-0.123979		
2	DYY	Combination	Max	0.062566	0.158977		
2	DYY	Combination	Min	-0.062566	-0.158977		
3	DXX	Combination	Max	0.21129	0.182664		
3	DXX	Combination	Min	-0.21129	-0.182664		
3	DYY	Combination	Max	0.10177	0.229533		

3	DYY	Combination	Min	-0.10177	-0.229533		
4	DXX	Combination	Max	0.257694	0.21329		
4	DXX	Combination	Min	-0.257694	-0.21329		
4	DYY	Combination	Max	0.124383	0.266139		
4	DYY	Combination	Min	-0.124383	-0.266139		
5	DXX	Combination	Max	0.001045	0.000907		
5	DXX	Combination	Min	-0.001045	-0.000907		
5	DYY	Combination	Max	0.000543	0.001165		
5	DYY	Combination	Min	-0.000543	-0.001165		
6	DXX	Combination	Max	0.142185	0.123979		
6	DXX	Combination	Min	-0.142185	-0.123979		
6	DYY	Combination	Max	0.074518	0.158977		