



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Diseño Sísmico de un edificio de 5 pisos con el uso del
CYPECAD y ETABS en Villa María del Triunfo - Lima 2019”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Febres Silva, Keveen Alonso (ORCID: 0000-0001-5902-0557)

Ñahuis Suyon, Rony (ORCID: 0000-0001-5829-7597)

ASESOR:

Msc° Díaz Huiza, Luis Humberto (ORCID: 0000-0003-1304-5008)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria:

Esta Tesis se la dedico a todas las personas el cual confiaron y estuvieron pertinentes conmigo, a mis padres por las lecciones de vida y la educación que me brindaron. Gracias por haberme dado lo necesario para seguir con mis estudios a través de sus esfuerzos laborales. A mi hermano Hans Ñahuis Suyón, el cual, a pesar de las discrepancias, siempre me brindó consejos el cual me formaron como persona. Y por último a la persona más especial que me acompañó en los últimos años de mi carrera de ingeniería Civil, mi novia Vanesa Román Mateo, que siempre me brindó apoyo emocional, estuvo en mis momentos más difíciles brindándome tiempo y a la vez espacio para la finalización de la tesis. Gracias por todo.

Esta tesis va dedicada principalmente a mis padres Don Hermógenes Vicente ; (Hervic) Febres y a Doña Gloria Silva y mi hermano Alonso Febres Silva que me apoyaron durante mi etapa de formación y secundariamente dedico este proyecto a mis grandes amigos : Jair Lapa Figueroa, Axel Rodríguez Trujillo, Rony Ñahuis Suyon, ,Brayan Ortega Mendoza, Jhonny C., Andersson Cabrera , Cristhian Quispe, Alvaro Agreda a Claudia Flores Susanibar que me apoyo en cuanto pudo, Juan Frisancho, Jordán Fretel, Handy V., Leslie M. Renzo Huaman, como también a los ingenieros que me apoyaron brindándome sus conocimientos: Ing. Amador, Ing. Humberto ,Ing. Alvaro ,Ing. Cesar, Ing. Jorge ,Ing. Joel, Sergio, Ing Enrique; porque en algún punto me apoyaron para lograr culminar este proyecto. Finalmente decirles que este éxito no es mío si no fuera de ustedes. Gracias.

Rony Ñahuis Suyón

Keveen A. Febres Silva

Agradecimiento

Al Msc. Luis Humberto Díaz Huiza, por todo su apoyo, conocimiento y recomendaciones para la culminación del proyecto.

Al Mgtr. Cesar Augusto Paccha Rufasto por brindarnos los conocimientos básicos sobre el diseño sismorresistente en la carrera de Ing. civil, y por su amistad en el transcurso de los ciclos.

Al ingeniero Jesús Cristian Bautista Ñaupari, por apoyarnos en el transcurso de la tesis, brindándonos los elementos suficientes para la elaboración del proyecto. Por su apoyo y gran amistad en los días laborales.

A nuestro querido amigo y hermano Herbert Brayan Ortega Mendoza, el cual siempre estuvo ahí para apoyarnos no solo con el proyecto, sino también en toda la carrera de ingeniería civil. Por el cual pasamos una vida universitaria increíble. Gracias amigo.

A todos nuestros amigos de la carrera de ingeniería civil, en especial a Noé Jhonny Cisneros Presentación, por compartir sus conocimientos con nosotros y por los consejos dados como una persona de buena moral. A Jordan Jamil Fretel Escobar, por su gran amistad y compartir momentos de risas con nosotros. A Andersson Cabrera Maguiña y a Cristhian Quispe Diaz fundadores de los Chipis, Handy Vallejos

Al sociólogo Daniel Flores Alvarado y su esposa, por su apoyo en un momento oportuno y su gran empatía con nosotros.

Los autores se agradecen mutuamente por la colaboración habiendo existido el respeto mutuo en todo momento, por el aprendizaje adquirido e información compartida sin egoísmo alguno, deseándose lo mejor en sus vidas profesional.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1 Tipo de investigación.....	24
3.2 Diseño de la investigación.....	24
3.3 Variable y operacionalización	25
3.4 Población y muestra	28
3.5 Técnicas de recolección de información	29
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN	127
VI. CONCLUSIONES.....	131
VII. RECOMENDACIONES	134
REFERENCIAS.....	136
ANEXOS	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Z según la zonificación, 2018.	12
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente.	26
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.	27
Tabla 4. Cuadro de recolección de información.....	29
Tabla 5. Clasificación de los factores Z, U, S y Sistema estructural.....	33
Tabla 6. Valor de los factores según su clasificación según el RNE – E030 – 2018	33
Tabla 7. Datos del Espectro en la dirección X	34
Tabla 8. Datos del Espectro en la dirección Y	36
Tabla 9. Factores de P y n según la ubicación de la columna y su tipo.....	41
Tabla 10. Pesos específicos de los materiales según el reglamento E-020.....	42
Tabla 11. Pesos de la carga viva a utilizar – RNE E-020.	42
Tabla 12. Cuadro de predimensionamiento inicial de columnas.....	42
Tabla 13. Cuadro de predimensionamiento de vigas.	43
Tabla 14. Metrado de cargas muertas para las Columnas Centrales C3.....	43
Tabla 15. Metrado de cargas vivas para las Columnas Centrales C3.....	43
Tabla 16. Metrado de cargas muertas para las Columnas Esquineras C1.....	44
Tabla 17. Metrado de cargas vivas para las Columnas Esquineras C1.....	45
Tabla 18. Metrado de cargas muertas para las Columnas Perimetrales C2.	45
Tabla 19. Metrado de cargas vivas para las Columnas Perimetrales C2.	46
Tabla 20. Cuadro de valores de la masa y el peso de la estructura.....	48
Tabla 21. Cuadro de valores sobre las distorsiones máximas por material.....	84
Tabla 22. Cuadro de datos sobre la verificación de las derivas de la estructura. ..	85
Tabla 23. Cuadro de datos sobre los periodos reales.....	87
Tabla 24. Cuadro de datos sobre los valores de TP, TL, R0 y R.....	88
Tabla 25. Fuerza cortante de las columnas en el eje X.	91
Tabla 26. Fuerza cortante de los muros estructurales en el eje X.....	93
Tabla 27. Fuerza cortante de las columnas en el eje Y.	94
Tabla 28. Fuerza cortante de los muros estructurales en el eje Y.....	97
Tabla 29. Cuadro de porcentajes de las cortantes en las Columnas y Muros en X.	98

Tabla 30. Cuadro de porcentajes de las cortantes en las Columnas y Muros en Y.	99
Tabla 31. Cuadro de desplazamientos máximos de X e Y en cada piso de la estructura.....	113
Tabla 32. Cuadro de los porcentajes de columnas y muros ante la fuerza cortante.	114
Tabla 33. Cuadro de porcentaje de diferencia entre los programas ETABS y CYPECAD.....	116
Tabla 34. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°5.	117
Tabla 35. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°4.	117
Tabla 36. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°3.	117
Tabla 37. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°2.	117
Tabla 38. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°1.	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonificaciones sísmicas, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016.....	12
Figura 2. Espectro de pseudoaceleraciones en la dirección X.....	36
Figura 3. Espectro de pseudoaceleraciones en la dirección Y.....	38
Figura 4. Fórmulas para el peralte de losas macizas según su luz.	39
Figura 5. Separación de luz de las vigas en el plano.	40
Figura 6. Fórmulas para el peralte de losas macizas según su luz.	40
Figura 7. Cargas repartidas en kPa (kgf/m ²) según su uso.	40
Figura 8. Dimensión de la zapata.....	50
Figura 9. Programa ETABS	52
Figura 10. Ventana de inicio ETABS.	52
Figura 11. Ventana para crear el tipo de Grid en el programa.	53
Figura 12. Ventana de introducción de datos en planta para los Grid.....	54
Figura 13. Ventana de introducción de datos de elevación por piso para los Grid	54
Figura 14. Área de trabajo, vista en planta y vista en 3D	54
Figura 15. Opción de creación de materiales.....	55
Figura 16. Ventana de materiales creados en el programa.....	56
Figura 17. Ventana de datos sobre el peso específico y módulo de elasticidad del concreto.....	56
Figura 18. Propiedad del material creado – datos de diseño..	57
Figura 19. Ventana de datos sobre el peso específico y módulo de elasticidad del acero.....	58
Figura 20. Propiedades del material de acero.	58
Figura 21. Menú de herramienta para la creación de estructuras.....	59
Figura 22. Ventana de formas estructurales	59
Figura 23. Ventana de creación de elementos estructurales con sus respectivas dimensiones.....	60
Figura 24. Ventana de selección de acero de refuerzo para columnas..	61
Figura 25. Ventana de selección de acero de refuerzo para vigas.....	61
Figura 26. Menú de herramientas para la creación de losas..	62

Figura 27. Ventana de las propiedades y espesor de la losa a crear en el programa.	62
Figura 28. Ventana para la creación de muros tanto estructural como de albañilería..	63
Figura 29. Ventana para la elección del material y espesor del muro.....	63
Figura 30. Área dibujada y sección de herramientas de dibujo.	64
Figura 31. Menú de herramientas para la creación del Mesh.	65
Figura 32. Ventana de las dimensiones a discretizar.....	65
Figura 33. Menú de herramientas para la asignación de brazos rígidos.	66
Figura 34. Ventana donde se aplica el factor de brazo rígido para la estructura ...	66
Figura 35. Vista del modelo con la asignación de brazos rígidos	67
Figura 36. Menú de herramientas para la asignación de diafragmas.....	68
Figura 37. Creación del diafragma a definir para cada piso.....	68
Figura 38. Vista de la losa una vez asignado el diafragma.	69
Figura 39. Menú de herramientas para la asignación de las restricciones de apoyo..	70
Figura 40. Ventana para la selección de restricción de apoyo.....	70
Figura 41. Menú para la definición de patrones de carga.....	71
Figura 42. Ventana para definir las cargas estáticas	71
Figura 43. Menú Define en el cual se asignan los Piers para las placas	72
Figura 44. Ventana en el cual se crean los Piers.	72
Figura 45. Menú de herramientas para la introducción del espectro respuesta.....	73
Figura 46. Ventana en el cual se introduce y visualiza la función del espectro respuesta.....	74
Figura 47. Menú de herramientas para la definición de casos dinámicos.	75
Figura 48. Ventana en el cual se crean los casos de carga	76
Figura 49. Ventana en el que se ingresan los datos de los casos de carga tanto en X como en Y.	76
Figura 50. Ventana para la introducción de la excentricidad.....	77
Figura 51. Menú para insertar las cargas vivas y muertas en la losa.....	78
Figura 52. Ventana donde se define el valor de la carga viva.....	78
Figura 53. Ventana donde se define el valor de la carga muerta..	79
Figura 54. Ventana para la creación de masas	79

Figura 55. Ventana para la introducción del factor para la carga viva y muerta.....	80
Figura 56. Menú para agregar las combinaciones de carga..	80
Figura 57. Ventana para la introducción de los valores del combo.	81
Figura 58. Ventana de creación de los combos.....	81
Figura 59. Ventana de creación de la envolvente.....	82
Figura 60. Menú de verificación de errores en el programa.....	82
Figura 61. Ventana donde se verificará los errores cometidos en el programa.	83
Figura 62. Ventana de aceptación del programa, mostrando que no hay error.	83
Figura 63. Visualización en 3D sobre las deformaciones de la estructura..	84
Figura 64. Visualización de las cargas máximas del sismo en X e Y por piso.	85
<i>Figura 65. Visualización de los periodos de la estructura.</i>	<i>87</i>
Figura 66. Ventana donde se corrige el coeficiente de basal con los periodos reales.....	89
Figura 67. Ventana de datos sobre la resistencia máxima en X ejercida por las columnas.....	90
Figura 68. Ventana de datos sobre las resistencias máximas ejercidas en los muros estructurales.	90
Figura 69. Ícono del programa CYPE	100
Figura 70. Ventana de datos generales de Cypecad	100
Figura 71. Ventana de estados de límites del proyecto	101
Figura 72. Ventana de verificación de los estados de límite.....	102
Figura 73. Definición de los valores del coeficiente de basal	102
Figura 74. Definición del espectro respuesta	103
Figura 75. Definición de las alturas de los pisos.....	104
Figura 76. Introducción de las cargas gravitacionales por piso.	104
Figura 77. Introducción de dimensión de las columnas.	105
Figura 78. Ventana de tipo de sección de las columnas.....	105
Figura 79. Menú Vigas/Muros para la introducción de vigas o muros	106
Figura 80. Ventana de tipo y predimensionamiento de las vigas.....	106
Figura 81. Introducción de las dimensiones de los muros estructurales.....	107
Figura 82. Menú Paños para la introducción de losas y huecos	108
Figura 83. Ventana de creación del tipo de losas e introducción de sus dimensiones.....	108

Figura 84. Área de dibujo del programa Cypecad	109
Figura 85. Visualización de la estructura en 3D.....	110
Figura 86. Menú de cálculo del programa Cypecad.....	111
Figura 87. Herramienta de listado..	111
Figura 88. Opciones de listados sobre las hojas de cálculo.....	112
Figura 89. Hoja de cálculo de los desplazamientos máximos.....	113
Figura 90. Hoja de cálculo de los porcentajes de cortante sísmicos máximos resistidos por las columnas y muros.	114
Figura 91. Hoja de cálculo de ETABS.....	115
Figura 92. Hoja de cálculo de Cypecad.....	116
Figura 93. Ventana de momentos y esfuerzos de Cypecad.....	119
Figura 94. Ventana de momentos y esfuerzos de Etabs.	119
Figura 95. Momentos y esfuerzos de un pórtico en Cypecad	120
Figura 96. Momentos y esfuerzos de un pórtico en Etabs.....	121
Figura 97. Desplazamientos ejercidos por el modal 1 (Y) en Etabs.	122
Figura 98. Desplazamientos ejercidos por el modal 1 (Y) en Cypecad.....	122
Figura 99. Desplazamientos ejercidos por el modal 2 (X) en Etabs.	123
Figura 100. Desplazamientos ejercidos por el modal 2 (X) en Cypecad.....	123
Figura 101. Normativa usada en el Cypecad para estructuras de hormigón.....	124
Figura 102. Normas de Cypecad para estructuras de acero laminado y armado.	125
Figura 103. Normativa usada en el Cypecad para las acciones en las estructuras, viento.....	126
Figura 104. Normativa usada en el Cypecad para las acciones en las estructuras, sismo. /	126

RESUMEN

El propósito de la investigación fue verificar si el programa estructural Cypecad es factible en la validez de sus resultados comparándolo con otro programa muy usado y conocido en el mercado ingenieril que es el Etabs. Para ello la investigación tiene un alcance exploratorio, comparativo y explicativo. Se diseñarán en ambos programas tanto el análisis estático y dinámico para la comparación de datos y verificación de resultados en base a la norma peruana, a través. Se calcularán el porcentaje de diferencia de los resultados y se discutirá con otros investigadores sobre los análisis de dichos programas. Las conclusiones fueron las siguientes: (1) Cypecad, trabaja con el espectro elástico en cambio el programa Etabs trabaja con un espectro inelástico siendo necesario multiplicar la carga espectral por la aceleración de la gravedad, (2) el análisis estático de los programas estructurales, tienen como resultados un porcentaje de diferencia del 4.87%. Por el cual si es efectivo el análisis estático en Cypecad., (3) en la participación de resistencia de la fuerza cortante sobre la base, en ambos programas, tienen una regular diferencia debido a que los resultados de los programas varían por la manera de cálculo que tiene. Sin embargo, ambos porcentajes de resistencia en los muros estructurales de Etabs y Cypecad sobrepasan el 70%, el cual se toman como datos confiables debido a que ambos cumplen con el sistema estructural indicado., (4) Para las derivas de piso analizadas por el análisis dinámico modal espectral en ambos programas, se obtuvieron datos con una diferencia máxima en sus derivas de 7.09%. Gracias a la similitud de datos se afirma que Cypecad es viable para el análisis dinámico, (5) De los resultados de los esfuerzos cortantes y momentos de los valores obtenidos por ambos programas, se tiene que Cypecad es ligeramente mayor el cual produce que para el cálculo de refuerzo se incrementen las secciones de los elementos estructurales., (6) Cypecad muestra una hoja de cálculo muy detallado para el cálculo del análisis estático, en cambio el Etabs no tiene esa modalidad de hoja de cálculo, por lo que uno debe interpretar los resultados dados por el programa. (7) Cypecad tiene la opción de edición muy amplia una vez calculado los resultados, ya que nos permite, por criterio del diseñador, modificar las dimensiones de las estructuras que nos ayudan a optimizar recursos., y (8) En

caso que se requiera un análisis más detallado donde las no lineales son muy esenciales se requiere un modelamiento estructural mediante Etabs

Para futuras investigaciones, se recomienda lo siguiente: (1) Evaluar los programas mediante otro tipo de edificaciones como losas aligeradas, uso de tabiquería considerando la densidad de los muros u otros sistemas estructurales para validar en su totalidad el programa Cypecad; (2) Incorporar la nueva norma de diseño RNE E.030 – 2018., (3) recomienda como fuente la tesis de Román Medina, el cual tiene una comparación muy detallada acerca del uso del Cypecad., (4) Tener conocimientos básicos a cerca del diseño estructural para tener certeza de una buena realización de diseño en Cypecad., y (5) Se recomienda el uso del programa Cypecad para realizar proyectos no muy complejos.

Palabras clave: Diseño sísmico, análisis estático, análisis dinámico, Etabs, Cypecad.

ABSTRACT

The purpose of the investigation was to verify if the Cypecad structural program is feasible in the validity of its results by comparing it with another program that is widely used and known in the engineering market, which is the Etabs. For this, the research has an exploratory, comparative and explanatory scope. Both static and dynamic analysis for data comparison and verification of results based on the Peruvian standard will be designed in both programs. The percentage of difference in the results will be calculated and other analyzes will be discussed with other researchers. The conclusions were the following: (1) Cypecad, works with the elastic spectrum instead the Etabs program works with an inelastic spectrum being necessary to multiply the spectral load by the acceleration of gravity, (2) the static analysis of the structural programs, they have a difference of 4.87% as a result Therefore, if the static analysis in Cypecad is effective, (3) in the participation of resistance of the shear force on the basis, in both programs, they have a regular difference because the results of the programs vary by the way calculation you have. However, both resistance percentages in the structural walls of Etabs and Cypecad exceed 70%, which are taken as reliable data because both comply with the indicated structural system., (4) For floor drifts analyzed by the Dynamic modal spectral analysis in both programs, data were obtained with a maximum difference in their drifts of 7.09%. Thanks to the similarity of data, it is stated that Cypecad is viable for dynamic analysis, (5) From the results of the shear forces and moments of the values obtained by both programs, Cypecad is slightly larger which produces than for the Reinforcement calculation sections of the structural elements are increased., (6) Cypecad shows a very detailed spreadsheet for the calculation of static analysis, however the Etabs does not have that spreadsheet modality, so one must interpret the results given by the program. (7) Cypecad has the option of very wide editing once the results have been calculated, since it allows us, at the discretion of the designer, to modify the dimensions of the structures that help us optimize resources., And (8) If required a more detailed analysis where non-linear ones are very essential requires structural modeling through Etabs

For future research, the following is recommended: (1) Evaluate the programs through other types of buildings such as lightened slabs, use of partition walls

considering the density of the walls or other structural systems to fully validate the Cypecad program; (2) Incorporate the new design standard RNE E.030 - 2018., (3) recommends as a source the thesis of Román Medina, which has a very detailed comparison about the use of Cypecad., (4) Have basic knowledge to close to the structural design to be sure of a good design realization in Cypecad., and (5) The use of the Cypecad program is recommended for not very complex projects.

Keywords: Seismic design, static analysis, dynamic analysis, Etabs, Cypecad

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los países subdesarrollados optan por la expansión territorial para su crecimiento, y la demanda de construcciones a nivel horizontal es algo que siempre será un tema a tratarse, debido a que el hombre opta por abarcar todo el ámbito territorial, mientras que esto no se aplica en lugares centrales donde la expansión horizontal es algo que ya no abarca por la sobrepoblación existente, por lo que se opta por construcciones a nivel vertical. Esto exige a que los ingenieros civiles estructurales tengan una buena orientación y estudios de diseño sísmico estructural.

Asimismo, uno de los eventos naturales más devastadores que causan pérdidas de vida y bienes materiales, son los terremotos. Éstos, debido al gran movimiento ondulatorio de tierras que producen por el choque de placas, afectan las estructuras de las edificaciones u obras civiles. En Sudamérica se encuentran países con alto riesgo sísmico como Chile, Ecuador y Perú que se encuentran cerca de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, el cual son más afectados por estos movimientos de tierra. En promedio, 1000 personas son afectadas por estos fenómenos, Afectando tanto económicamente a familias y empresas, esto presenta un porcentaje elevado del presupuesto nacional de los países (Elnashai & Di Sarno, 2008).

Por consecuencia, como una forma de reducir los daños y pérdidas socio-económicas por los terremotos, nace la ingeniería sísmica como una rama de la ingeniería civil. La ingeniería sísmica estudia el comportamiento de los edificios y estructuras sujetas a cargas sísmicas la cual tiene como objetivo de entender la interacción de los edificios y la infraestructura con el subsuelo; diseñando, construyendo y manteniendo que la estructura resista ante la exposición de un terremoto.

Según Barbat (2005) indica que:

Es importante resaltar la manera que uno hace uso de las normativas de diseño, ya que puede reducir el riesgo sísmico en las zonas urbanas. Por lo general en las zonas sísmicas existen edificios la cual han sido construidos en diferentes épocas, diversas formas y distintos tipos en el tema estructural. Obviamente, mediante la aplicación de las normas es que se consigue

disminuir el riesgo de los edificios actuales, que son muy pocos si comparamos con la gran cantidad de edificios existentes en cada sector. (p.8)

Por consiguiente, la aparición de nuevas tecnologías es algo que revolucionó el análisis estructural para las edificaciones u obras civiles, haciendo que muestre grandes avances para el desarrollo de un país en el lado ingenieril, esto se puede ver en el campo de la construcción, que es un ámbito que no deja de evolucionar con el pasar del tiempo, por lo que se busca nuevas maneras de mejorar, utilizar e innovar el uso tanto de materias primas como los diferentes software para el diseño, control y manejo de un proyecto. Este software ayuda a la elaboración de planos, diseño estructural, programación del proyecto, costos y entre otros. Según Huapaya (2017) dice que:

La evolución, tanto la ciencia como la tecnología, ha permitido desarrollar diferentes métodos para evaluar, calcular y diseñar las estructuras frente a un movimiento sísmico. Sin embargo, a ciencia cierta, no es posible conocer el resultado real que tienen las estructuras frente a un sismo por lo que es recomendable seguir con el estudio sobre dicho tema. (p.1)

Lo que el investigador indica es que el estudio para el diseño sísmico de una estructura debe seguir desarrollándose, ya que permitirá menores pérdidas y riesgo ante un sismo.

Una de las empresas que creadoras de los programas para el análisis sísmico es la empresa CYPECAD Ingenieros S.A. la cual en su software CYPECAD nos permiten diseñar estructuras de diversos materiales como ver el comportamiento sísmico de éstos. CYPECAD ha adaptado de una forma eficiente para modelar, diseñar y analizar las estructuras debido a que permite la importación automática de planos el cual reduce el tiempo en la modelación de los proyectos, así como también permite una variada gama de formatos en los que se puede exportar (Román, 2016). Por lo que este trabajo tiene como finalidad de realizar un diseño sísmico con el software CYPECAD y ETABS de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima – 2019 para dar comparar la eficacia de los resultados y la manera de usar el programa, también ver sus funciones ya que gracias a las normativas implementadas dentro de los software, sean nacionales o internacionales, se aplican para un buen cálculo estructural, para realizar la

dimensión de las estructuras y comprobar los resultados de los análisis estructurales de hormigón, acero y madera, la cual serán sometidas a las diversas cargas sísmicas, viento y nieve, disminuyendo el tiempo de la elaboración de los proyectos.

II. MARCO TEÓRICO

Según Román (2016) en su tesis, Diseño sismorresistente de un edificio de hormigón armado con el sistema de losa prefabricada con vigas peraltadas utilizando el programa sap2000 y comparación de resultados con el programa CYPECAD desarrollada para optar el título de ingeniero civil, tuvo como objetivo principal el analizar los resultados y comparar el cálculo estructural; siendo el programa SAP 2000 versión 16.0.1 y el programa CYPECAD versión 2015. El cual concluyo en ambos programas como SAP 2000 y CYPECAD, son excelentes para el análisis estructural; sin embargo, si se requiere de un modelamiento estructural muy preciso donde el cálculo estructural requiere tener en cuenta el proceso constructivo por fases, la indiscutible elección es usar SAP 2000; pero si este no fuera el caso y se quiere realizar un proyecto con un complejo menor, de forma práctica, donde la optimización y productividad del tiempo sean primordiales, el programa CYPECAD es el indicado.

Por otro lado, Jurado (2016) en su trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero, Comparación entre la norma ecuatoriana de la construcción 2011 y la norma ecuatoriana de la construcción 2015 aplicadas al análisis estructural mediante el uso del programa CYPECAD, definió que la NEC 2015 da resultados menos exigentes que la NEC 2011, por lo que concluyo que los resultados en el tiempo de ejecución de diseño y análisis entre CYPECAD y otro software especializado, es extremadamente superior al tiempo de ejecución el CYPECAD, esto se debe a que realiza el concreto armado de la estructura tomando en cuenta todas las consideraciones de las normas aplicadas; por consiguiente, ambos programas se pueden dar por validos ya que no tiene mayor diferencia en los resultados de análisis, excepto en el diseño de los elementos, debido a que CYPECAD trabaja con áreas de acero definitivas las cuales dependen del criterio profesional.

Otro de los trabajos sobre el diseño estructural usando el programa CYPECAD es de Vilema (2014) que en su tesis, Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con CYPECAD para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes ubicado en el barrio El Dorado, ciudad de Puyo, desarrollada para obtener el título de ingeniero civil, el cual analizó que sucede con el factor de reducción de las fuerzas sísmicas, diseñando el edificio

con CYPECAD para garantizar la seguridad del cálculo, tomando en cuenta que el programa tiene cargado en NEC-2011 y EL CEC-2001. La cual su investigación concluyó que el programa CYPECAD ayudó a agilizar varios procesos de cálculo y obtener datos confiables y aceptables, la cual demuestra comodidad y garantía en la modelación y cálculo de la estructura.

Antecedentes Nacionales

Según Huapaya (2017) en su tesis que lleva el título de Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con un sistema aporticado a través del método estático no lineal, desarrollada para obtener el título de ingeniero civil, evaluó la resistencia y ductilidad aplicada en edificios aporticados, utilizando el método estático no lineal y comparar su capacidad con la norma E030, con el fin de dar conocimiento a un comportamiento más real de una edificación realizando un análisis estático no lineal a través del programa ETABS. El cual el investigador concluyó que el valor del sobre – resistencia, depende del periodo fundamental de la estructura. Tal y como que el periodo fundamental de la estructura aumenta, el valor se incrementa también. Como también el espectro de capacidad de las estructuras, supera al espectro que aparece en la norma de diseño de sismo E-30, notando que estos valores se hallan mediante el programa ETABS en la opción (ASCE 41-13NSP).

Otro de los trabajos presentados a nivel nacional es de Mendoza y Rodas (2015) en su tesis de “Análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolás Gareta – Nuevo Chimbote” desarrollada para optar el título profesional de ingeniero civil, la cual analizó la interacción sísmica suelo – estructura con zapatas corridas, mediante la evaluación de las características geotécnicas del suelo, un adecuado modelo dinámico de interacción de suelo-estructura en las zapatas corridas, evaluando la estructura con el método estático y con el método modal – espectral mediante el software CYPECAD. La cual concluyeron que dicho software en el instante de idealizar las pantallas matemáticamente, toma en cuenta estas como elemento finito de lámina gruesa, por el cual es incompatible con el comportamiento real de algunas secciones, mientras que ETABS, cuando ejecuta las combinaciones de carga, considera el mayor negativo como mínimo y el mayor positivo como máximo.

Por último, en Ing. Casimiro (2012) en su tesis “Desempeño sísmico de edificaciones bajo el sismo de nivel ocasional” la cual fue desarrollada para optar el grado de magister en referencia de ingeniería estructural, tuvo como objetivos principales de caracterizar el movimiento sísmico ocasional mediante los parámetros de ingeniería, utilizando en la evaluación y diseño la aceleración máxima del suelo. Para ello caracteriza el movimiento sísmico de diseño usando el intervalo de recurrencia ocasional del sismo mediante el software ETABS, el cual tomó en cuenta los periodos de retorno que propuso para estructuras distintas en las edificaciones. La cual, con respecto al desempeño sísmico, concluyó que el comportamiento de un edificio de 8 pisos con muros estructurales, está bajo la acción de un movimiento sísmico ocasional (periodo de retorno: 72 años), la evaluación tuvo como fin en verificar que un edificio diseñado con el programa ETABS, siguiendo todos los procedimientos de la norma E-060 (concreto armado) y la norma E-030 (sismorresistente), sea capaz de comportarse apropiadamente bajo la fuerza del sismo ocasional.

Diseño Sísmico

Según Nilson (2001) las estructuras, para el diseño sísmico, se clasifican en: estructuras esenciales como grupo “A” el cual lo conforman las estructuras que atienden por su importancia a la población después de haber ocurrido un desastre, es necesario que permanezcan operativas los hospitales, comisarias, edificios del gobierno, estaciones de bomberos, escuelas, etc. También se encuentran las estructuras cuyo fallo parcial o total esté representando un riesgo a la población, ellos encontramos a los templos, estadios, depósitos de sustancias tóxicas, gasolineras, salas de espectáculos, otros. Asimismo, las estructuras que ocasionen pérdidas culturales o económicas, como monumentos, registros y archivos públicos, puentes, museos, otros. Otra de las clasificaciones son las estructuras de normal importancia, llamado también grupo “B” que son aquellas que tienen como grado de seguridad un nivel intermedio, en las que se encuentran los locales, centros comerciales, industrias, hoteles, viviendas, edificios de oficinas, estructuras urbanas que no se consideran esenciales, depósitos y entre otros. Y por último la clasificación de grupo “C” que se consideran estructuras de importancia menor, definiendo que son aquellas estructuras aisladas en donde la falla, sea parcial o

total, no pone en riesgo la vida humana; en ella se encuentran los cercos de altura menor a los 2.5 m, los barandales y entre otros (p.23).

Por otro lado, Bazan y Meli (2002) menciona que el Diseño de las estructuras no solamente resiste los sismos, sino que también tiene una diversidad de razones. Lo peculiar no solo radica en la respuesta estructural a los efectos dinámicos de un sismo, sino que deriva el fenómeno, que es poco prescindible, y de las intensidades extraordinarias el cual puede alcanzar sus efectos (p.13).

Normas Técnicas de Estructuras de Concreto Armado (Perú)

Uno de los reglamentos para el diseño de estructuras armadas es la NTE E.060 2009 la cual nos especifica los detalles del concreto armado como los materiales, los requisitos de durabilidad, la calidad del concreto, el mezclado, la colocación, entre otros. A la vez nos explica el análisis y diseño para las columnas, vigas, losas, muros y cimentaciones.

Normas Técnicas de Estructuras de Acero (Perú)

El Perú tiene como reglamento el NTE E.090. Esta norma se clasifica en 3 diferentes tipos de aceptables construcciones, la primera clasificación es el pórtico rígido, el cual asume las conexiones de las columnas y vigas como suficientemente rígidas, así no tiene cambios de los ángulos entre los elementos estructurales, la segunda clasificación son los pórticos simples, en el cual la condición de apoyo simple se asume en sus extremos a través de conexiones solo por corte y que éstos se encuentran libres de rotar por las cargas gravitatorias; y por último tenemos a la tercera clasificación, que son los pórticos semirrígidos, en el que asumen las conexiones entre los elementos que poseen una capacidad conocida de rotación que se encuentra entre la conexión rígida de la primera clasificación y la conexión rígida de la segunda clasificación (NTE E.090, 2004). Con esas condiciones es que uno puede diseñar en base al reglamento.

Normas Técnicas de Cargas (Perú)

Cuando se habla de cargas, se establece la NTE E.020. la cual nos habla acerca de los diversos tipos de cargas que podemos encontrar en una edificación.

Cargas Muertas

Para el diseño sísmico se considera como cargas muertas a lo que vendría a ser el peso de todos los elementos que estarán en una posición permanente durante toda la vida útil de una obra civil. En estos elementos encontramos a las estructuras, los acabados, entre otros. Cuando se evalúa las cargas muertas, se emplean los pesos unitarios de los elementos y las dimensiones especificadas, con sus respectivos materiales, también se considera el peso de todos los artefactos de servicio en la edificación, la cual incluye las instalaciones sanitarias y eléctricas, ductos y equipos de aire acondicionado, dispositivos fijos, ascensores y otros. El peso de todos los materiales se incluye en la carga muerta mientras que el peso de los instrumentos con el que se amuebla una zona, se le considera como carga viva. Tal como se muestra en el RTE E-020 la cual establece algunos pesos reales de los elementos estructura. Mientras que, para otros productos, se puede utilizar como dato el peso que especifica el fabricante.

Cargas Vivas

Se denomina carga viva al peso de los elementos o personas que se mantendrán en movimiento dentro de la estructura. Se usa como mínimo los valores que están representadas en el NTE E.020 para los distintos tipos según la ocupación o uso.

Cargas viento internas

Cuando se va a diseñar elementos de cierre como pórticos, la cual restringe el nivel analizado en cualquier dirección, en el que se encuentran los paneles de vidrio, las coberturas u otros elementos de que producen el cerramiento por el cual se adicionarán a las cargas exteriores, las cargas interiores el cual han sido cuantificadas con los factores de forma, para la presión de interiores.

Cargas viento externas

En las edificaciones, la carga exterior que se genera ya sea por succión o presión que ejerce el viento, se deducirá estáticamente y perpendicularmente a la superficie la cual se hallará por la fórmula.

$$P_h = 0.005 CV_h^2$$

El cual:

P_h = presión del viento a una altura, (kgf/m²)

C = Factor de forma adimensional

V_h = Velocidad de diseño a una altura, (Km/h)

Cargas Sismo

Por otro lado, tenemos las cargas sismo a la cual nos ayudan a ver el comportamiento de nuestra estructura. En el Perú el reglamento que se generó para el diseño sísmico es la NTE E.030 (2006) modificada con el Decreto Supremo N°002-2014-Vivienda en el cual debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos para las estructuras sismorresistentes: el peso mínimo, la simetría para la distribución de rigideces y masas, la continuidad estructural, la resistencia, la ductilidad, el uso adecuado de materiales y las deformaciones laterales limitadas (NTE E.030, 2018).

Empuje horizontal (carga sísmica reactiva)

Para el diseño sísmico se debe tener en cuenta las cargas muertas y vivas de la estructura, así obtendremos la carga sísmica (W) la cual a ambas cargas se les multiplica por un factor de sobrecarga. Si se considera como carga sísmica reactiva a toda la carga muerta de la estructura, ya sea el peso de las vigas, losas, columnas, etc. y la carga muerta adicional, (peso de paredes y recubrimientos), éstas se ingresan a los softwares como cargas distribuidas aplicadas en las losetas de compresión.

Zonificación Sísmica

Según el MVCS, considera que el Perú está dividido en 4 zonas que por norma toman distintos valores, el cual están representadas en el NTE-E060.



Figura 1. Zonificaciones sísmicas, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016.

Por cada zona el MVCS determina un factor que es interpretada como aceleración horizontal máxima el cual es aplicada en el suelo teniendo una probabilidad de 10% (Román 2016).

Tabla 1. Valores de Z según la zonificación, 2018.

VALOR (Z)	
ZONA	Z
1	0.1
2	0.25
3	0.35
4	0.45

Fuente: <https://cdn.www.gob.pe/>

Perfil de suelo

Con el tiempo han sido clasificados los perfiles de suelo según la velocidad promedio de las ondas de corte, y en el caso de los suelos granulares se usa el promedio de los N_{60} mediante los ensayos de penetración estándar. Estos perfiles los consideran la norma técnica de edificaciones E.030

Parámetros de sitio (s , t_p y t_i)

Para el diseño sísmico se debe de considerar el tipo de perfil el cual describa de mejor forma las condiciones que se tiene del terreno, utilizando los valores del factor que intervienen en la acción sísmica aplicada en el análisis estructural.

Factores de amplificaciones sísmicas (c)

El factor de amplificación sísmica se define con respecto a la aceleración del suelo. Éstas se encuentran representadas en expresiones dadas por la NTE – E.030.

Donde según el MVCS (2018), indica que el valor de C_T tendrá una variación dependiendo de los siguientes casos:

- Para edificaciones que tengan solamente como elementos resistentes pórticos de concreto armado sin muros y pórticos dúctiles de acero cuya unión resisten a momentos, sin arriostramiento, se considerará $C_T = 35$.
- Para edificaciones que tengan solamente como elementos resistentes pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras o en el caso de que sean pórticos de acero arriostrados se tomará el valor de $C_T = 45$.
- Para edificaciones que son de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, con muros de ductilidad limitada y muros estructurales, se considera $C_T = 60$.

Factor de uso

En base a la edificación es que se determina el factor de uso o importancia (U). Para los edificios que cuenten con aislamiento sísmico en su base, se puede considerar el valor de $U = 1$. Sin embargo, la NTE muestra las condiciones y categorías para la definición del factor U.

Factores de irregularidad i_a , i_p

Para determinar el factor (i_a) se toma en cuenta las irregularidades estructurales por la altura que tiene la edificación, para ambas direcciones que se analizará. Así mismo, para el factor (i_p), el cual se determina como el menor valor, corresponde a las irregularidades estructurales vistas en la planta de la edificación, también por ambas direcciones que se analizará. Si al momento de emplear la NTE. E.030 se obtienen valores diferentes de los factores i_a o i_p , para ambas direcciones de análisis, se debe tomar el valor menor entre éstos y aplicarla para las direcciones de cada factor.

Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica r

Este coeficiente es determinado como el producto de los factores de i_a , i_p y el coeficiente R_0 , el cual se determina a través de la norma técnica de edificaciones, la cual son usadas en la siguiente fórmula.

$$R = I_a * I_p * R_0$$

Modelo de análisis sísmico estático

Se debe analizar estáticamente dos fuerzas equivalentes que sean estáticos, para el análisis dinámico se efectúa el modal espectral considerando un comportamiento elástico y lineal con las instigaciones sísmicas reducidas. El UBC (University of British Columbia) clasifica entre dos métodos de carga estática equivalente usando el criterio de cargas o fuerzas laterales mínimas de diseño, mientras que el método más complejo de carga estática equivalente, se detalla bajo los procedimientos de carga lateral dinámica (Nilson, 2001). Para el resultado final de la fuerza cortante

ubicada en la base de la estructura, para cada dirección, se infiere por la fórmula siguiente:

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

En la cual el valor (C/R) no se considerará menor igual a 0.11.

Modelo de análisis sísmico dinámico

Para el caso del análisis dinámico, cualquier estructura puede ser diseñada en base a los resultados de la combinación modal espectral. Según Nilson (2001) dice:

En los métodos de carga lateral dinámica del UBC, integran la utilización de la respuesta espectral, la cual da la máxima respuesta (usualmente aceleración) como una funcionalidad de periodos de la estructura; o análisis de respuesta estructural en el tiempo, basados en un desplazamiento de diseño supuesto para el lugar en particular (p.670).

Para ello se determina los modos de vibración mediante un procedimiento analítico que considere las características tanto de la distribución de masas como la rigidez. Se utilizará un espectro inelástico de supuestas aceleraciones que están definidas, para cada dirección horizontal analizada, por la fórmula:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Para ejecutar el análisis dinámico efectuado en la dirección vertical, va a poder usarse un espectro con valores equivalentes a los 2/3 del espectro, el cual se empleará para las direcciones horizontales tomando en cuenta los valores de C, la cual están definidas en la NTE E.030; en excepción de las zonas con periodos muy cortos, en el cual se considera:

$$T < 0.2 T_p$$

$$C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

Por otro lado, para los criterios de las combinaciones se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para los parámetros a nivel global de la edificación, sea fuerza cortante, momentos de volteo, etc. y para las fuerzas internas de cada elemento estructural (Ministerio de vivienda, 2016).

Entonces la respuesta elástica máxima esperada (r) que corresponde al efecto grupo de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) se podrá definir utilizando la combinación cuadrática siguiente:

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

En la cual r representa las fuerzas, los desplazamientos o respuestas modales.

Diseño sísmico de estructuras metálicas

Para el diseño estructural de elementos metálicos del Tipo 2, se debe tener en cuenta los criterios mencionados en la cual las conexiones y los elementos conectados serán ajustados como vigas simplemente apoyadas, con la finalidad de resistir las cargas de gravedad. Como también los elementos y conexiones serán adecuados para soportar las cargas horizontales. Y las conexiones tendrán una capacidad de rotación inelástica que se adecue para evitar sobrecargar a las soldaduras o conectores frente a la combinación de fuerzas verticales y horizontales. Mientras que las construcciones del Tipo 3 deberán necesitar una deformación inelástica en el acero estructural.

Por consiguiente, la construcción de estructuras metálicas para edificios, se clasifican de acuerdo con al tipo de la siguiente manera: Estructura apoyada en muros de carga, construcción reticular, estructuras de acero para grandes claros y estructuras combinadas de acero y concreto. Estos 4 tipos de

clasificación se pueden dar en un mismo edificio la cual pueden ser estudiadas (McCormac & Csernak, 2012).

Tipos de acero estructurales usados para el diseño

Para el diseño de las estructuras metálicas se debe cumplir según la NTE E.090 con algunas normas designadas por el ASTM (American Society for Testing and Materials), la cual nos permite adecuar las normas al diseño de estructuras de acero en el Perú.

Diseño de miembros

Para cada uno de los miembros estructurales, se deberá diseñar todas las cargas muertas que el elemento soporta, pero es posible también que se diseñe algunos miembros para cargas vivas, el cual son menores que sus valores teóricos total (McCormac & Csernak, 2012). También es necesario dibujar el diagrama de momentos en ambos casos (cargas laterales y de gravedad), la cual serán sumadas para obtener el momento positivo máximo del claro. Estos valores pueden guiar en el diseño de las dimensiones de las trabes, pero en algunos de los miembros.

Combinaciones de carga

Para las combinaciones de cargas y cargas nominales, se tomarán como mínimas de diseño establecidos por la NTE E.020.

Diseño sísmico de cimentación

Para el diseño de la cimentación es necesario el cálculo de las fuerzas ejercidas de la estructura para la subbase, para su diseño uno debe saber la profundidad de cimentación tanto de cimientos como de zapatas, que son las distancias desde el nivel de la superficie a la base de la cimentación. La profundidad será definida por el PR y está condicionada por la estratigrafía del suelo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Dimensiones de las zapatas

Para las presiones de contacto admisible, se debe determinar las bases del estudio de mecánica de suelos, con respecto a los ensayos de carga y otras determinaciones experimentales. Para las presiones de cargas admisibles (q_a) para cargas de servicio se escogen teniendo en cuenta un factor de seguridad entre 2.5 a 3.0 para que no se exceda la capacidad portante de los asentamientos y suelo, de tal manera se mantengan dentro de unos límites admisibles.

Para las zapatas concéntricamente cargadas, el área se determinará a partir de

$$A_{req} = \frac{D + L}{q_a}$$

Cuando se incluye los efectos de Viento (W) o de sismo (E), se permiten un incremento en la presión admisible en un 33%. Cuyo caso sería:

$$A_{req} = \frac{D + L + W}{1.33q_a} \qquad \frac{D + L + E}{1.33q_a}$$

Combinaciones de cargas

Una vez determinada el área para las zapatas, se procederá a diseñarse la capacidad necesaria para resistir todos las cortantes, momentos y otras acciones que se manifiestan por las cargas de sobrepeso. De esta forma para el diseño a la resistencia de las zapatas se verá con la siguiente expresión:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$U = 1.25 (CM + CV \pm CV_i)$$

$$U = 0.9 CM \pm 1.25 CV_i$$

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 CM \pm CS$$

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CE$$

$$U = 0.9 CM \pm 1.7 CE$$

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.4 CL$$

$$U = 1.05 CM + 1.25 CV + 1.05 CT$$

$$U = 1.4 CM + 1.4 CT$$

En el cual CM es la carga muerta, CV la carga viva, CS la carga sismo, CV_i la carga viento, CE el empuje lateral de los suelos, CL el peso y presión de líquidos con densidades definidas y el factor de CT .

CYPECAD

CYPECAD es un programa estructural que fue creado en España en la década de los 80 por la empresa CYPE Ingenieros S.A., para realizar el análisis de cada elemento estructural de hormigón armado, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a fuerzas tanto horizontal como vertical. La cual permite a un ingeniero con conocimientos básicos en el diseño estructural, un análisis tridimensional de la estructura, de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo; ambos en formato de uso convencional (Vilema, 2014, p.38). Ofrece también una gran variedad de herramientas y opciones para la producción de proyectos de consultoría u otras plataformas. Este software ha sido utilizado en diversos países debido a que cuenta con criterios en base a los reglamentos de algunos países como Estados Unidos, Francia, España, Colombia, Chile, Bulgaria, Brasil, Bélgica, Argentina, Perú, India, Italia, Portugal, México y entre otros. La cual facilita el diseño estructural de viviendas, ya que, a su fácil uso, nos permite modular y analizar con mayor rapidez una estructura.

Introducción de datos

La introducción de datos para el diseño estructural es muy eficaz en el programa ya que permite importar planos en formato AutoCad (DWG) como Revit (IFC), por otro lado, también la persona que ejecute el programa podrá introducir la dimensión de sus columnas, vigas, muros de corte, losas, y sobrecargas adicionales.

Análisis estructural

Los análisis que te calcula el programa son el medio estático y dinámico la cual se guía de las normas implementadas en su sistema. Esto permite realizar el dimensionamiento, cálculo y diseño de los elementos estructurales de hormigón armado y metálicos para una edificación u obra civil, sometidas a acciones tanto horizontales, verticales y bajo la acción del fuego. Ya sea que estén conformada por columnas (mixtos, acero y hormigón), pantallas y muros; vigas metálicas, mixtas y de hormigón; viguetas (genéricas, armadas, pretensadas, entre otros), como también placas aligeradas, reticulares, losas macizas y losas mixtas; cimentaciones por losas, zapatas, encepados y vigas de cimentación. También dimensiona y comprueba uniones metálicas soldadas y atornilladas.

Exportación de resultados

Ya que este programa va de la mano con CYPECAD, nos permite exportar en los formatos ya mencionados, la cual nos daría una documentación sobre el plano, los listados (en la que se detallan las comprobaciones de los estados límite últimos y la justificación de la acción viento) Medición y presupuesto como también sistemas de protección colectiva y memoria del proyecto de edificación. Nos brinda también un uso del programa más detallado como pandeo lateral, limitaciones de desviación, ajustes, desplazamientos, rotaciones, coeficientes de fijeza y rigidez rotacional. Como para estructuras metálicas que sería el detalle de las uniones soldadas y atornilladas, tipos de nodos, estructuras tipo genérico, corbata, columna, viga, entre otros. Facilitando el uso del programa sin la necesidad de profundizar tanto en la línea estructural.

III. METODOLOGÍA

Formulación del problema

Problema general

¿Es factible el programa estructural CYPECAD en comparación de ETABS en el cálculo de diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019?

Problemas específicos

¿Qué normativas están implementadas en el software CYPECAD para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima - 2019?

¿Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de análisis estático de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019?

¿Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de análisis dinámico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019?

JUSTIFICACIÓN

Justificación científica

En nuestro país son pocas las personas especialistas en el lado estructural la cual tienen manejo completo de los programas usados para el cálculo de las estructuras, esto exige a que los ingenieros civiles se preparen para la demanda de trabajo en la actualidad, debido a que se necesita trabajadores cuyas habilidades disminuyan el tiempo de producción en la ejecución de proyectos y conlleven a la disminución de costos en su elaboración. Por lo que es indispensable llevar cursos para tener conocimiento de estos programas que nos ayudan al diseño y análisis estructural. Una de los programas vendría a ser ETABS cuya aplicación en el ámbito laboral es muy usada debida facilidad de acceso de sus herramientas que facilitan el diseño estructural. Pero, por otro lado, se encuentra la empresa CYPECAD de origen español, la cual cuenta con programas de análisis estructural cuyo manejo no necesita un ser especialista en estructuras, si no que cuentas con los criterios básicos para el pre dimensionamiento y uso de datos. Este programa es muy fácil de usar, permite la importación de planos de AutoCAD y REVIT la cual nos disminuye el diseño de la estructura, nos permite modular de forma específica cada

estructura tridimensional, no da las memorias de cálculo y especificaciones técnicas hasta el mismo presupuesto de la estructura, sin dejar de lado la seguridad del programa. Por lo que justifica el diseño a través de este programa para ser comparado con uno del software más usado en el ámbito ingenieril.

HIPÓTESIS

Hipótesis general:

El software CYPECAD es más factible que el software ETABS en el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA – 2019.

Hipótesis específica:

El software CYPECAD cumple con las normativas que se dan para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima - 2019.

Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de análisis estático de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019.

Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de análisis dinámico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un diseño sísmico con el software CYPECAD y ETABS de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA – 2019.

Objetivo Específico:

Aplicar las normas técnicas peruanas implementadas en el software CYPECAD para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima – 2019.

Utilizar el software CYPECAD y ETABS para realizar el diseño de análisis estático para una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA – 2019.

Utilizar el software CYPECAD y ETABS para realizar el diseño de análisis dinámico para una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA – 2019.

Método

Tipo de investigación

Para este trabajo de investigación, el estudio que se está llevando a cabo es cuantitativo, ya que analizaremos el funcionamiento de los programas CYPECAD y ETABS a través de un diseño sísmico por la cual se hará comparativas en base a los análisis de cálculo de las estructuras y comparación de resultados. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) indica que:

Si se habla del enfoque cuantitativo, es un trabajo de investigación justificativo y secuencial. Ya que al culminar con una etapa precede a la siguiente sin eludir pasos para seguir con la investigación. El orden de este tipo es riguroso, debido a que podemos redefinir alguna fase. También se parte de un proyecto que va desarrollándose y, una vez delimitada, se origina preguntas de investigación para obtener hipótesis, determinar las variables y sacar nuestros propios objetivos; se procede a trazar un plan de diseño para poder probarlas y medir las variables en un contexto determinado. Por último, se analizan las mediciones de los resultados utilizando métodos estadísticos, y a su vez extraer una serie de conclusiones acompañadas de recomendaciones (p.37).

Infiriendo el contexto, se entiende que la presente investigación cuenta con los requisitos de una investigación cuantitativa por lo que se tiene variables cuya dependiente será estudiada y analizada para brindar una información detallada del uso y beneficios de los programas de diseño estructural.

Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental Con un alcance investigativo de carácter exploratorio, comparativo y explicativo. Cuando se habla de un diseño experimental, en lo general se refiere a realizar una acción de un objeto para luego observar las consecuencias y analizar los resultados. Este término es bastante común; para el nacimiento de un experimento se requiere la manipulación intencional mediante una acción para analizar sus posibles resultados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por la cual el diseño experimental tiene como requisito de manipular las variables independientes, el cual la variable

independiente se le considera como supuesta causa con relación a las variables, y la otra parte que es la condición de antecedente y efecto provocado por dicha causa, al cual se le denomina variable dependiente.

Variable y operacionalización

Variable independiente: Diseño Sísmico

Variable dependiente: Software CYPECAD y ETABS

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Def. Conceptual	Def. Operacional	Dimensiones	Indicadores
DISEÑO SISMICO	Históricamente, en Norteamérica el diseño sísmico ha hecho realce en el movimiento del terreno debido a que el componente horizontal de un terremoto excede en general la componente vertical y a que las estructuras son por lo general mucho más resistentes para la respuesta ante cargas verticales en comparación con las cargas horizontales (Nilson, p.648)	Esta variable será medida con 3 dimensiones: criterios para el diseño sísmico de estructuras de tierra, hormigón armado, metálicas y madera	NORMAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES EN EL PERÚ	Normas técnicas de estructuras de concreto armado
			DISEÑO DE ANALISIS ESTATICO	Normas técnicas de estructuras de acero
				Normas técnicas de cargas
			DISEÑO DE ANALISIS DINAMICO	Factores de coeficiente de basal
				Factor de amplificación y reducción sísmica
				Fuerza cortante
				Espectro de respuesta
				Distorsiones máximas
				Restricciones de irregularidad

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
Variable	Def. Conceptual	Def. Operacional	Dimensiones	Indicadores
SOFTWARE CYPECAD y ETABS	<p>Es un software creado en España en la los años 80s por la empresa Cype Ingenieros S.A., para una mejor disponibilidad de realizar el el dimensionamiento y cálculo de las estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas. (Santos, p.7).</p>	<p>Esta variable será medida con 2 dimensiones: Uso del software CYPECAD y ETABS</p>	CYPECAD	Introducción de datos
			CYPECAD	Análisis estructural
			ETABS	Exportación de resultados
			ETABS	Introducción de datos
			ETABS	Análisis estructural
			ETABS	Exportación de resultados

Población y muestra

Población

El proyecto de investigación tiene una tipología cuasiexperimental, porque no se llega a realizar un muestreo ya que la población es igual a la muestra. Según Hernández, Fernández & Baptista (2014) describieron:

Los diseños cuasiexperimentales además manipulan deliberadamente, por lo menos, una variable independiente para mirar su impacto sobre una o más variables dependientes, únicamente que difieren de los experimentos “puros” en el nivel de estabilidad que logre tenerse sobre la equivalencia inicial de los equipos. En los diseños cuasiexperimentales, los sujetos no se asignan al azar a los equipos ni se emparejan, sino que éstos ya están conformados anteriormente del experimento (p. 151).

Por la que la población está conformada por la misma muestra de selección la cual es un edificio de 5 niveles destinado para oficinas en el Distrito de Villa María del Triunfo.

Muestra

Según Behar (2008) nos indica que: “La muestra es esencialmente un subgrupo poblacional. Puede decirse que es un subconjunto de recursos que pertenecen a aquel grupo determinado en sus necesidades al que llamamos población” (p. 51). El autor nos indica que la muestra es el subconjunto de la población a tomar, esta tendrá que recopilar información para la obtención de resultados.

La muestra del presente proyecto de investigación es no probabilística – convencional o accidental y por la cual se considerará un edificio de 5 niveles destinado para oficinas en el Distrito de Villa María del Triunfo.

Técnicas de recolección de información

Tabla 4. Cuadro de recolección de información

Tipo de Documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras claves	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Libros	Análisis sísmico de estructuras	21	Estructuras de concreto armado, metálicas y cimentación	Textos que se refieren al diseño de estructuras metálicas, hormigón armado y cimentaciones	Textos que no se refieran al tema o sean textos de antigüedad mayor a 10 años.
Tesis	Programa CYPECAD Programa ETABS	10	Diseño estructural con CYPECAD y ETABS	Textos que se dirijan al uso de los programas y su comparativos no menor a 5 años	Textos que no tienen que ver con el diseño estructural con los programas
Artículos Científicos	Manual CYPECAD Manual ETABS	7	Uso del Software CYPECAD Uso del Software ETABS	Textos referidos al uso detallado del Software CYPECAD y ETABS sobre sus herramientas de cálculo	Textos que no se refieran al diseño de los objetivos.

Para la recolección de datos se llevó a cabo la búsqueda de libros, tesis y artículos científicos cuya información sean necesarias para el proyecto de investigación, tomando en cuenta el grado científico del contenido.

Instrumento de recolección de datos

Por otro lado, como instrumento se realizará una ficha de cálculo para la comparación de resultados de los programas a utilizarse en el diseño sísmico, como también se usarán los equipos necesarios para obtener los datos que ayudarán en el diseño, como el estudio de suelos, entre otros.

Validez y confiabilidad

Cuando la validez de ese proyecto se optó por la información de expertos, ingenieros especializados en el rubro u otros investigadores. Según Hernández (2014): “La validez hace referencia al nivel en que una herramienta mide realmente la variable que pretende medir. Asimismo, hay autores que comentan que la validez de profesionales es el nivel en que un instrumento mide la variable de interés” (p.200).

La confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes” (Hernández, 2014). Para el grado de confiabilidad se usará una ficha técnica peruana usada en programas para validar la seguridad de los resultados.

Método de análisis de datos

Para el proyecto de investigación se usará el método estadístico descriptivo, debido a que se usará unos cuadros de cálculo para el resumen de los resultados, que ayudarán a la comparación entre programas, vinculadas a gráficos y tablas, y ver la similitud entre éstos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Aspectos Éticos

Para la autenticidad del proyecto de investigación, los investigadores se responsabilizan sobre la confiabilidad de los datos que se obtengan de los trabajos a realizar.

Por consiguiente, esta investigación pretende dar conocimiento acerca de la factibilidad de los softwares para el diseño estructural, la cual ayuda a facilitar el trabajo de un ingeniero. Por lo que guarda relación con (Jurado, 2016) y (Román, 2016) el cual hacen una comparativa de softwares de diseño estructural, en la cual ambos realizan un diseño estructural con el CYPECAD y lo comparan con otro programa, tanto ETABS como SAP2000, para ver la validez de sus resultados. Tanto de un sistema de concreto armado como la aplicación de la norma ecuatoriana en el programa.

Otro de los trabajos por el investigador Saavedra, (2017) utiliza el programa CYPECAD para la gestión de proyectos en edificaciones; el cual, mediante cuadros estadísticos, hace una comparación de diseño del SAP2000 y CYPECAD. Opto por un estudio cuantitativo y realizo tablas comparativas de tiempo de diseño tanto en la introducción de datos y diseño estructural, memorias de cálculo, elaboración de planos estructurales. En esta investigación se optará por una comparativa de resultados y calidad en los análisis estructurales entre el ETABS y CYPECAD, demostrando que tan versátiles y confiables son estos programas.

IV. RESULTADOS

Cálculo del espectro respuesta según E-030 – 2018

Se calcula el espectro a usar en el diseño sísmico, para ello utilizamos los factores ZUCS según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030. Para la categoría U se sabe que la estructura tendrá una utilidad de Oficinas por el cual se considera de categoría C, en base al estudio de suelo dados por la empresa JFA.SAC tenemos el valor de suelo S2 y consideraremos un sistema estructural de concreto armado tipo Dual.

Tabla 5. Clasificación de los factores Z, U, S y Sistema estructural.

Zona (z):	4
Categoría (u):	Edificaciones Comunes- C
Factor de suelo (s):	S2
Sistema Estructurales:	Concreto Armado De Muros Estructurales

Tabla 6. Valor de los factores según su clasificación según el RNE – E030 – 2018

Z	=	0.45
U	=	1.00
S	=	1.05
R0	=	6.00
R	=	6.00
TP	=	0.60
TL	=	2.00
la	=	1
lp	=	1

Para el análisis dinámico usaremos el análisis por espectro de respuesta el cual determina estadísticamente la respuesta probable de una estructura a la carga

sísmica. Este análisis de tipo lineal utiliza la respuesta de espectro registros de aceleraciones del suelo basados en la carga sísmica y las condiciones del lugar. Este tipo de método es demasiado eficiente y tiene en cuenta el comportamiento dinámico de la estructura, para ello se dará a conocer los datos del espectro a usar.

Tabla 7. Datos del Espectro en la dirección X

T	C	ZUCS/R	Sa*g
0,00	2,5	0,196875	1,93134375
0,02	2,5	0,196875	1,93134375
0,04	2,5	0,196875	1,93134375
0,06	2,5	0,196875	1,93134375
0,08	2,5	0,196875	1,93134375
0,1	2,5	0,196875	1,93134375
0,12	2,5	0,196875	1,93134375
0,14	2,5	0,196875	1,93134375
0,16	2,5	0,196875	1,93134375
0,18	2,5	0,196875	1,93134375
0,2	2,5	0,196875	1,93134375
0,25	2,5	0,196875	1,93134375
0,3	2,5	0,196875	1,93134375
0,35	2,5	0,196875	1,93134375
0,4	2,5	0,196875	1,93134375
0,45	2,5	0,196875	1,93134375
0,5	2,5	0,196875	1,93134375
0,55	2,5	0,196875	1,93134375
0,6	2,5	0,196875	1,93134375
0,65	2,307692308	0,181730769	1,782778846
0,7	2,142857143	0,16875	1,6554375
0,75	2	0,1575	1,545075
0,8	1,875	0,14765625	1,448507813
0,85	1,764705882	0,138970588	1,363301471
0,9	1,666666667	0,13125	1,2875625
0,95	1,578947368	0,124342105	1,219796053

1	1,5	0,118125	1,15880625
1,1	1,363636364	0,107386364	1,053460227
1,2	1,25	0,0984375	0,965671875
1,3	1,153846154	0,090865385	0,891389423
1,4	1,071428571	0,084375	0,82771875
1,5	1	0,07875	0,7725375
1,6	0,9375	0,073828125	0,724253906
1,7	0,882352941	0,069485294	0,681650735
1,8	0,833333333	0,065625	0,64378125
1,9	0,789473684	0,062171053	0,609898026
2	0,75	0,0590625	0,579403125
2,1	0,680272109	0,053571429	0,525535714
2,2	0,619834711	0,048811983	0,478845558
2,3	0,56710775	0,044659735	0,438112004
2,4	0,520833333	0,041015625	0,402363281
2,5	0,48	0,0378	0,370818
2,6	0,443786982	0,034948225	0,342842086
2,7	0,411522634	0,032407407	0,317916667
2,8	0,382653061	0,030133929	0,295613839
2,9	0,356718193	0,028091558	0,275578181
3	0,333333333	0,02625	0,2575125
4	0,1875	0,014765625	0,144850781
5	0,12	0,00945	0,0927045
6	0,083333333	0,0065625	0,064378125
7	0,06122449	0,004821429	0,047298214
8	0,046875	0,003691406	0,036212695
9	0,037037037	0,002916667	0,0286125
10	0,03	0,0023625	0,023176125

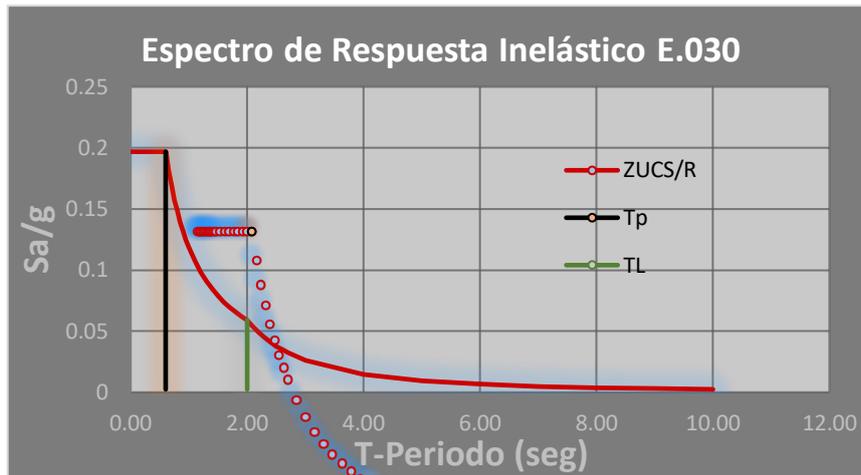


Figura 2. Espectro de pseudoaceleraciones en la dirección X

Tabla 8. Datos del Espectro en la dirección Y

T	C	ZUCS/R	Sa*g
0,00	1	0,07875	0,7725375
0,02	1,15	0,0905625	0,888418125
0,04	1,3	0,102375	1,00429875
0,06	1,45	0,1141875	1,120179375
0,08	1,6	0,126	1,23606
0,1	1,75	0,1378125	1,351940625
0,12	1,9	0,149625	1,46782125
0,14	2,05	0,1614375	1,583701875
0,16	2,2	0,17325	1,6995825
0,18	2,35	0,1850625	1,815463125
0,2	2,5	0,196875	1,93134375
0,25	2,5	0,196875	1,93134375
0,3	2,5	0,196875	1,93134375
0,35	2,5	0,196875	1,93134375
0,4	2,5	0,196875	1,93134375
0,45	2,5	0,196875	1,93134375
0,5	2,5	0,196875	1,93134375

0,55	2,5	0,196875	1,93134375
0,6	2,5	0,196875	1,93134375
0,65	2,307692308	0,181730769	1,782778846
0,7	2,142857143	0,16875	1,6554375
0,75	2	0,1575	1,545075
0,8	1,875	0,14765625	1,448507813
0,85	1,764705882	0,138970588	1,363301471
0,9	1,666666667	0,13125	1,2875625
0,95	1,578947368	0,124342105	1,219796053
1	1,5	0,118125	1,15880625
1,1	1,363636364	0,107386364	1,053460227
1,2	1,25	0,0984375	0,965671875
1,3	1,153846154	0,090865385	0,891389423
1,4	1,071428571	0,084375	0,82771875
1,5	1	0,07875	0,7725375
1,6	0,9375	0,073828125	0,724253906
1,7	0,882352941	0,069485294	0,681650735
1,8	0,833333333	0,065625	0,64378125
1,9	0,789473684	0,062171053	0,609898026
2	0,75	0,0590625	0,579403125
2,1	0,680272109	0,053571429	0,525535714
2,2	0,619834711	0,048811983	0,478845558
2,3	0,56710775	0,044659735	0,438112004
2,4	0,520833333	0,041015625	0,402363281
2,5	0,48	0,0378	0,370818
2,6	0,443786982	0,034948225	0,342842086
2,7	0,411522634	0,032407407	0,317916667
2,8	0,382653061	0,030133929	0,295613839
2,9	0,356718193	0,028091558	0,275578181
3	0,333333333	0,02625	0,2575125
4	0,1875	0,014765625	0,144850781
5	0,12	0,00945	0,0927045
6	0,083333333	0,0065625	0,064378125

7	0,06122449	0,004821429	0,047298214
8	0,046875	0,003691406	0,036212695
9	0,037037037	0,002916667	0,0286125
10	0,03	0,0023625	0,023176125

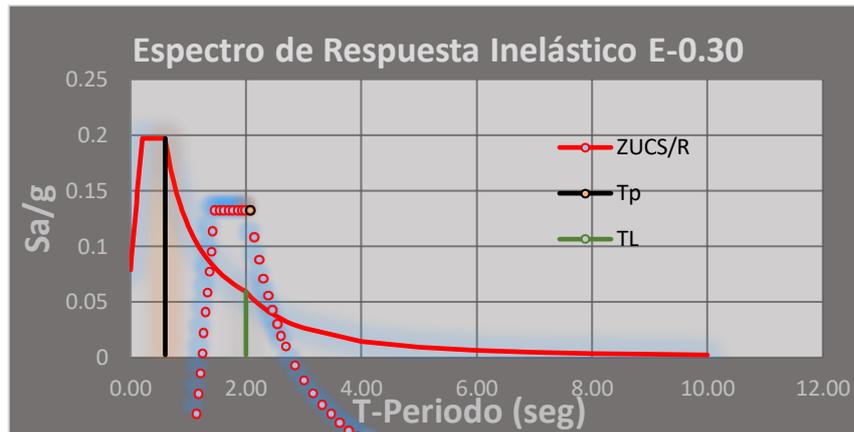


Figura 3. Espectro de pseudoaceleraciones en la dirección Y.

Predimensionamiento de elementos estructurales

Plano a diseñar:



Predimensión de la losa maciza:

Para predimensionar la losa se debe conocer la Luz máxima libre en metros y aplicar la fórmula según el RNE.

Losa maciza en dos direcciones	
Mayor luz (m)	Peralte
Entre 4 a 5.5 m	L/40
Entre 5.5 a 6.5 m	L/35
Entre 6.5 a 7.5 m	L/30

Figura 4. Fórmulas para el peralte de losas macizas según su luz.

En base al plano de arquitectura, se sabe que la Luz es de 6m por lo que se usará la fórmula L/35.

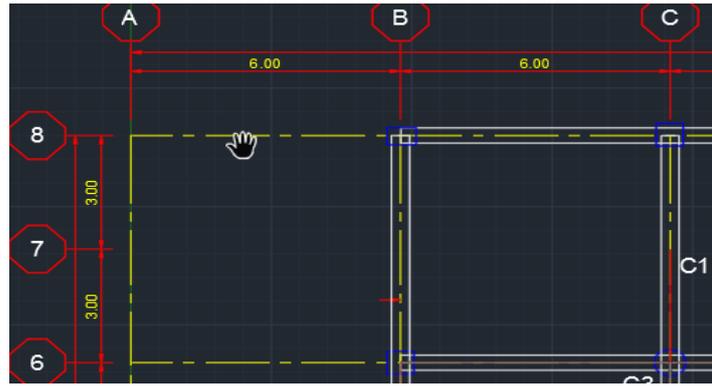


Figura 5. Separación de luz de las vigas en el plano.

$$\text{Espesor de losa} = L/35 = 0,17 \text{ m}$$

Predimensión de las vigas principales:

Figura 6. Fórmulas para el peralte de losas macizas según su luz.

Factores para pre dimensionamiento de vigas	
Ws/c	α
$S/C \leq 200 \text{ kg/m}^2$	12
$200 < S/C \leq 350 \text{ kg/m}^2$	11
$350 < S/C \leq 600 \text{ kg/m}^2$	10
$600 < S/C \leq 750 \text{ kg/m}^2$	9

Donde el valor de S/C esta dado en el RNE E-020 en base a su ocupación o uso.

Figura 7. Cargas repartidas en kPa (kgf/m²) según su uso.

Oficinas (*)	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Ya que la estructura está destinada para oficinas considerando las salas de archivos y computación se toma como **S/C = 250 kgf/m²**. Por lo tanto, el valor de

$$\alpha = 11$$

$$h = l_n/\alpha = 0.55$$

$$b = h/2 = 0.275 \geq 0,25$$

Por lo que se usará las dimensiones de las vigas principales:

$$b * h = 30.00$$

$$* \quad 0.60 \text{ m}^2$$

Predimensión de las vigas secundarias

$$h = l_n/\alpha = 0.55$$

$$b = h/2 = 0.275 \geq 0,25$$

Al igual que en el anterior se usará para las vigas secundarias:

$$b * h = 30.00$$

$$* \quad 0.60 \text{ m}^2$$

Predimensión de las columnas

Para diseñar las dimensiones de las columnas se utiliza la siguiente fórmula

$$A_{col} = \frac{\lambda P_G}{n F' c}$$

Donde:

A_{col} = Área de Columna

P_G = Carga por Gravedad

λ, n = Factores que dependen de la ubicación de la columna

Tabla 9. Factores de P y n según la ubicación de la columna y su tipo.

TIPO DE COLUMNA	UBICACIÓN	PESO "P"	
Tipo C1, (Para los Primeros Pisos)	Columna Interior	P =	1,10 * PG
	N < 3 Pisos	n =	0,3

Tipo C1, (Para los 4 ultimos pisos superiores)	Columna Interior	P =	1,10 * PG
		n =	0,25
Tipo C2 y C3	Columnas Extremas de Porticos Interiores	P =	1,25 * PG
		n =	0,25
Tipo C4	Columna de Esquina	P =	1,50 * PG
		n =	0,2

Para el cálculo de (P_G) Cargas de gravedad, se realizará el metrado para una columna central.

Metrado de peso tributario inicial (WD + WL)

Tabla 10. Pesos específicos de los materiales según el reglamento E-020.

(WD)	
Concreto armado	2,40 ton/m ³
Losa maciza	0,48 ton/m ²
Acabados	0,10 ton/m ²
Tabiquería	0,15 ton/m ²

Tabla 11. Pesos de la carga viva a utilizar – RNE E-020.

(WL)	
Utilidad	0,25 Ton/m ²
Azotea	0,13 Ton/m ²

Tabla 12. Cuadro de predimensionamiento inicial de columnas.

Predimensionamiento Inicial Columnas		
	b	h
Columna Centrada	0,40 m	0,40 m
Columna Lateral	0,35 m	0,35 m
Columna Esquinada	0,35 m	0,35 m

Tabla 13. Cuadro de predimensionamiento de vigas.

Predimensionamiento de Vigas		
	b	h
Viga Principal	0,30 m	0,60 m

Tabla 14. Metrado de cargas muertas para las Columnas Centrales C3.

METRADOS DE CARGAS MUERTAS (WD)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga	Carga	Peso
		Área	Longitud				
		b	h	L			
	(Und)	(m)	(m)	(m)	(Ton/m3)	(Ton/m2)	(Ton)
VP. en X	5	0,30	0,60	5,60	2,40		12,10
VP. en Y	5	0,30	0,60	5,60	2,40		12,10
Colum. (2° al últ. P.)	4	0,40	0,40	3,50	2,40		5,38
Colum. (1er Piso)	1	0,40	0,40	4,00	2,40		1,54
Losa Maciza	5	32,48				0,48	77,95
Acabados	5	35,84				0,10	17,92
Tabiquería	5	35,84				0,15	26,88
							153,86

Tabla 15. Metrado de cargas vivas para las Columnas Centrales C3.

METRADOS DE CARGA VIVA (WL)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga	Carga	Peso
		Área		Longitud			
		b	h	L			
	(Und)	(m)	(m)	(m)	(Ton/m3)	(Ton/m2)	(Ton)
Sobr. Típica	4	35,84				0,25	35,84
Sobr. Ult. Nivel	1	35,84				0,13	4,48
							40,32

Peso Tributario C3 (WD + WL)

194,18

Tabla 16. Metrado de cargas muertas para las Columnas Esquineras C1.

METRADOS DE CARGAS MUERTAS (WD)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga	Carga	Peso
		Área		Longitud			
		b	h	L			
	(Und)	(m)	(m)	(m)	(Ton/m3)	(Ton/m2)	(Ton)
VP. en X	5	0,30	0,60	2,83	2,40		6,10
VP. en Y	5	0,30	0,60	2,83	2,40		6,10
Colum. (2° al últ. P.)	4	0,35	0,35	3,50	2,40		4,12
Colum. (1er Piso)	1	0,35	0,35	4,00	2,40		1,18
Losa Maciza	5	8,12				0,48	19,49
Acabados	5	9,82				0,10	4,91
Tabiquería	5	9,82				0,15	7,36
							49,26

Tabla 17. Metrado de cargas vivas para las Columnas Esquineras C1.

METRADOS DE CARGA VIVA (WL)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga	Carga	Peso
		Área		Longitud			
		b	h	L			
		(Und)	(m)	(m)			
Sobr. Típica	4	9,82			0,25	9,82	
Sobr. Ult. Nivel	1	9,82			0,13	1,23	
						11,04	
Peso Tributario C1 (WD + WL)						60,30	

Tabla 18. Metrado de cargas muertas para las Columnas Perimetrales C2.

METRADOS DE CARGAS MUERTAS (WD)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga	Carga	Peso
		Área		Longitud			
		b	h	L			
		(Und)	(m)	(m)			
VP. en X	5	0,30	0,60	5,65	2,40	12,20	
VP. en Y	5	0,30	0,60	2,83	2,40	6,10	
Colum. (2° al últ. P.)	4	0,35	0,35	3,50	2,40	4,12	
Colum. (1er Piso)	1	0,35	0,35	4,00	2,40	1,18	
Losa Maciza	5	16,24			0,48	38,99	
Acabados	5	18,78			0,10	9,39	
Tabiquería	5	18,78			0,15	14,09	
						86,06	

Tabla 19. Metrado de cargas vivas para las Columnas Perimetrales C2.

METRADOS DE CARGA VIVA (WL)							
Descripción	#Pisos	Dimensiones			Carga (Ton/m3)	Carga (Ton/m2)	Peso (Ton)
		Área		Longitud			
		b	h	L			
		(Und)	(m)	(m)			
Sobr. Típica	4	18,78			0,25	18,78	
Sobr. Ult. Nivel	1	18,78			0,13	2,35	
						21,13	

Peso Tributario C1 (WD + WL)

107,19

Obteniendo los Pesos Tributarios por columnas se predimensiona las columnas con la fórmula:

Columna Central (C3):

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 F'c} \Rightarrow 2054,772487 \text{ cm}^2$$

C3	
b	h
25	82,191
30	68,492
35	58,708
40	51,369
45	45,662
50	41,095

Usar: **50,00**
x **45,00 cm2**

Columna Esquinera (C1):

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 F'c} \Rightarrow 820,464966 \text{ cm}^2$$

C1	
b	h
25	32,819
30	27,349
35	23,442
40	20,512

Usar: **40,00**
x **25,00 cm²**

Columna Perimetral (C2):

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 F'c} \Rightarrow 1458,314286 \text{ cm}^2$$

C2	
b	h
25	58,333
30	48,610
35	41,666
40	36,458
45	32,407
50	29,166

Usar: **45,00**
x **35,00 cm²**

Predimensionamiento del Muro estructural

Para el predimensionamiento de los muros estructurales, haremos el metrado de cargas de toda la estructura. Para ello usaremos los programas a comparar. Por ello asumimos las placas con un espesor de 40 cm.

Tabla 20. Cuadro de valores de la masa y el peso de la estructura.

N° Piso	Gravedad m/s ²	Masa (Ton.s ² /m)	Pi (Ton)
5	9,8067	45,63542	447,53
4	9,8067	49,38986	484,35
3	9,8067	49,38986	484,35
2	9,8067	49,38986	484,35
1	9,8067	49,90502	489,40
			2.389,99

Estimación del valor (T). Teniendo en cuenta que hn es la altura neta de la estructura y Ct es el valor dado por el RNE E.030 2018 que se encuentra en la imagen 54545.

$$C_t = 45 \quad (\text{opción a}) \quad T = h_n / C_t = 0,40 \text{ seg}$$

$$h_n = 18$$

$$TP = 0.60$$

$$TL = 2.00$$

Por lo tanto, $T < TP \rightarrow C = 2.5$

Aplicando la fórmula de basal:

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

$$V = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} * 2.389,99$$

$$V = 470,53 \text{ ton}$$

Para cumplir con el sistema estructural **Muros Estructurales** se tiene que las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Según el RNE E.030 se tiene que la fuerza de los muros estructurales debe por lo menos soportar el 70% del cortante de la base de la estructura.

Para el predimensionamiento del área de planta de los muros, las placas tomaran un valor de 60% de la cortante de basal, el cual está entre los valores del sistema **Muros Estructurales**. Por lo que el valor se la cortante será:

$$V = 60\% (470,53t) = 282.32$$

Por consiguiente, se aplicará la siguiente fórmula para el área de los muros:

$$A_c = \frac{V}{\phi 0.53 \sqrt{f'c}} \quad ; \quad \phi = 0.85$$

$$A_c = \frac{282.32}{0.85 * 0.53 \sqrt{210}}$$

$$A_c = 4.324 \text{ m}^2$$

Debido al plano de arquitectura, tenemos que en el eje X entran 2 placas de 6 metros y para el eje Y tenemos 6 placas, 2 placas de 6 metros y 4 placas de 3 metros. Por lo tanto, la repartición de áreas será del 33.33% para X y 66.67% para Y

$$A_c X = 0.71 \text{ m}^2$$

$$A_c Y = 1.43 \text{ m}^2$$

Considerando lo anterior dicho se tendrá las placas de 0.25 metros de espesor.

$$A_{placas} = 6(0.25 \times 6) = 9 \text{ m}^2$$

$$9 \text{ m}^2 \geq 4.324 \text{ m}^2$$

Tomando en cuenta la relación: $R\% = \text{Área de muros estructurales} / \text{Área de losa}$

$$R\% = \frac{4.324 \text{ m}^2}{1260 \text{ m}^2} * 100\% = 0.34 \%$$

Ahora se ingresará el área real de muro estructural que se aplicará

$$R\% = \frac{9 \text{ m}^2}{1260 \text{ m}^2} * 100\% = 0.71 \%$$

Predimensionamiento de la zapata

Predimensión de la zapata para la columna (C2).

Por el estudio de suelo se da que la capacidad portante es de $\sigma_n = 13.6 \text{ Tn/m}^2$. Por lo que se determina los lados L y S de la zapata.

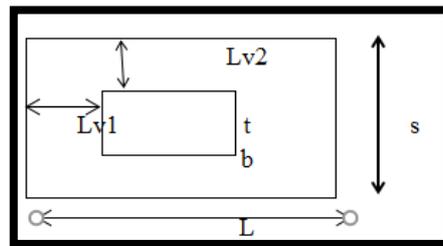


Figura 8. Dimensión de la zapata

Fuente: Propia

$$L = ((Az)^{1/2}) + ((t-b)/2) = 2,8071338 \approx 2,85 \text{ m}$$

$$S = ((Az)^{1/2}) + ((b-t)/2) = 2,8071338 \approx 2,85 \text{ m}$$

Donde el valor de $Az = P/\sigma_n = 7.88 \text{ m}^2$

t y b = dimensiones de la columna

P = 107.19 Tn

Se usará una zapata de 2.85 m x 2.85 m

Para el valor de Lv1 y Lv2 se resta el valor L o S con la dimensión de la columna.

$$Lv1 = 1,43 \text{ m}$$

$$Lv2 = 1,43 \text{ m}$$

Predimensión de la zapata para la columna (C3).

Por el estudio de suelo se da que la capacidad portante es de $\sigma_n = 13.6 \text{ Tn/m}^2$. Por lo que se determina los lados L y S de la zapata.

$$L = ((Az)^{1/2}) + ((t-b)/2) = 3,7788887 \approx 3,8 \text{ m}$$

$$S = ((Az)^{1/2}) + ((b-t)/2) = 3,7788887 \approx 3,8 \text{ m}$$

Donde el valor de $Az = P/\sigma_n = 14,28 \text{ m}^2$

$$P = 194.18 \text{ Tn}$$

Se usará una zapata de $3.8 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$

Para el valor de $Lv1$ y $Lv2$ se resta el valor L o S con la dimensión de la columna.

$$Lv1 = 1,7 \text{ m}$$

$$Lv2 = 1,7 \text{ m}$$

Modelamiento Estático y Dinámico con el programa ETABS

Introducción de dimensiones del proyecto al programa:

Una vez ejecutado el programa, pasaremos a modificar las unidades en el sistema internacional, daremos en la opción OK y se nos abrirá la ventana en donde se insertará las dimensiones que tendrá lugar el proyecto. Se insertará los Grid tanto en planta como elevación.



Figura 9. Programa ETABS, 2016.

Fuente: Propia

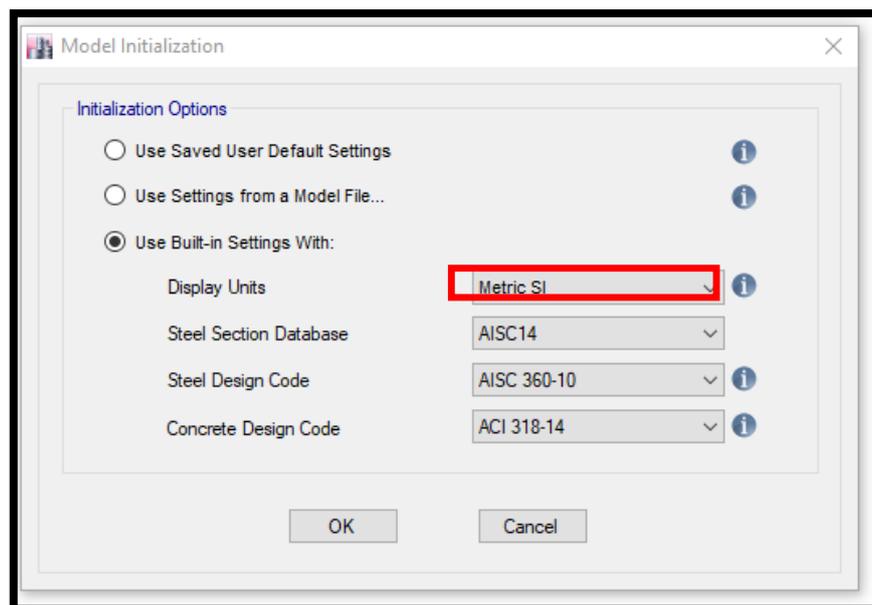


Figura 10. Ventana de inicio ETABS.

Fuente: Propia

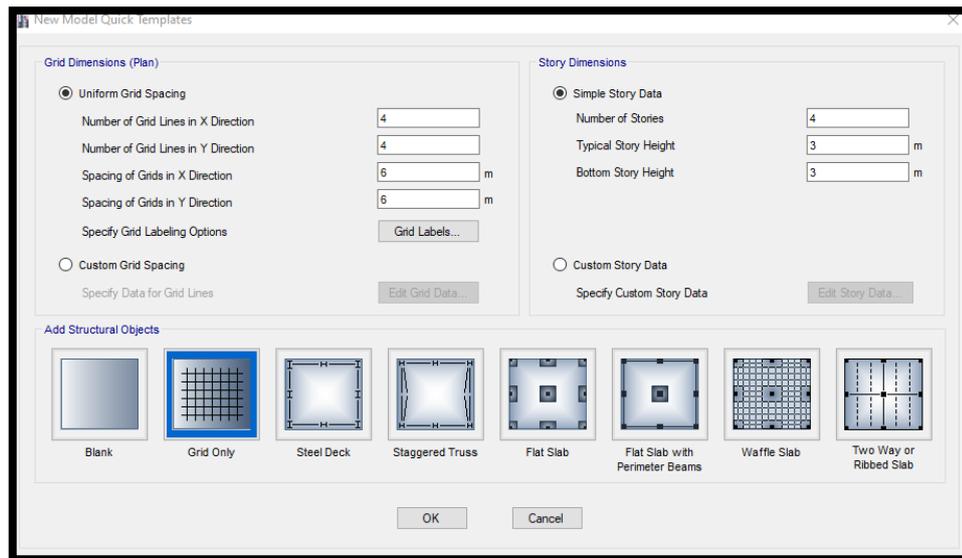


Figura 11. Ventana para crear el tipo de Grid en el programa.

Fuente: Propia

Según la geometría del proyecto tenemos que sus dimensiones son 42 m x 30 m y están repartidas cada 6 metros, por parte de sus elevaciones, el primer piso corresponde de 4 metros de altura, mientras que los otros 4 pisos son de 3.5 metros de altura.

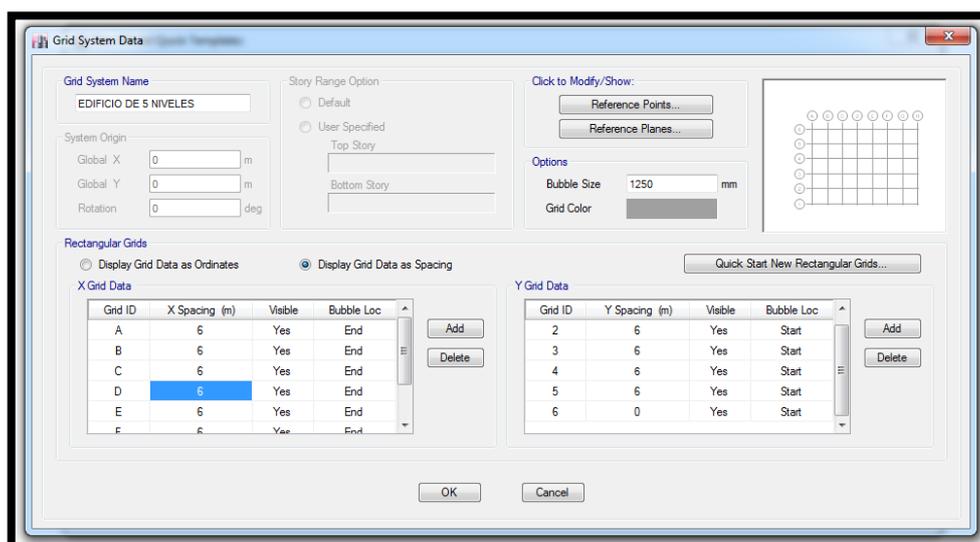


Figura 12. Ventana de introducción de datos en planta para los Grid.

Fuente: Propia

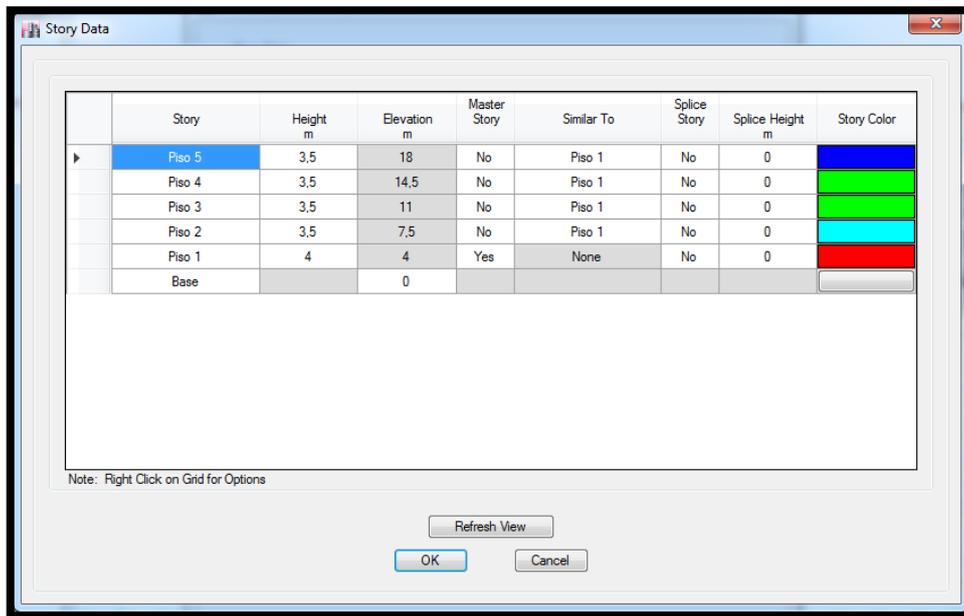


Figura 13. Ventana de introducción de datos de elevación por piso para los Grid.

Fuente: Propia

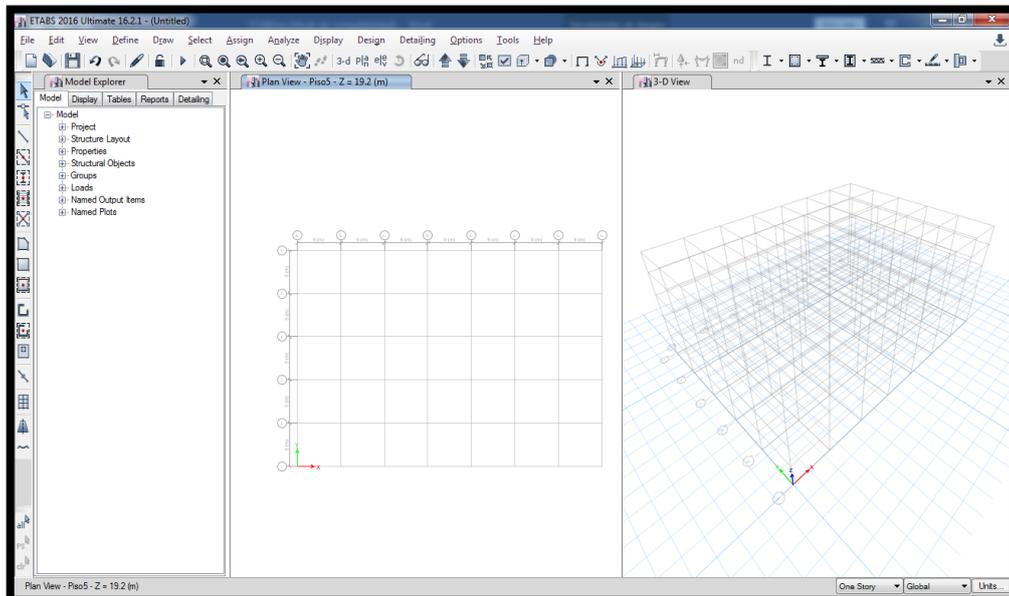


Figura 14. Área de trabajo, vista en planta y vista en 3D.

Fuente: Propia

Introducción de materiales:

Por defecto el programa designa materiales con un esfuerzo a la compresión de $f'c=4000\text{Psi}$ el cual son equivalentes a 280 kgf/cm^2 pero en este caso usaremos un concreto de valor $f'c = 210\text{ kgf/cm}^2$ y un módulo de elasticidad de $E_c= 15000 \sqrt{f'c}$. Y un acero de valor $F_y= 42000\text{ kgf/cm}^2$ y con un módulo de elasticidad $E_a= 2100000\text{ kgf/cm}^2$.

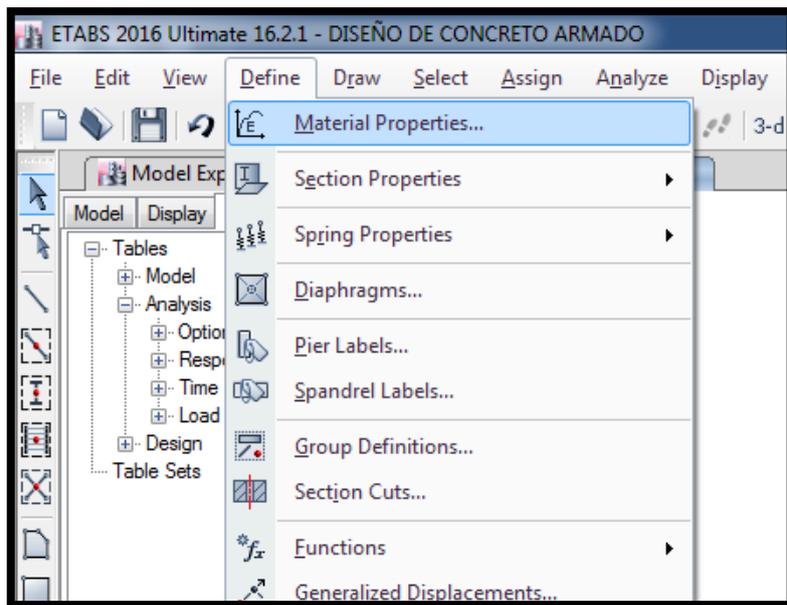


Figura 15. Opción de creación de materiales.

Fuente: Propia

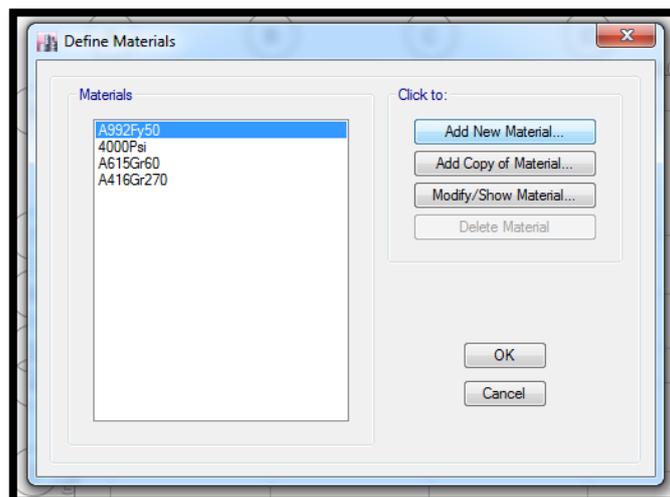


Figura 16. Ventana de materiales creados en el programa.

Fuente: Propia.

A continuación, se pasa a introducir el peso específico y el módulo de elasticidad del concreto, como también la propiedad del material.

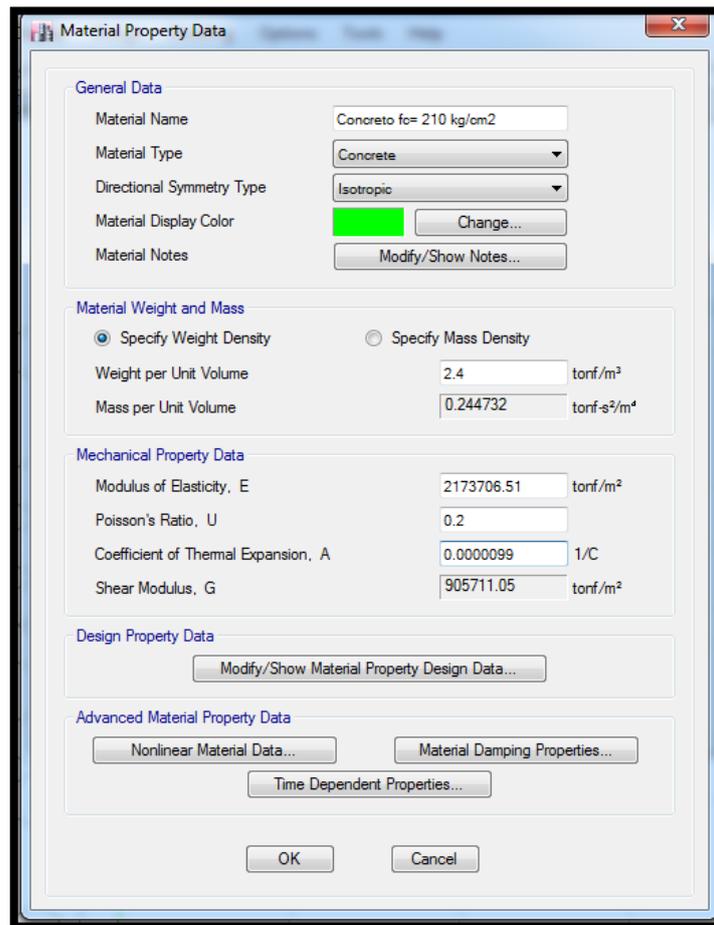


Figura 17. Ventana de datos sobre el peso específico y módulo de elasticidad del concreto.

Fuente: Propia.

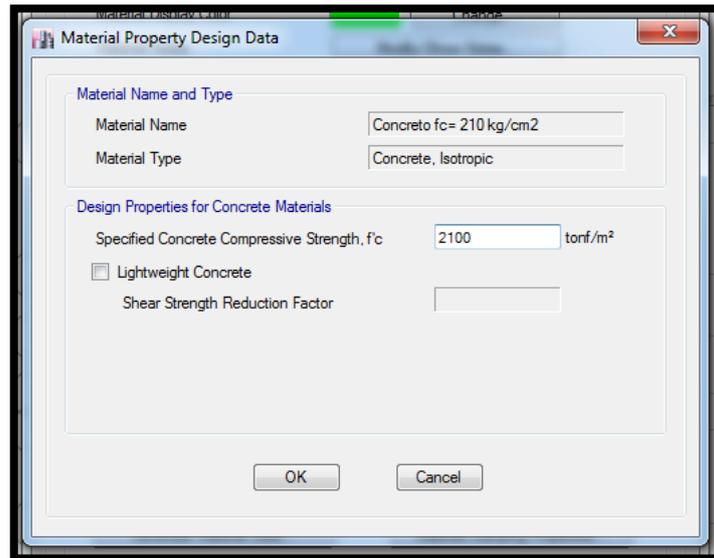


Figura 18. Propiedad del material creado – datos de diseño.

Fuente: Propia.

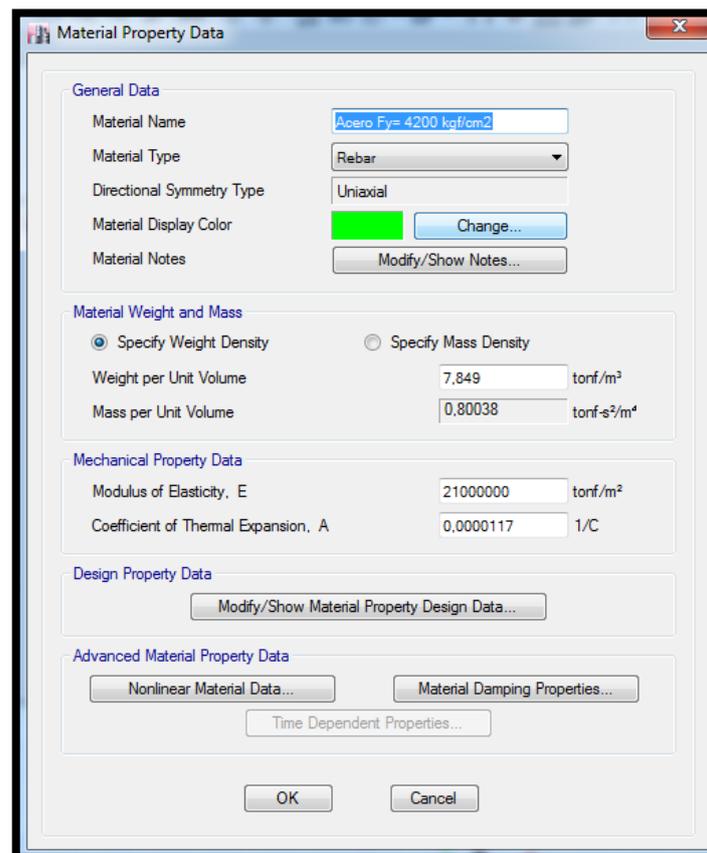


Figura 19. Ventana de datos sobre el peso específico y módulo de elasticidad del acero.

Fuente: Propia.

Material Name and Type	
Material Name	Acero Fy= 4200 kgf/cm2
Material Type	Rebar, Uniaxial

Design Properties for Rebar Materials	
Minimum Yield Strength, Fy	42000 tonf/m ²
Minimum Tensile Strength, Fu	63000 tonf/m ²
Expected Yield Strength, Fye	46200 tonf/m ²
Expected Tensile Strength, Fue	69300 tonf/m ²

Figura 20. Propiedades del material de acero.

Fuente: Propia.

Ingreso de datos del Pre Diseño:

A continuación, se pasará al menú Define – Section Properties – Frame Section y seleccionaremos las secciones de las vigas y columnas a crear en el programa. Para cada parte de la estructura se modificará el tipo de material que ingresa el programa por defecto al material creado tanto en concreto armado como en acero de refuerzo. Se ingresará las dimensiones de las columnas, vigas, losas y muro estructural que se calculó anteriormente. Si vemos en la ventana de concreto, se observa que hay una gran variedad de formas, tanto tipo circular, rectangular, forma de T, entre otros. Como también formas para las estructuras metálicas.

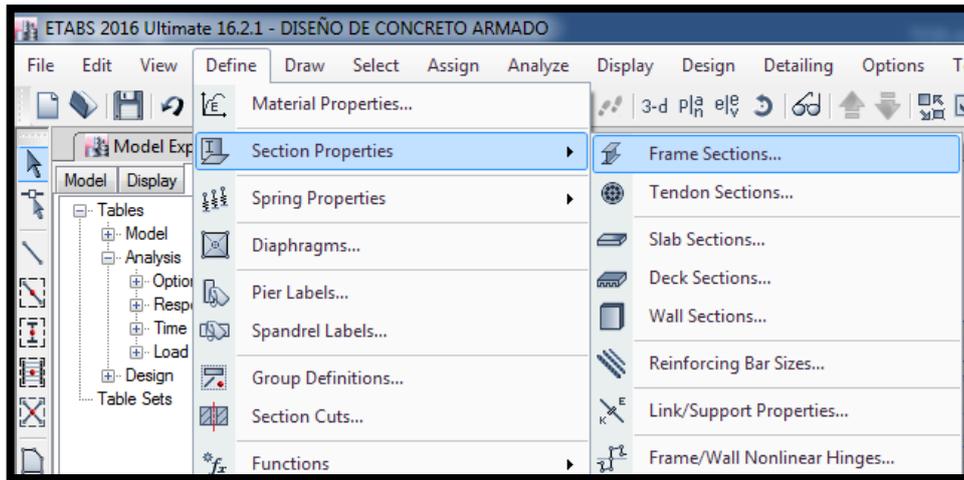


Figura 21. Menú de herramienta para la creación de estructuras.

Fuente: Propia.

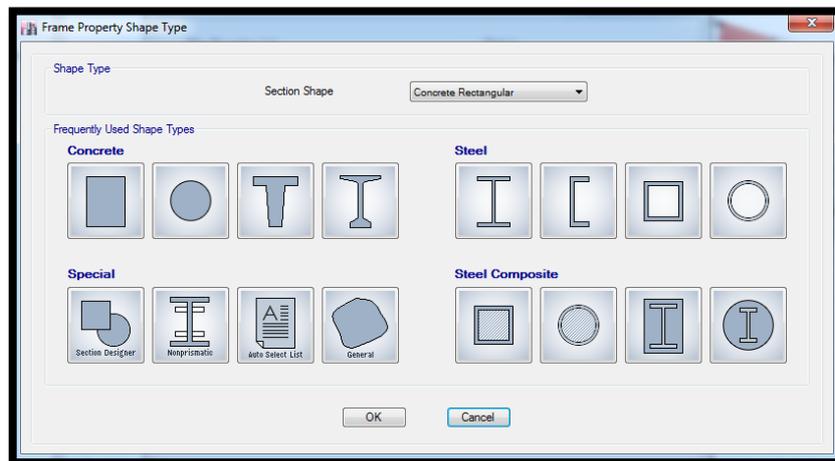


Figura 22. Ventana de formas estructurales.

Fuente: Propia.

Para las columnas, el ingreso de datos es manual, se hace el cambio de material a concreto $f_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ debido a que el programa designa un material por defecto. Se designa las dimensiones tanto de la base como la altura en planta, como columna C1 tenemos $40 \times 25 \text{ cm}^2$, como columna C2 tenemos $45 \times 35 \text{ cm}^2$ y como columna C3 $50 \times 45 \text{ cm}^2$. Posteriormente se asigna el acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ marcando como opción en el Check/Design – Reinforcement to be Designed para que el programa calcule la cuantía de acero requerida para la sección de la columna ingresada al programa.

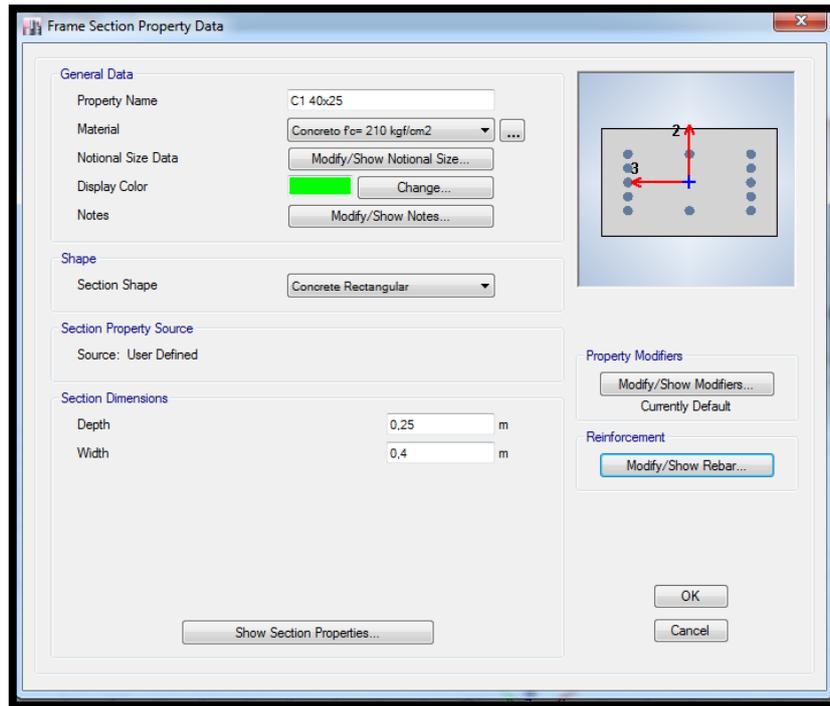


Figura 23. Ventana de creación de elementos estructurales con sus respectivas dimensiones.

Fuente: Propia.

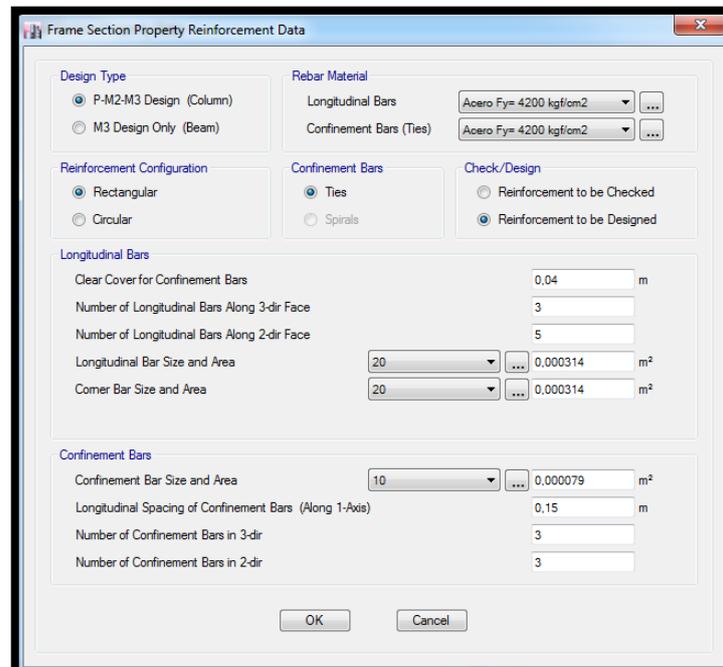


Figura 24. Ventana de selección de acero de refuerzo para columnas.

Fuente: Propia.

Para el caso de las vigas cuando se cambiará el acero de refuerzo, se tomará la opción en Design Type – M3 Design Only (Beam) para que tome el comportamiento de una viga estructural.

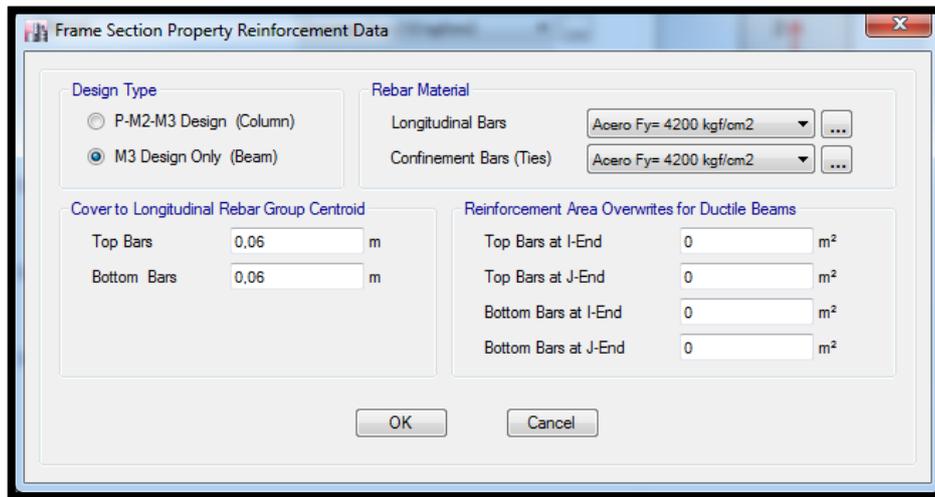


Figura 25. Ventana de selección de acero de refuerzo para vigas.

Fuente: Propia.

Para el caso de la losa maciza cuyo valor es de espesor = 17 cm se pasará al menú Define – Section Properties – Slab Sections, en el cual agregaremos una nueva propiedad la cual será la losa maciza con un concreto de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ e ingresaremos el dato de su espesor.

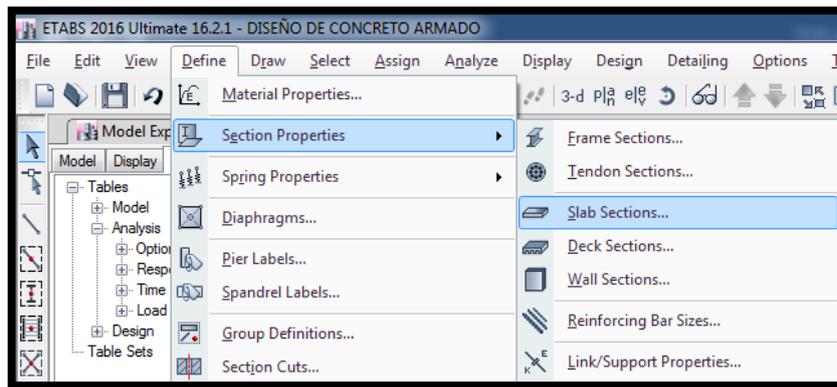


Figura 26. Menú de herramientas para la creación de losas.

Fuente: Propia.

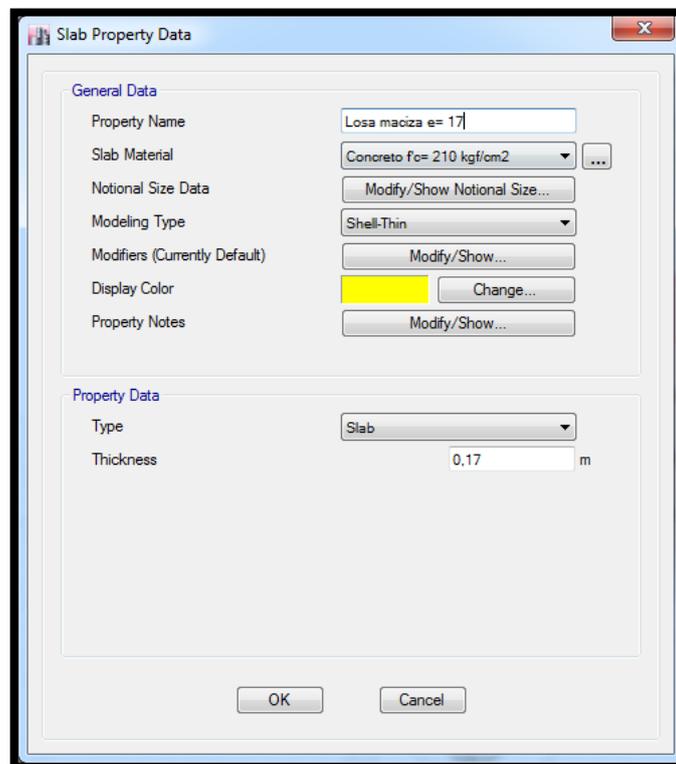


Figura 27. Ventana de las propiedades y espesor de la losa a crear en el programa.

Fuente: Propia.

Para el muro estructural se ingresará al menú Section Properties – Section Properties – Wall Sections, para este caso se introducirá

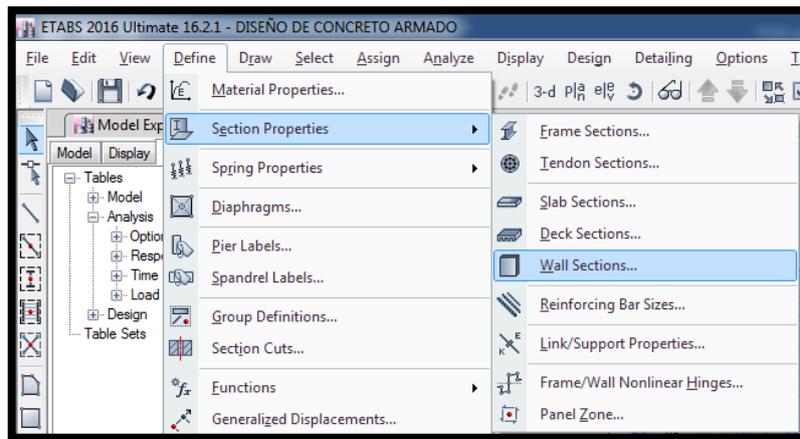


Figura 28. Ventana para la creación de muros tanto estructural como de albañilería.

Fuente: Propia.

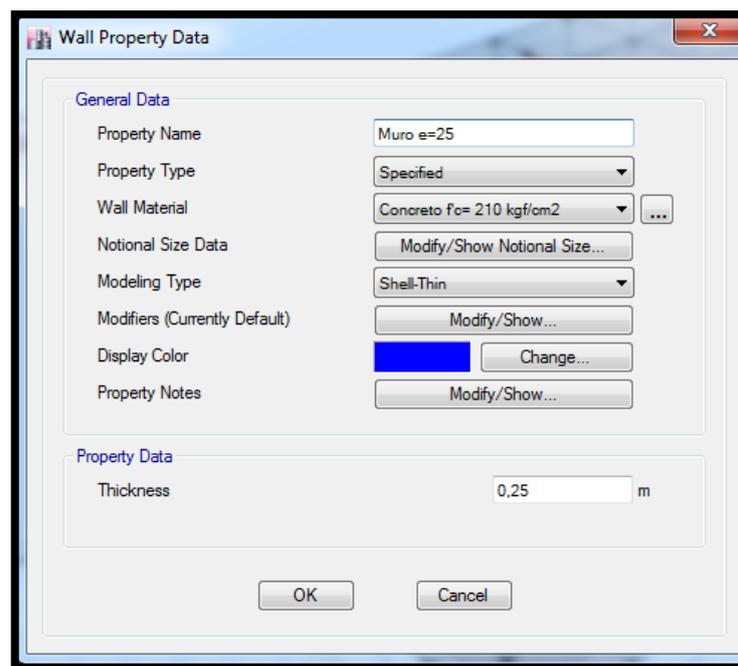


Figura 29. Ventana para la elección del material y espesor del muro.

Fuente: Propia.

Dibujo de las estructuras

El programa Etabs tiene las opciones **3-d p|^a e|^v** en la parte superior del menú de herramientas para cambiar el tipo de vista tanto en 3D, planta y elevación. Por otro lado, en la parte lateral izquierda también se tiene una serie de opciones para dibujar tanto las columnas, vigas, muros y losas. Por la que se pasará a dibujar pada sección del proyecto.

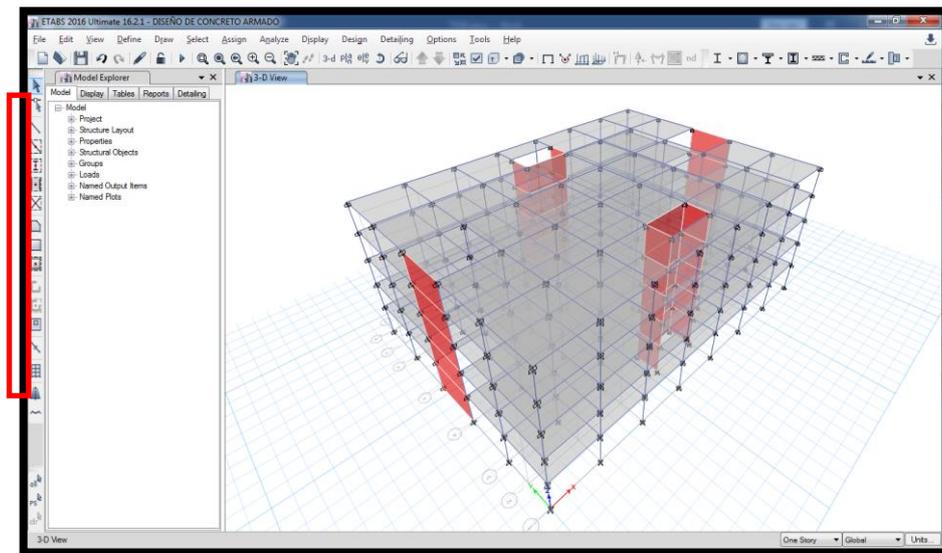


Figura 30. Área dibujada y sección de herramientas de dibujo.

Fuente: Propia.

Creación de elementos finitos (Mesh).

Para ingresar en esta opción se ingresará al menú Assign – Shell – Wall Auto Mesh Options, la creación de malla de elementos finitos sirve para discretizar la geometría del área de algunos elementos, en este caso el muro estructural, para ello depende del criterio del diseñador ingresar los valores de las áreas adecuadas para que el programa lo pueda interpretar para una mejor entrega de los resultados reales.

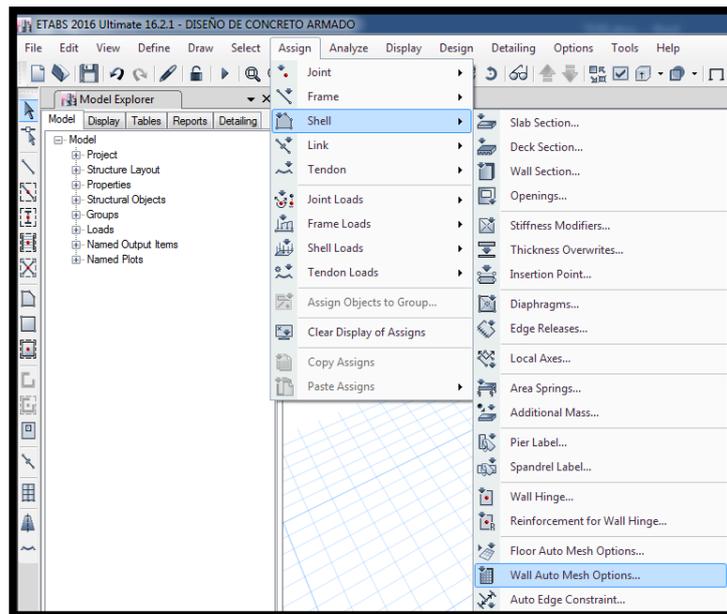


Figura 31. Menú de herramientas para la creación del Mesh.

Fuente: Propia.

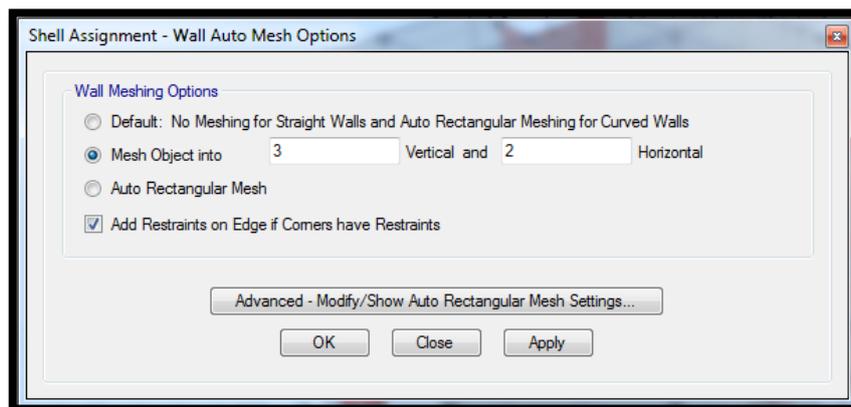


Figura 32. Ventana de las dimensiones a discretizar.

Fuente: Propia.

Asignación de brazos rígidos en la estructura.

Seleccionaremos en el menú Assign – Frame – End Length Offsets, por el cual pasaremos a introducir el valor de 0.75, esto se debe a que el grado de rigidez nunca trabaja al 100%, en otros casos se puede tomar como dato 0.50 que vendría

a ser criterio del diseñador. Siguiendo con la introducción de datos, en la opción Rigid-zone factor se colocará el valor dado para este diseño.

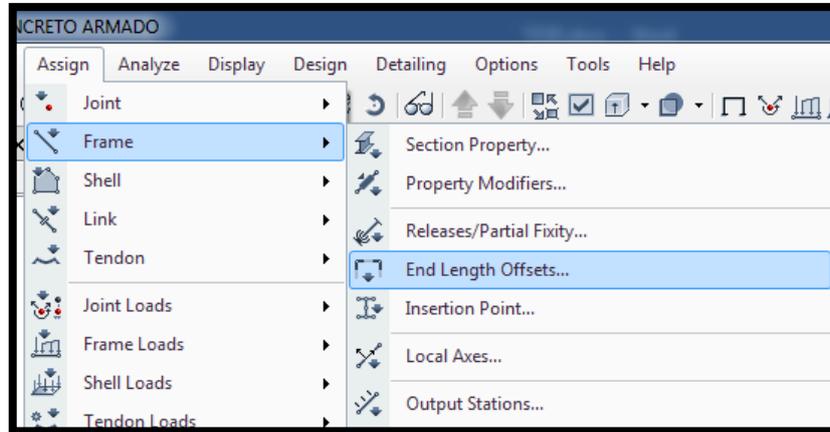


Figura 33. Menú de herramientas para la asignación de brazos rígidos.

Fuente: Propia.

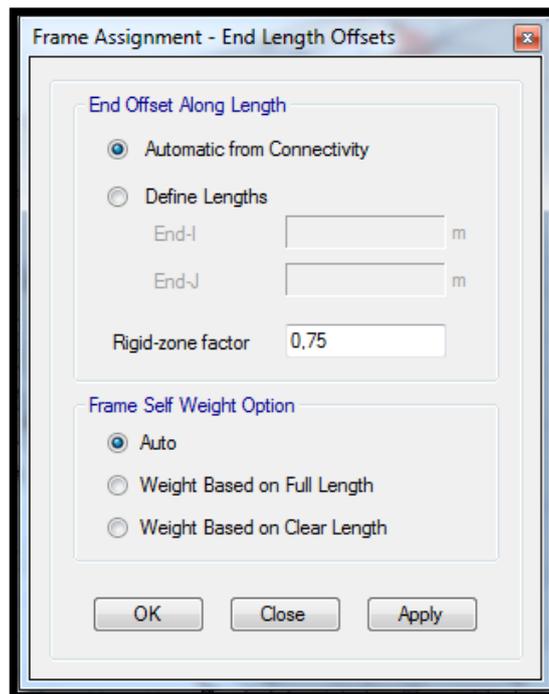


Figura 34. Ventana donde se aplica el factor de brazo rígido para la estructura.

Fuente: Propia.

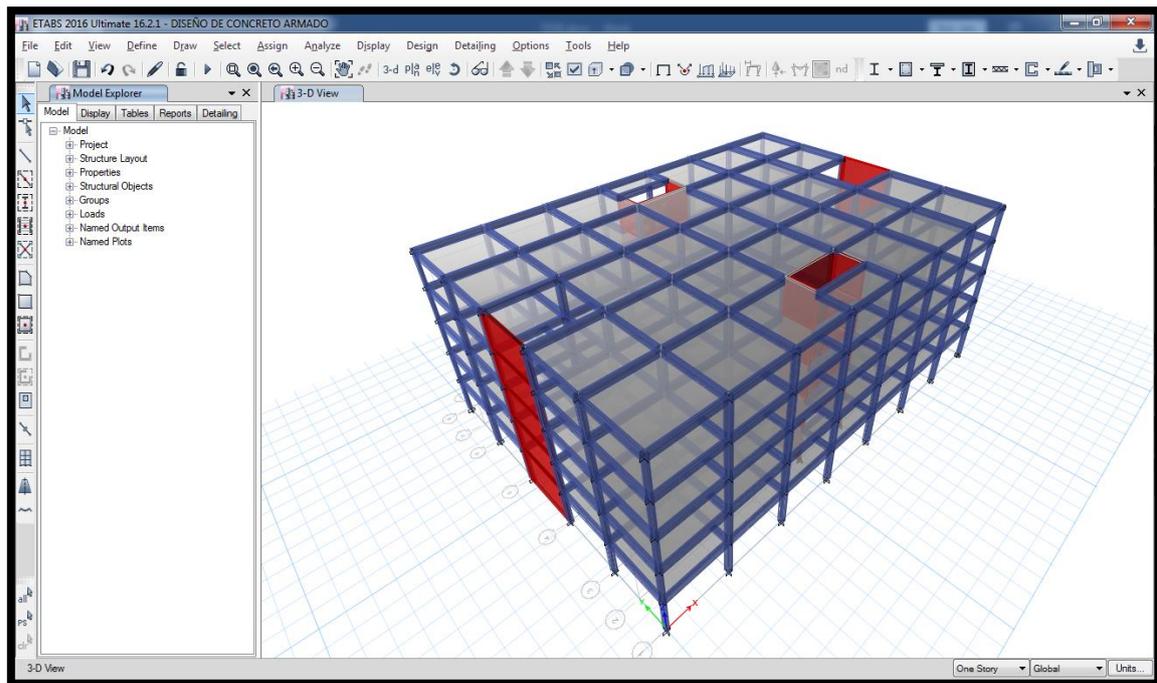


Figura 35. Vista del modelo con la asignación de brazos rígidos.

Fuente: Propia.

Asignación de diafragmas

Una de las condiciones de los diafragmas rígidos es garantizar la transferencia de las cargas desde el diafragma a todos los elementos portantes. Esto se da para el caso de las losas. Para ello nos dirigiremos al menú de herramientas Assign – Joint – Diaphragms, iremos a la vista en planta y seleccionaremos todos los puntos del dibujo y aplicamos el diafragma a cada piso.

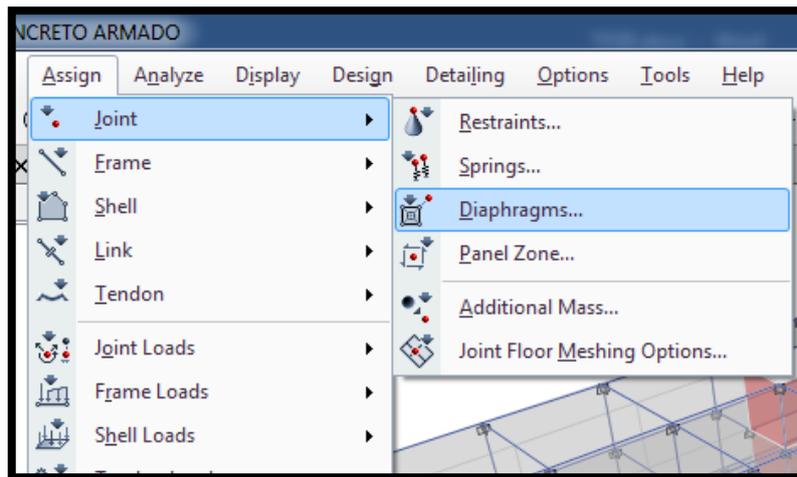


Figura 36. Menú de herramientas para la asignación de diafragmas.

Fuente: Propia.

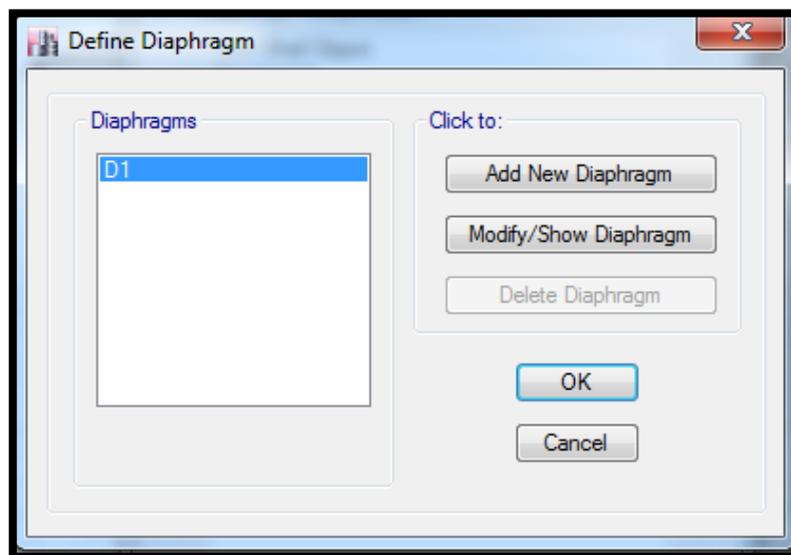


Figura 37. Creación del diafragma a definir para cada piso.

Fuente: Propia.

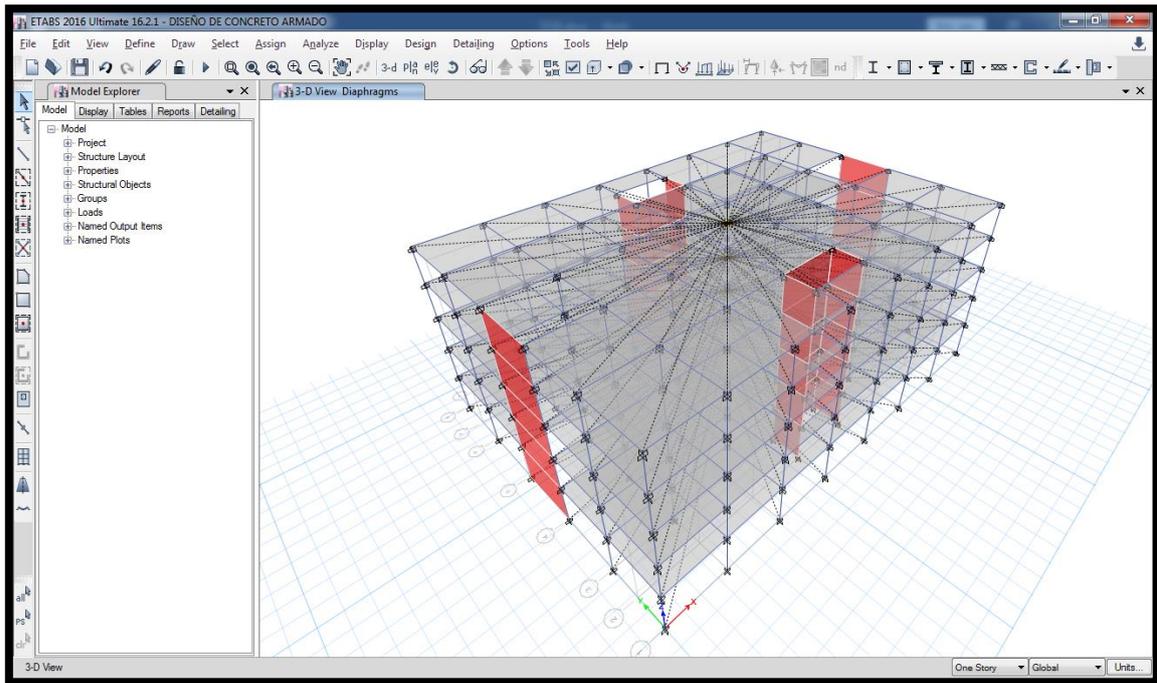


Figura 38. Vista de la losa una vez asignado el diafragma.

Fuente: Propia.

Asignación de condiciones de apoyo en la estructura

Entramos al menú Assign – Joint – Restraints, seleccionamos todos los nudos de la base y aplicaremos la restricción de todos los ejes como empotramiento.

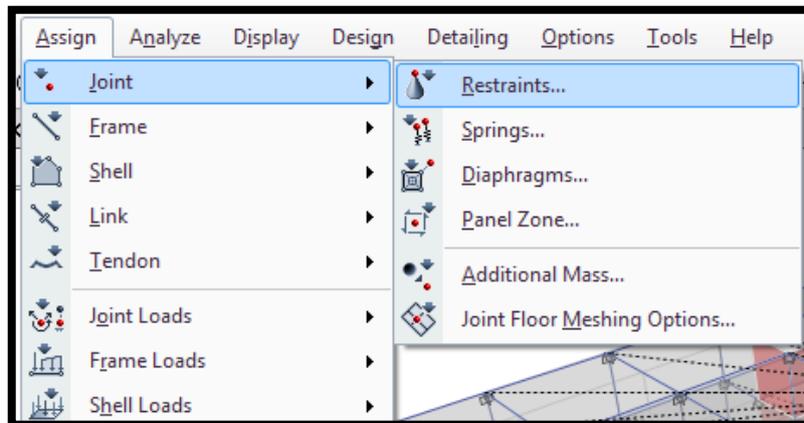


Figura 39. Menú de herramientas para la asignación de las restricciones de apoyo.

Fuente: Propia.

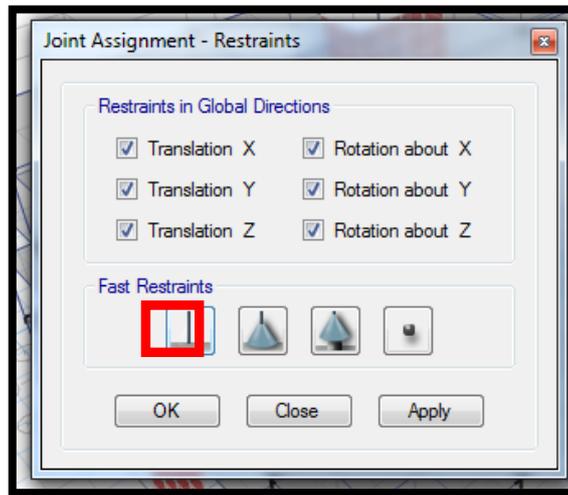


Figura 40. Ventana para la selección de restricción de apoyo.

Fuente: Propia.

Asignación del sistema de cargas estáticas en el proyecto

Menú Define – Load Patterns, al igual que en ciertos casos el programa tiene por defecto las cargas vivas y muertas por lo que se definirá a las cargas estaticas tanto en X como en Y.

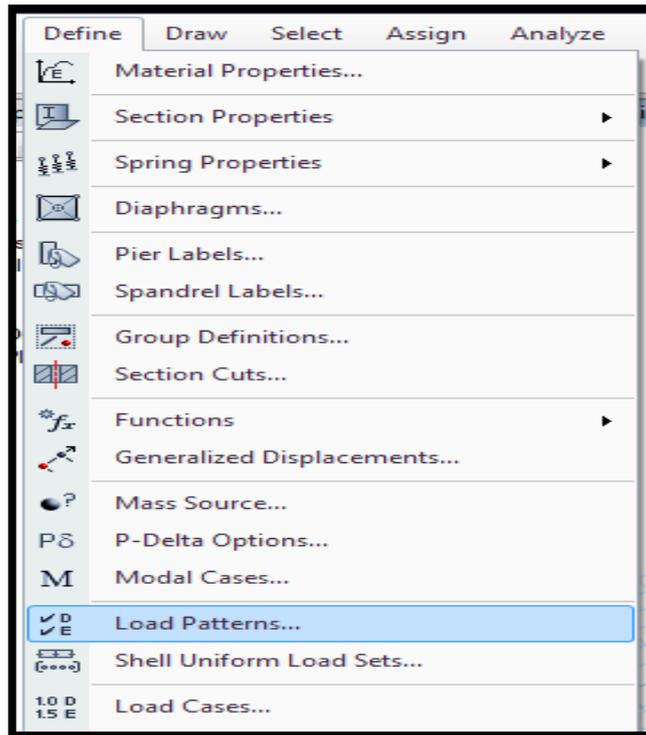


Figura 41. Menú para la definición de patrones de carga.

Fuente: Propia.

Se asignará en tipo de carga, el valor de sismo (Seismic) y en la opción Auto Lateral Load asignaremos la opción User Coefficient el cual se le aplicará más adelante al obtener los periodos de la estructura.

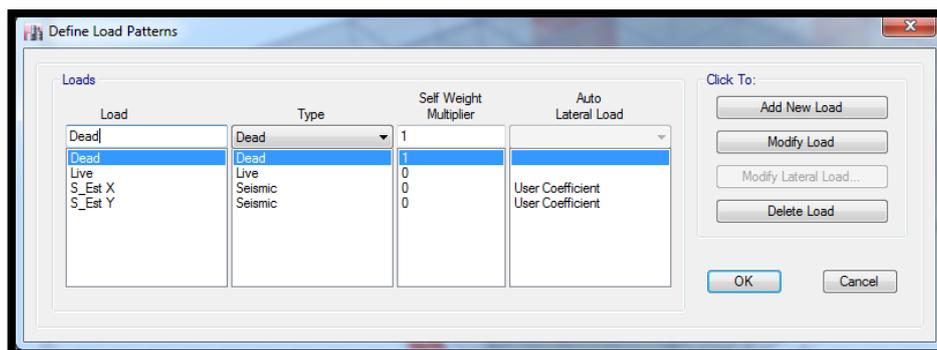


Figura 42. Ventana para definir las cargas estáticas.

Fuente: Propia.

Asignación de los Piers para los muros estructurales.

Los piers nos ayudan para tener los esfuerzos por cada muro estructural en el programa, para ello vamos al menú Define – Pier Labels, para este caso se creará 8 Piers Label para cada placa del eje X e Y. Después se seleccionará cada muro estructural y se les asignará el Pier correspondiente por eje.

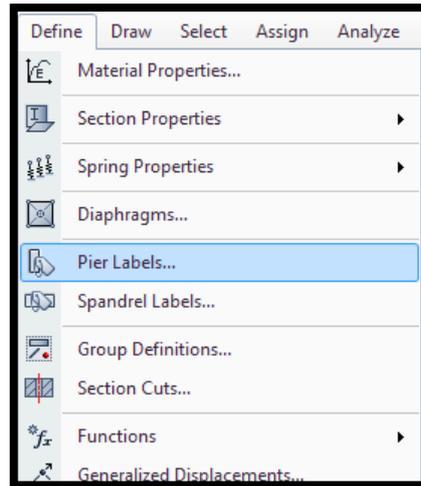


Figura 43. Menú Define en el cual se asignan los Piers para las placas.

Fuente: Propia.

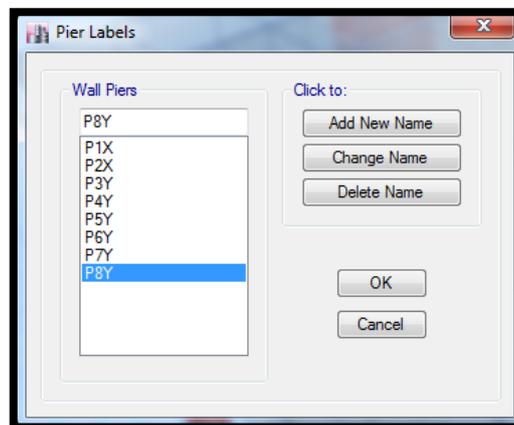


Figura 44. Ventana en el cual se crean los Piers.

Fuente: Propia.

Definición de las cargas dinámicas.

Se ingresará para este caso el espectro de respuesta del eje X e Y, por lo que iremos a la opción Define – Functions – Response Spectrum. Una vez abierto la ventana, ingresaremos los datos de las aceleraciones en formato (*.txt) el cual el programa usará para el análisis dinámico.

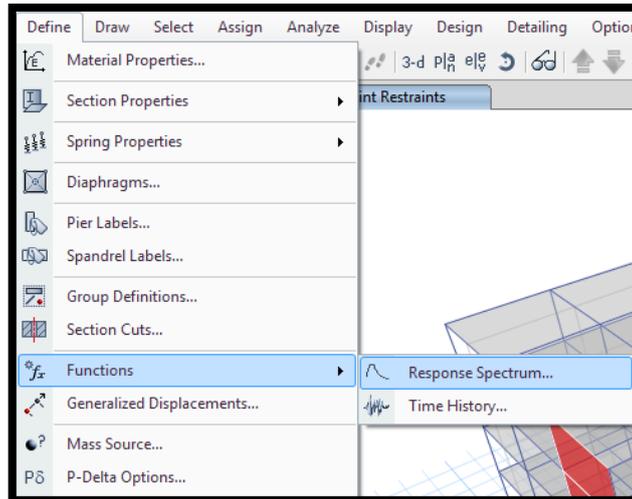


Figura 45. Menú de herramientas para la introducción del espectro respuesta.

Fuente: Propia.

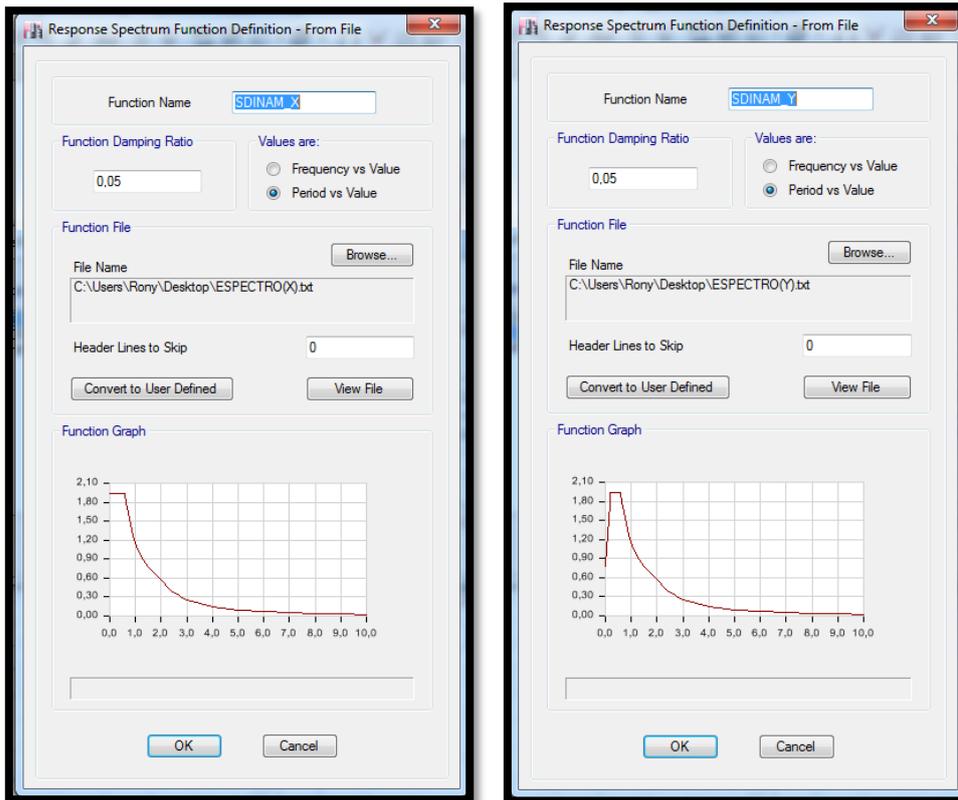


Figura 46. Ventana en el cual se introduce y visualiza la función del espectro respuesta.

Fuente: Propia.

Ahora definiremos los casos dinámicos que se analizarán. Iremos al menú Define – Load Case.

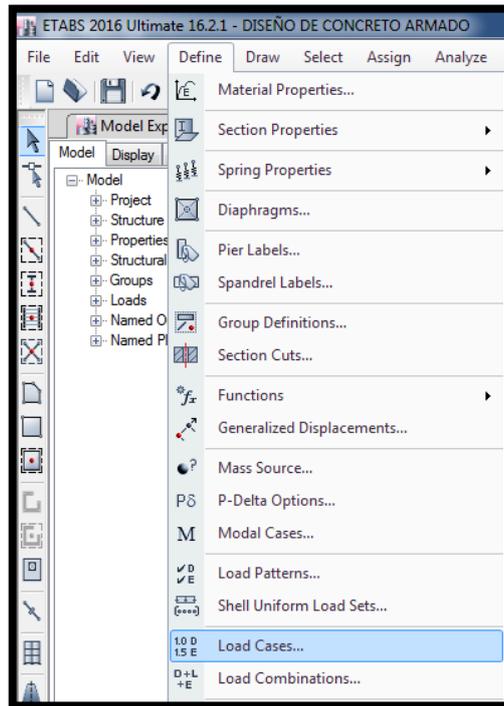


Figura 47. Menú de herramientas para la definición de casos dinámicos.

Fuente: Propia.

En esta ventana se agregará los nuevos casos dinámicos y los demás datos tales como las aceleraciones y el tipo de caso. También se le ingresará una excentricidad del 5% en la opción Diaphragm Eccentricity – Modify/Show.

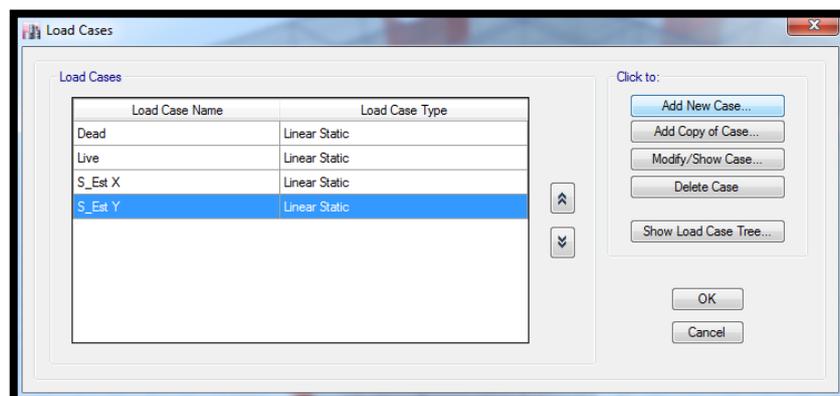


Figura 48. Ventana en el cual se crean los casos de carga.

Fuente: Propia.

Load Case Data

General

Load Case Name: S_Dirnm X [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SDINAM_X	1
Acceleration	U3	SDINAM_X	0,6667

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0,05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

OK Cancel

Figura 49. Ventana en el que se ingresan los datos de los casos de carga tanto en X como en Y.

Fuente: Propia.

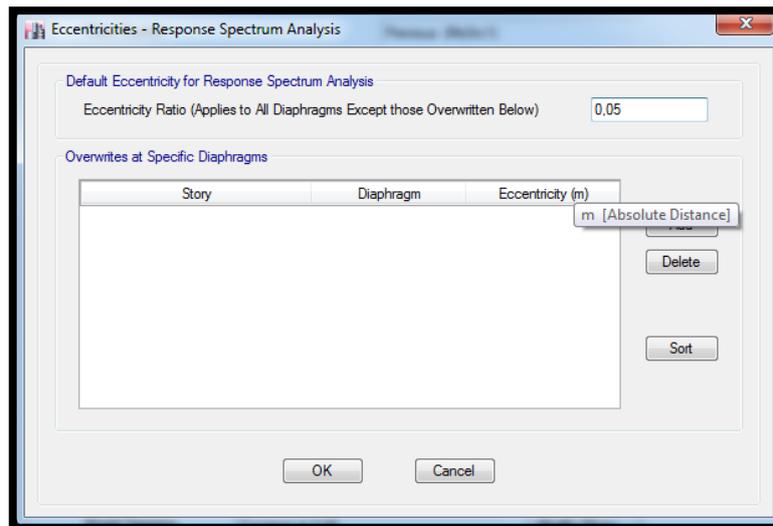


Figura 50. Ventana para la introducción de la excentricidad.

Fuente: Propia.

Asignación de Cargas Vivas y Cargas Muertas en la losa

Para saber el valor diferencial de la carga muerta pasaremos a tomar el peso de la tabiquería y acabados (0.15 y 0.10 consecutivamente) Por el cual tendremos como Carga muerta el valor de 0.25. En el caso de la Carga Viva ya está definida por el RNE – E 030 2018. Tomando como valor 0.25. y en la azotea el valor de 0.13. Estas cargas se ingresan en el menú Assign – Shell Loads – Uniform, una vez abierto la ventana podremos escoger entre los tipos de carga y el dato a ingresar, esté dato va en cada piso de la losa.

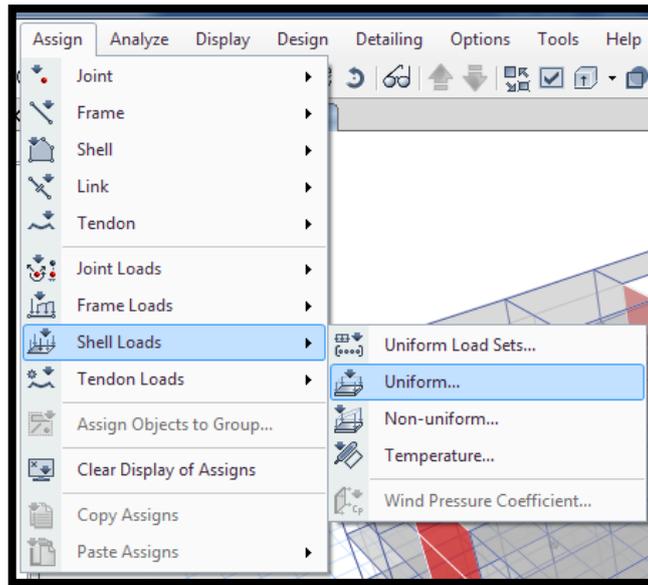


Figura 51. Menú para insertar las cargas vivas y muertas en la losa.

Fuente: Propia.

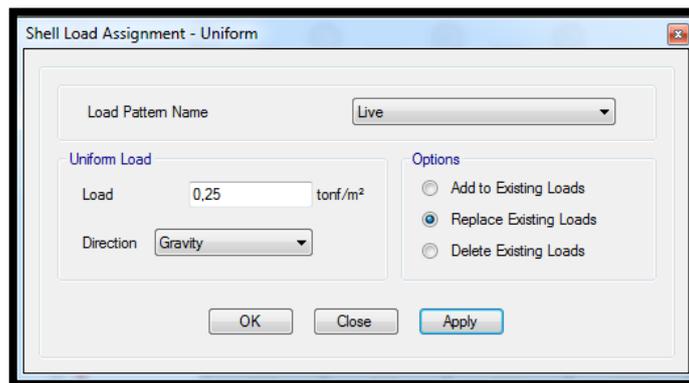


Figura 52. Ventana donde se define el valor de la carga viva.

Fuente: Propia.

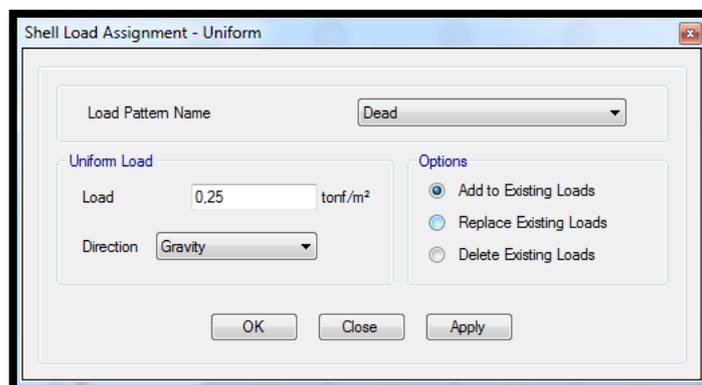


Figura 53. Ventana donde se define el valor de la carga muerta.

Fuente: Propia.

Asignación de las masas de la estructura

Para tener el cálculo de las masas por piso, se define en el menú Define – Mass Source, por el cual para la carga muerta se multiplicará por el factor 1 y para la carga viva el factor de 0.25 según el RNE E. 020.

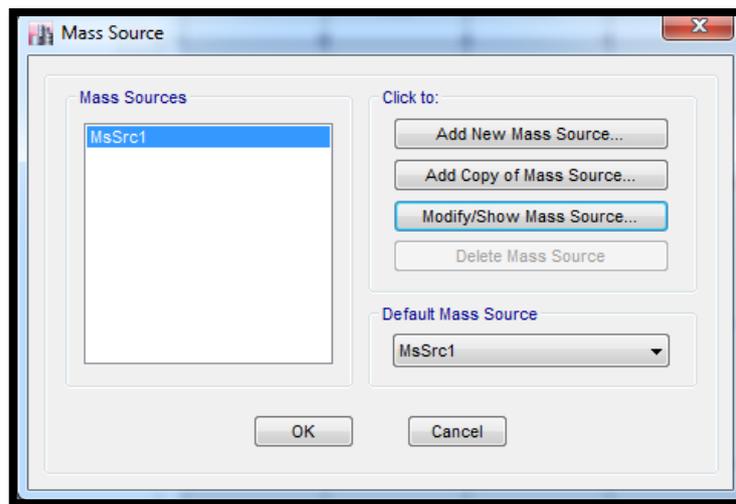


Figura 54. Ventana para la creación de masas.

Fuente: Propia.

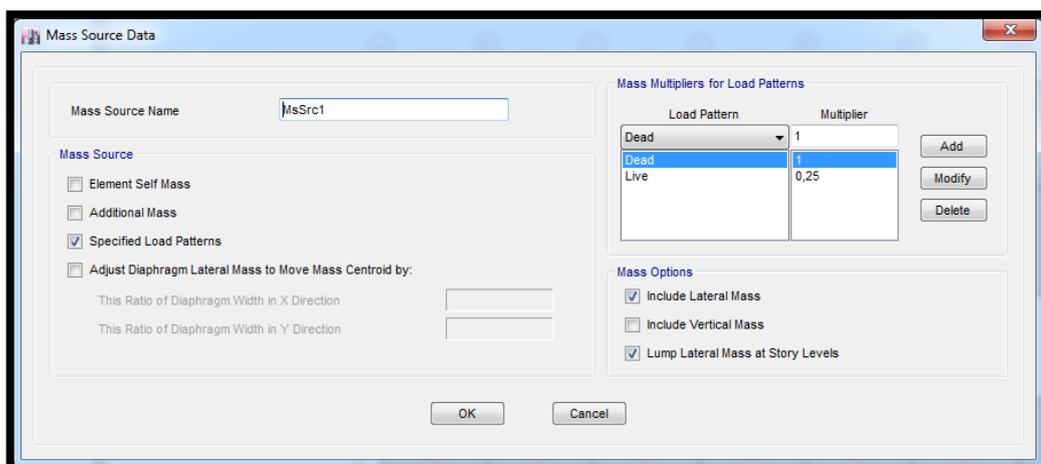


Figura 55. Ventana para la introducción del factor para la carga viva y muerta.

Fuente: Propia.

Asignación de las combinaciones de carga

Por lo visto el RNE E 060 nos da una serie de combinaciones para el cual se usa para el análisis dinámico de la estructura. Para insertar dichos combos pasaremos al menú Define – Load Combination, en la ventana se introduce los combos a utilizar en la estructura.

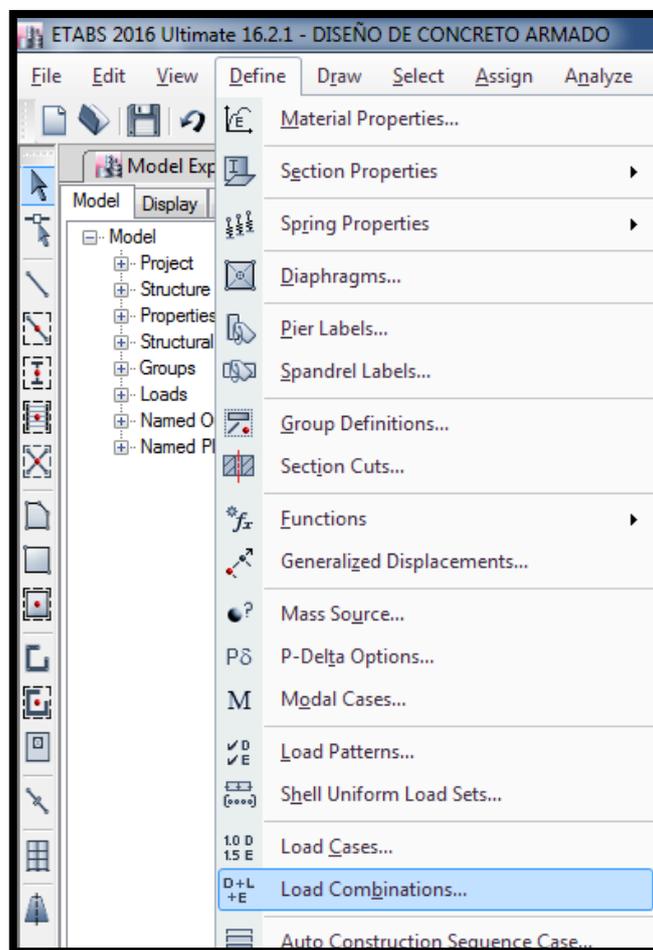


Figura 56. Menú para agregar las combinaciones de carga.

Fuente: Propia.

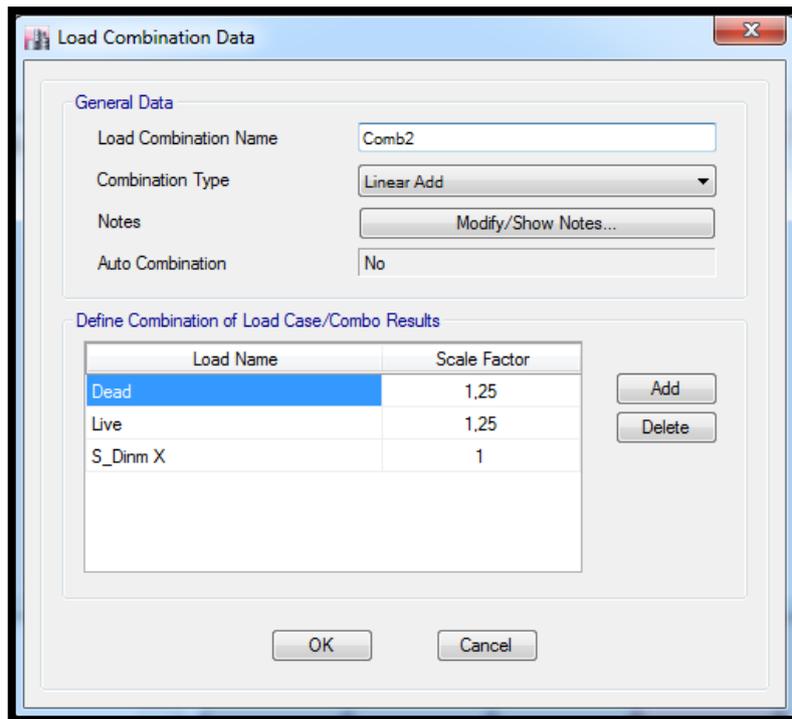


Figura 57. Ventana para la introducción de los valores del combo.

Fuente: Propia.

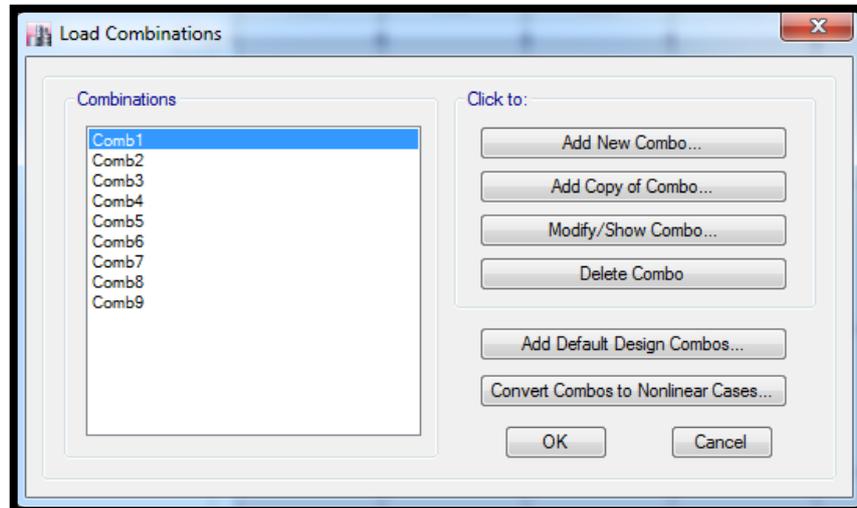


Figura 58. Ventana de creación de los combos.

Fuente: Propia.

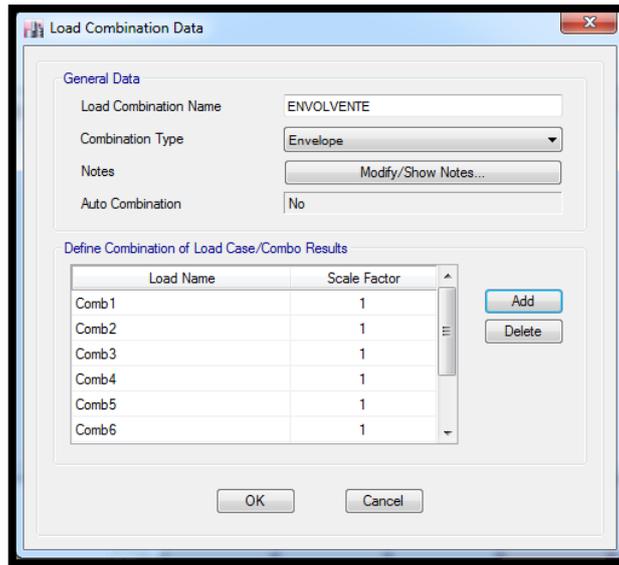


Figura 59. Ventana de creación de la envolvente.

Fuente: Propia.

Análisis de la estructura en Etabs

Para iniciar el análisis, verificamos que no haya ningún error en el diseño para ello se utiliza la opción Check Model del menú Analyze, luego se revisará si estamos cumpliendo con las distorsiones que nos da la norma E.030, caso contrario se tendrá que hacer cambios en las dimensiones de las columnas, vigas o muros estructurales hasta mostrar cumplimiento con RNE.

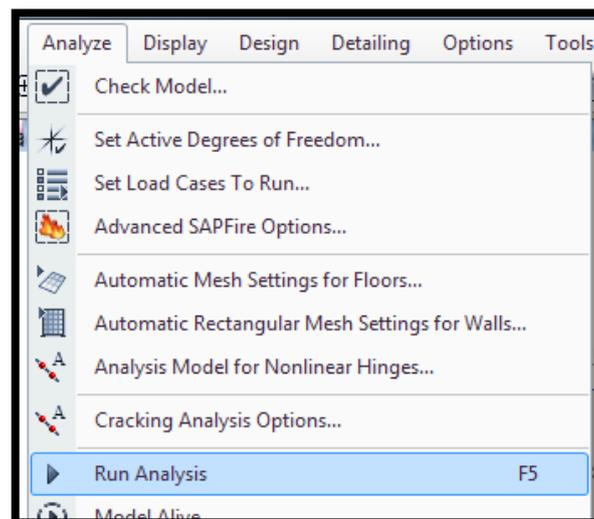


Figura 60. Menú de verificación de errores en el programa.

Fuente: Propia.

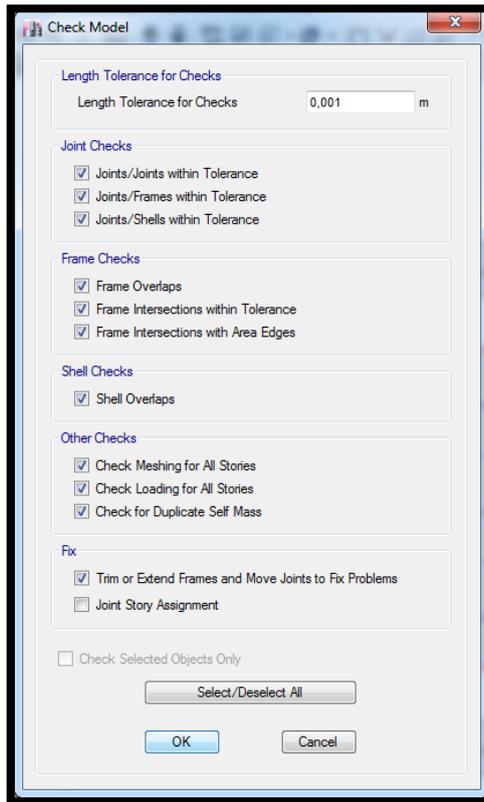


Figura 61. Ventana donde se verificará los errores cometidos en el programa.

Fuente: Propia.



Figura 62. Ventana de aceptación del programa, mostrando que no hay error.

Fuente: Propia.

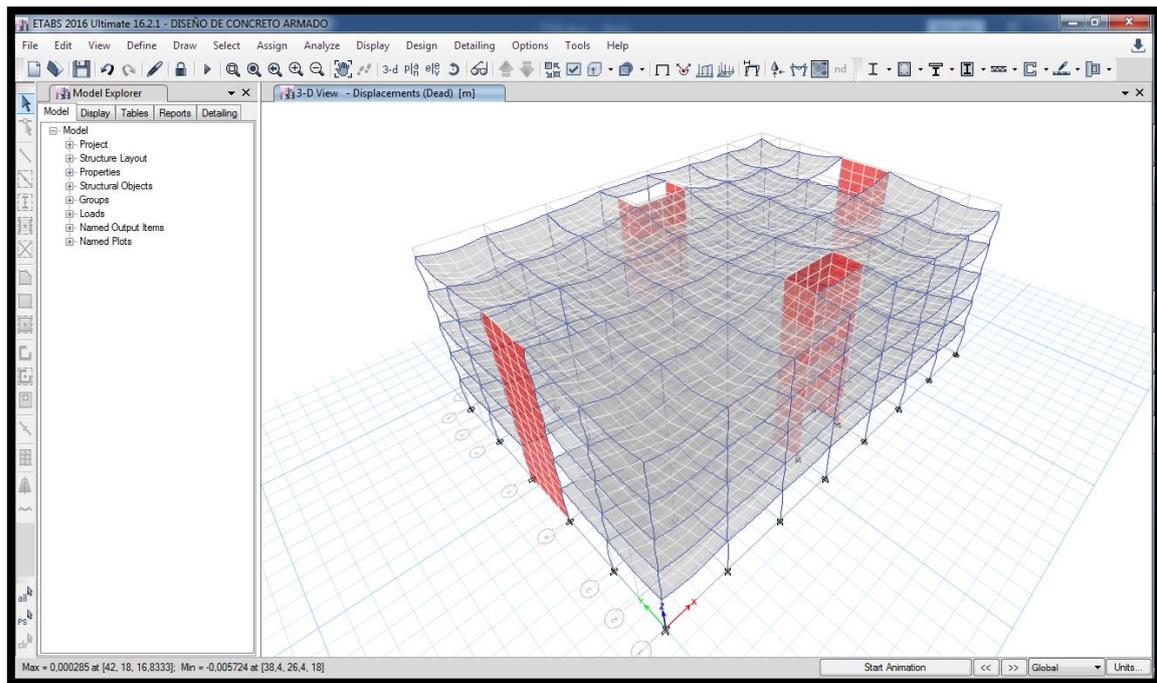


Figura 63. Visualización en 3D sobre las deformaciones de la estructura.

Fuente: Propia.

Verificación de los resultados en Etabs

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones nos muestra una tabla de distorsiones que no se debe exceder, dependiendo del material predominante.

Tabla 21. Cuadro de valores sobre las distorsiones máximas por material.

Límites de desplazamiento lateral según la norma E,030 - 2018	
Material predominante	Δ_i/h_{ei}
Concreto Armado	0,007
Acero	0,01
Albañilería	0,005
Madera	0,01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Para ver los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando los resultados obtenidos por el análisis con el factor 0.75R. Para ello se exportan las distorsiones que se encuentran en el menú Display – Show Tables. Una vez abierto la ventana nos vamos a la opción Tables – Analysis – Result – Displacements – Story Drifts, seleccionamos las cargas máximas del sismo en X e Y y los exportamos en Excel.

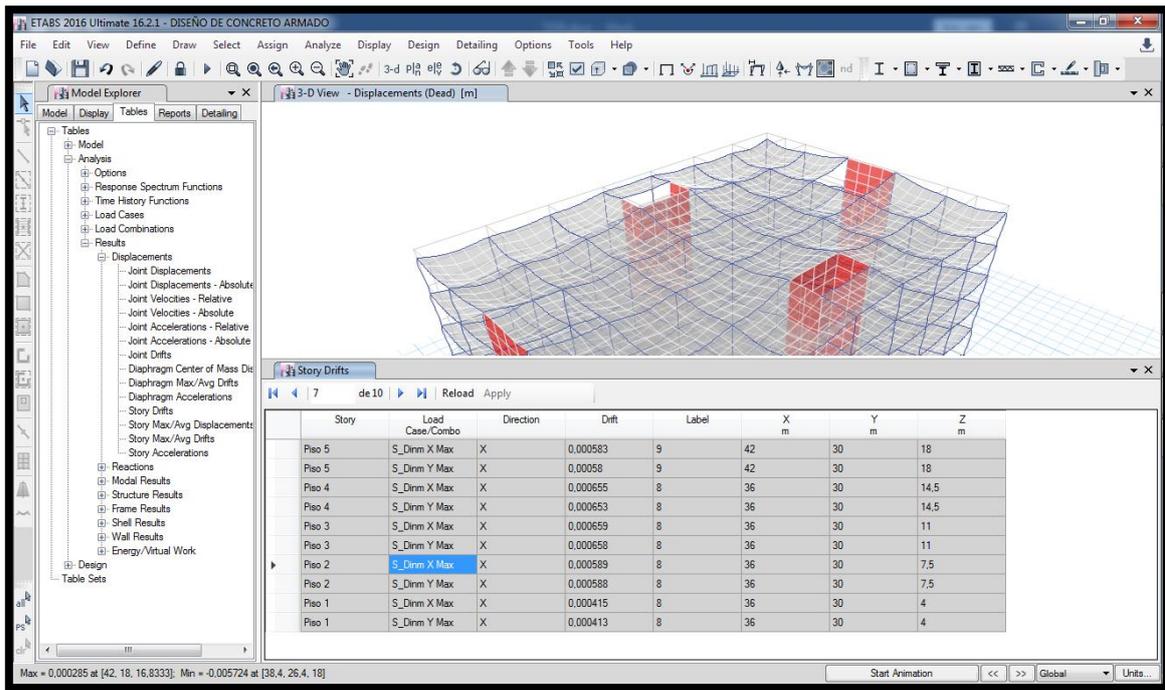


Figura 64. Visualización de las cargas máximas del sismo en X e Y por piso.
Fuente: Propia.

Tabla 22. Cuadro de datos sobre la verificación de las derivas de la estructura.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Drift X (0,75RxDriftX)	Drift Y (0,75RxDriftY)	Límite $\Delta i / h_{ei}$
Piso 5	S_Dinm Max	X	0,000739	0,00333		0,007
Piso 5	S_Dinm Max	Y	0,001138		0,00512	0,007

Piso 4	S_Dinm Max	X	X	0,000838	0,00377	0,007
Piso 4	S_Dinm Max	Y	Y	0,001221	0,00549	0,007
Piso 3	S_Dinm Max	X	X	0,000842	0,00379	0,007
Piso 3	S_Dinm Max	Y	Y	0,001183	0,00532	0,007
Piso 2	S_Dinm Max	X	X	0,000751	0,00338	0,007
Piso 2	S_Dinm Max	Y	Y	0,000989	0,00445	0,007
Piso 1	S_Dinm Max	X	X	0,000522	0,00235	0,007
Piso 1	S_Dinm Max	Y	Y	0,000546	0,00246	0,007

Por consiguiente, se verificará primero los periodos que nos servirán para el cálculo del coeficiente de basal real para las cargas estáticas. Para ello nos dirigimos en el Menú Display – Show Tables – Analysis – Result – Modal Result – Modal Participating Mass Ratios, se tomará los tres primeros periodos que son del Eje X, Y y Z para pasar a calcular el coeficiente de basal para el eje X e Y.

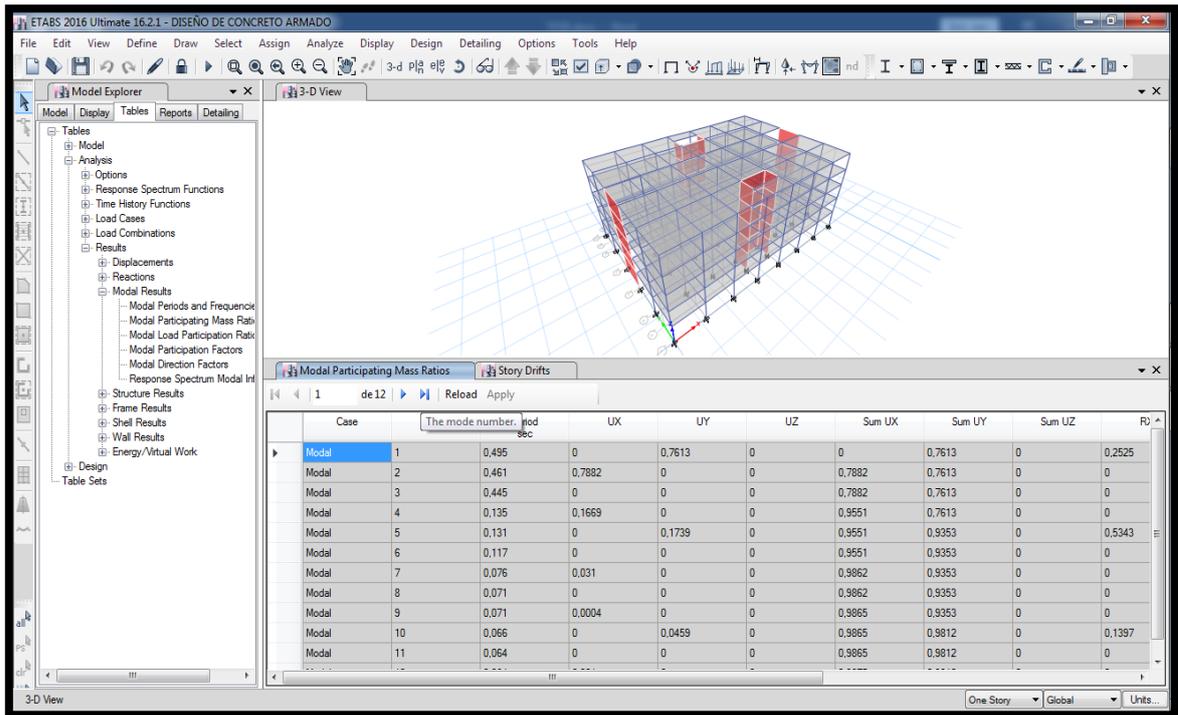


Figura 65. Visualización de los periodos de la estructura.

Fuente: Propia.

Cálculo de los coeficientes de Basal para el análisis estático de X e Y

Dado el periodo en X tenemos que $T_x < T_P$ por lo tanto $C = 2.5$

Tabla 23. Cuadro de datos sobre los periodos reales.

Periodo Calculado en Etabs		
modo 2	x	0,506 seg
modo 1	y	0,436 seg
modo 3	z	0,433 seg

Tabla 24. Cuadro de datos sobre los valores de T_P , T_L , R_0 y R .

T_P	=	0,60
T_L	=	2,00
R_0	=	6,00
R	=	6,00

Para el cálculo de la amplificación sísmica para X e Y tenemos:

$$T_X < T_P$$

$$0.506 < 0.60$$

$$T_Y < T_P$$

$$0.436 < 0.60$$

Por lo tanto, el valor de C para ambos casos se tomará:

$$C_X = 2.5$$

$$C_Y = 2.5$$

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

$$2.5 \geq 0.125$$

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

$$2.5 \geq 0.125$$

Siendo los valores 2.5 se cumple con el factor de amplificación sísmica requerida.

Por lo que los coeficientes de Basal para ambos casos serán:

$$\frac{ZUC_X S}{R_X} = \frac{ZUC_Y S}{R_Y} = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} = 0.196875$$

Ingresamos estos valores para el análisis estático del programa en la ventana Seismic Load Patter – User Defined, y volvemos a calcular con los periodos reales tanto en el eje X como en el eje Y con una excentricidad de 5%.

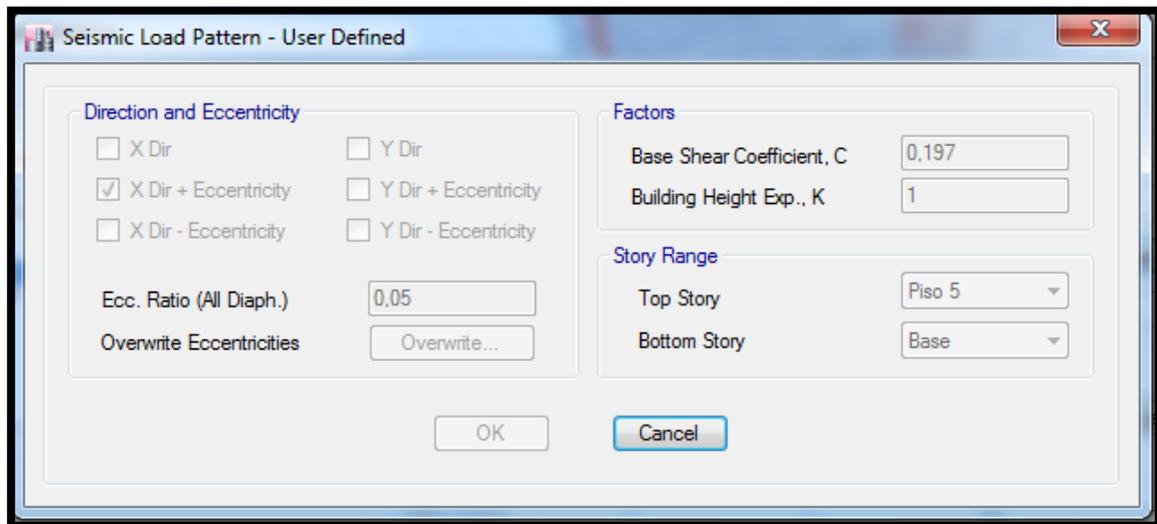


Figura 66. Ventana donde se corrige el coeficiente de basal con los periodos reales.

Fuente: Propia.

Verificación sobre la configuración estructural

Una vez verificada la estructura por los periodos, pasaremos a la configuración estructural, para saber si nuestra edificación trabaja a través de un sistema de muros estructurales se pasa a calcular la fuerza que soportan tanto nuestras columnas como los muros. Como se sabe por reglamento, para que se considere un sistema de muros estructurales, la resistencia sísmica predominantemente por los muros estructurales es de 70% de la fuerza cortante de la base como mínimo. ($V > 70\%$).

Para obtener las fuerzas ejercidas en las columnas, nos dirigimos al menú Display – Show Tables – Analysis – Result – Frame Results – Column Forces, obtendremos solo los resultados de las columnas del primer piso y los exportaremos a un Excel. Por otro lado, para obtener las fuerzas de los muros estructurales una vez ingresado a la opción tablas ingresaremos a Analysis – Results – Wall Results – Pier Forces, se exporta los datos a un Excel y se pasa a la comprobación dl sistema estructural.

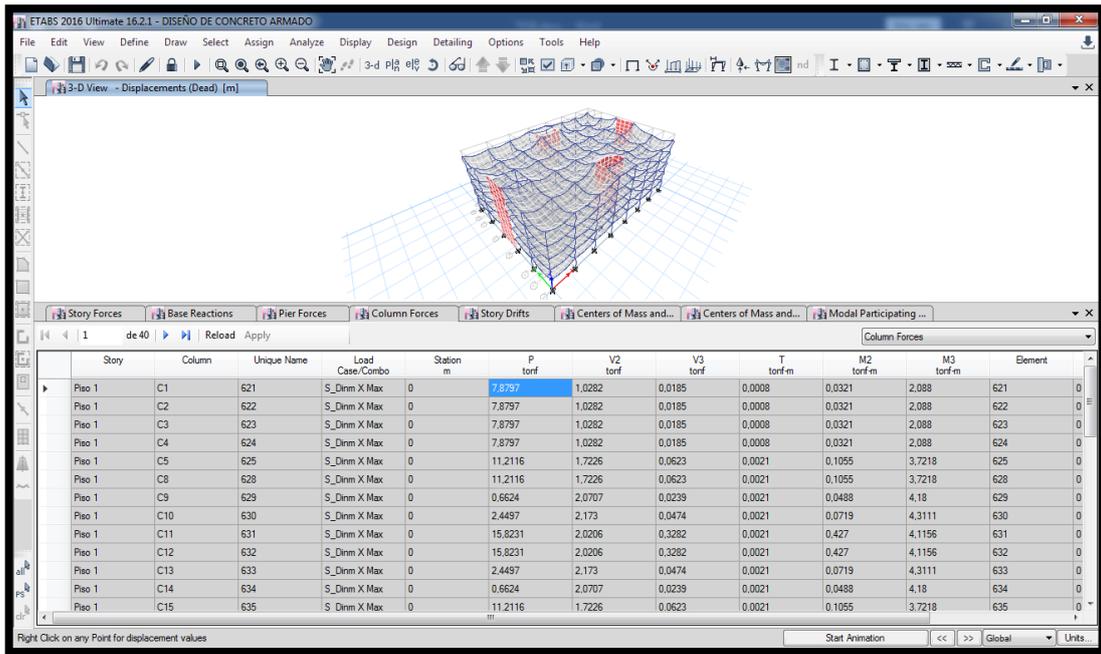


Figura 67. Ventana de datos sobre la resistencia máxima en X ejercida por las columnas.

Fuente: Propia.

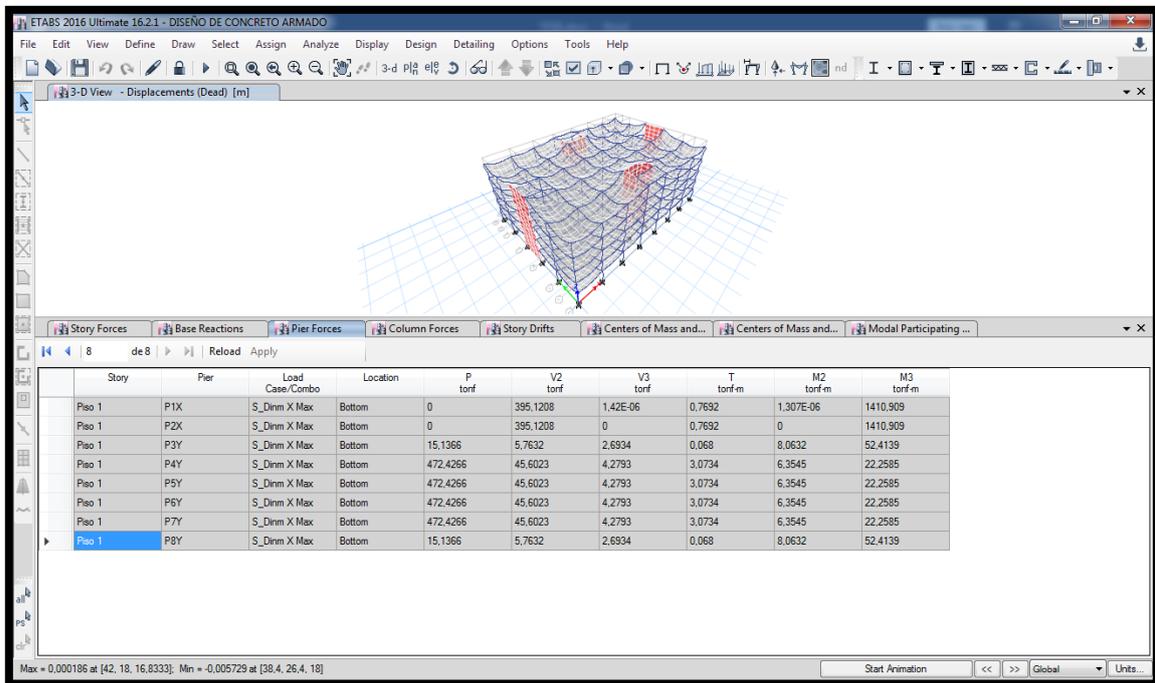


Figura 68. Ventana de datos sobre las resistencias máximas ejercidas en los muros estructurales.

Fuente: Propia.

Tabla 25. Fuerza cortante de las columnas en el eje X.

Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P tonf	V2 tonf	V3 tonf
Piso 1	C1	621	S_Dinm X Max	0	7,8797	1,0282	0,0185
Piso 1	C2	622	S_Dinm X Max	0	7,8797	1,0282	0,0185
Piso 1	C3	623	S_Dinm X Max	0	7,8797	1,0282	0,0185
Piso 1	C4	624	S_Dinm X Max	0	7,8797	1,0282	0,0185
Piso 1	C5	625	S_Dinm X Max	0	11,2116	1,7226	0,0623
Piso 1	C6	626	S_Dinm X Max	0	11,2116	1,7226	0,0623
Piso 1	C7	627	S_Dinm X Max	0	0,6624	2,0707	0,0239
Piso 1	C8	628	S_Dinm X Max	0	2,4497	2,173	0,0474
Piso 1	C9	629	S_Dinm X Max	0	15,8231	2,0206	0,3282
Piso 1	C10	630	S_Dinm X Max	0	15,8231	2,0206	0,3282
Piso 1	C11	631	S_Dinm X Max	0	2,4497	2,173	0,0474
Piso 1	C12	632	S_Dinm X Max	0	0,6624	2,0707	0,0239
Piso 1	C13	633	S_Dinm X Max	0	11,2116	1,7226	0,0623
Piso 1	C14	634	S_Dinm X Max	0	11,2116	1,7226	0,0623

Piso 1	C15	635	S_Dinm X Max	0	0,5395	3,1604	0,0547
Piso 1	C16	636	S_Dinm X Max	0	0,6624	2,0707	0,0239
Piso 1	C17	637	S_Dinm X Max	0	4,7372	2,972	0,0745
Piso 1	C18	638	S_Dinm X Max	0	4,7372	2,972	0,0745
Piso 1	C19	656	S_Dinm X Max	0	0,5395	3,1604	0,0547
Piso 1	C20	639	S_Dinm X Max	0	8,2337	3,5108	0,0499
Piso 1	C21	655	S_Dinm X Max	0	8,2337	3,5108	0,0499
Piso 1	C22	654	S_Dinm X Max	0	0,5395	3,1604	0,0547
Piso 1	C23	653	S_Dinm X Max	0	4,7372	2,972	0,0745
Piso 1	C24	652	S_Dinm X Max	0	4,7372	2,972	0,0745
Piso 1	C25	651	S_Dinm X Max	0	0,5395	3,1604	0,0547
Piso 1	C26	650	S_Dinm X Max	0	0,6624	2,0707	0,0239
Piso 1	C27	649	S_Dinm X Max	0	2,4497	2,173	0,0474
Piso 1	C28	648	S_Dinm X Max	0	15,8231	2,0206	0,3282
Piso 1	C29	647	S_Dinm X Max	0	15,8231	2,0206	0,3282
Piso 1	C30	646	S_Dinm X Max	0	2,4497	2,173	0,0474

Piso 1	C31	645	S_Dinm X Max	0	8,2337	3,5108	0,0499
Piso 1	C32	644	S_Dinm X Max	0	0,5963	3,2044	0,0617
Piso 1	C33	643	S_Dinm X Max	0	0,5963	3,2044	0,0617
Piso 1	C34	642	S_Dinm X Max	0	5,7385	3,1411	0,2937
Piso 1	C35	641	S_Dinm X Max	0	5,7385	3,1411	0,2937
Piso 1	C36	640	S_Dinm X Max	0	0,5963	3,2044	0,0617
Piso 1	C37	657	S_Dinm X Max	0	0,5963	3,2044	0,0617
Piso 1	C38	658	S_Dinm X Max	0	8,2337	3,5108	0,0499
Piso 1	C39	659	S_Dinm X Max	0	5,7385	3,1411	0,2937
Piso 1	C40	660	S_Dinm X Max	0	5,7385	3,1411	0,2937
					100,0152		

Tabla 26. Fuerza cortante de los muros estructurales en el eje X

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf
Piso 1	P1X	S_Dinm X Max	Bottom	0	395,1208	1,42E-06
Piso 1	P2X	S_Dinm X Max	Bottom	0	395,1208	0

Piso 1	P3Y	S_Dinm X Max	Bottom	15,1366	5,7632	2,69E+00
Piso 1	P4Y	S_Dinm X Max	Bottom	472,4266	45,6023	4,2793
Piso 1	P5Y	S_Dinm X Max	Bottom	472,4266	45,6023	4,2793
Piso 1	P6Y	S_Dinm X Max	Bottom	472,4266	45,6023	4,2793
Piso 1	P7Y	S_Dinm X Max	Bottom	472,4266	45,6023	4,2793
Piso 1	P8Y	S_Dinm X Max	Bottom	15,1366	5,7632	2,69E+00
						984,1772

Tabla 27. Fuerza cortante de las columnas en el eje Y.

Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P tonf	V2 tonf	V3 tonf
Piso 1	C1	621	S_Dinm Y Max	0	6,0827	0,0376	0,5009
Piso 1	C2	622	S_Dinm Y Max	0	6,0827	0,0376	0,5009
Piso 1	C3	623	S_Dinm Y Max	0	6,0827	0,0376	0,5009
Piso 1	C4	624	S_Dinm Y Max	0	6,0827	0,0376	0,5009
Piso 1	C5	625	S_Dinm Y Max	0	13,3766	0,057	1,7569
Piso 1	C6	626	S_Dinm Y Max	0	13,3766	0,057	1,7569

Piso 1	C7	627	S_Dinm Y Max	0	13,1676	0,0556	1,1955
Piso 1	C8	628	S_Dinm Y Max	0	16,9448	0,1483	1,2134
Piso 1	C9	629	S_Dinm Y Max	0	56,77	0,1644	2,0176
Piso 1	C10	630	S_Dinm Y Max	0	56,77	0,1644	2,0176
Piso 1	C11	631	S_Dinm Y Max	0	16,9448	0,1483	1,2134
Piso 1	C12	632	S_Dinm Y Max	0	13,1676	0,0556	1,1955
Piso 1	C13	633	S_Dinm Y Max	0	13,3766	0,057	1,7569
Piso 1	C14	634	S_Dinm Y Max	0	13,3766	0,057	1,7569
Piso 1	C15	635	S_Dinm Y Max	0	3,0333	0,0844	2,6633
Piso 1	C16	636	S_Dinm Y Max	0	13,1676	0,0556	1,1955
Piso 1	C17	637	S_Dinm Y Max	0	4,4526	0,3169	2,5971
Piso 1	C18	638	S_Dinm Y Max	0	4,4526	0,3169	2,5971
Piso 1	C19	656	S_Dinm Y Max	0	3,0333	0,0844	2,6633
Piso 1	C20	639	S_Dinm Y Max	0	0,9219	0,178	2,5391
Piso 1	C21	655	S_Dinm Y Max	0	0,9219	0,178	2,5391
Piso 1	C22	654	S_Dinm Y Max	0	3,0333	0,0844	2,6633

Piso 1	C23	653	S_Dinm Y Max	0	4,4526	0,3169	2,5971
Piso 1	C24	652	S_Dinm Y Max	0	4,4526	0,3169	2,5971
Piso 1	C25	651	S_Dinm Y Max	0	3,0333	0,0844	2,6633
Piso 1	C26	650	S_Dinm Y Max	0	13,1676	0,0556	1,1955
Piso 1	C27	649	S_Dinm Y Max	0	16,9448	0,1483	1,2134
Piso 1	C28	648	S_Dinm Y Max	0	56,77	0,1644	2,0176
Piso 1	C29	647	S_Dinm Y Max	0	56,77	0,1644	2,0176
Piso 1	C30	646	S_Dinm Y Max	0	16,9448	0,1483	1,2134
Piso 1	C31	645	S_Dinm Y Max	0	0,9219	0,178	2,5391
Piso 1	C32	644	S_Dinm Y Max	0	1,5927	0,0225	2,6694
Piso 1	C33	643	S_Dinm Y Max	0	1,5927	0,0225	2,6694
Piso 1	C34	642	S_Dinm Y Max	0	7,4588	0,0444	2,8531
Piso 1	C35	641	S_Dinm Y Max	0	7,4588	0,0444	2,8531
Piso 1	C36	640	S_Dinm Y Max	0	1,5927	0,0225	2,6694
Piso 1	C37	657	S_Dinm Y Max	0	1,5927	0,0225	2,6694
Piso 1	C38	658	S_Dinm Y Max	0	0,9219	0,178	2,5391

Piso 1	C39	659	S_Dinm Y Max	0	7,4588	0,0444	2,8531
Piso 1	C40	660	S_Dinm Y Max	0	7,4588	0,0444	2,8531
							4,4364

Tabla 28. Fuerza cortante de los muros estructurales en el eje Y.

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	
Piso 1	P1X	S_Dinm Y Max	Bottom	492,5276	5,0313	4,35E+00	
Piso 1	P2X	S_Dinm Y Max	Bottom	492,5276	5,0313	4,3543	
Piso 1	P3Y	S_Dinm Y Max	Bottom	0	2,15E+02	1,79E-06	
Piso 1	P4Y	S_Dinm Y Max	Bottom	218,1713	89,5373	0,169	
Piso 1	P5Y	S_Dinm Y Max	Bottom	218,1713	89,5373	0,169	
Piso 1	P6Y	S_Dinm Y Max	Bottom	218,1713	89,5373	0,169	
Piso 1	P7Y	S_Dinm Y Max	Bottom	218,1713	89,5373	0,169	
Piso 1	P8Y	S_Dinm Y Max	Bottom	0	2,15E+02	6,37E-06	
							797,9022

Por lo diferido en las tablas, se obtiene que:

$$VX_{columnas} = 100,0152$$

$$VX_{muros\ estr.} = 984,1772$$

Por lo que el porcentaje estará dado en:

Tabla 29. Cuadro de porcentajes de las cortantes en las Columnas y Muros en X.

	VX	%VX
COLUMNAS	100,0152	9,22
MUROS ESTRUCTURALES	984,1772	90,78
	1084,1924	100

Por lo tanto, tendremos que los muros estructurales soportan 90.78% de la fuerza cortante en la base.

$$VX > 70\%$$

$$90.78\% > 70\%$$

Cumple con el sistema de muros estructurales en X.

Ahora para el eje Y:

$$VY_{columnas} = 4,4364$$

$$VY_{muros\ estr.} = 797,9022$$

Por lo que el porcentaje estará dado en:

Tabla 30. Cuadro de porcentajes de las cortantes en las Columnas y Muros en Y.

	VY	%VY
COLUMNAS	4,4364	0,55
MUROS		
ESTRUCTURALES	797,9022	99,45
	802,3386	100,00

Por lo tanto, tendremos que los muros estructurales soportan 99.45% de la fuerza cortante en la base.

$$VY > 70\%$$

$$99.45\% > 70\%$$

Cumple con el sistema de muros estructurales en Y.

Modelamiento Estático y Dinámico con el programa CYPECAD

Ingreso de datos generales

Pasaremos a diseñar en el programa Cypecad, el cual es uno de los programas que conforma Cype, en la primera ventana nos permitirá introducir el nombre del proyecto, descripción de las normas de cálculo tanto para el análisis dinámico y estático. En la figura 70 se ve el tipo de concreto que entrará tanto a los forjados, cimentación, columnas y muros. Para el tema de las barras de acero, el programa las estima por grados tanto de 40° con $FY= 2800 \text{ kgf/cm}^2$, 60° con $FY= 4200 \text{ kgf/cm}^2$ y 75° con $FY= 5100 \text{ kgf/cm}^2$.



Figura 69. Ícono del programa CYPE

La imagen muestra la ventana 'Datos generales' del programa Cypecad. El título de la ventana es 'Datos generales'. El campo 'Clave' contiene 'TESIS RRS - KAFS'. El campo 'Descripción' contiene 'Edificio 5 pisos'. El campo 'Normas' contiene 'NTE E.060: 2009, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), CTE DB SE-M y Eurocódigo 9'. La ventana está dividida en varias secciones: 'Hormigón armado' con subsección 'Hormigón' que incluye 'Forjados', 'Cimentación', 'Pilares' y 'Muros', todos con un menú desplegable 'Fc=210' y un icono de configuración; 'Características del árido' con un campo '15 mm'; 'Acero' con 'Barras' (menú 'Grado 60') y 'Pernos' (menú 'A-307'); 'Perfiles Acero' con 'Laminados y amados' (menú 'A36') y 'Conformados' (menú 'ASTM A 36 36 ksi'); 'Madera' con un botón de selección y el texto 'Aserrada, procedente de coníferas o chopos. -C14'; 'Aluminio extruido' con un botón de selección y el texto 'EN AW-5083 - F'; 'Acciones' con 'Carga permanente y sobrecarga de uso' (seleccionada), 'Con acción de viento' (desseleccionada), 'Con acción sísmica' (seleccionada) con un icono de terremoto y el texto 'Norma Técnica E.030 (2014) (Perú)', 'Elementos constructivos' (menú 'No se consideran'), 'Comprobar resistencia al fuego' (desseleccionada), 'Estados límite (combinaciones)' (botón) y 'Hipótesis adicionales (cargas especiales)' (botón); 'Coeficientes de pandeo' con 'Pilares de hormigón y muros' (Bx: 1.000, By: 1.000) y 'Pilares de acero' (Bx: 1.000, By: 1.000). Un botón 'Aceptar' está en la parte inferior.

Figura 70. Ventana de datos generales de Cypecad.

Fuente: Propia.

Estado de límite y combinaciones

El programa Cypecad en la opción estado de límite y combinaciones, lo verifica por las normas establecidas por el RNE E.060 referente al análisis de carga para el tema de elementos de hormigón armado. Para el resto de materiales, se aprecia por defecto las normas internacionales.

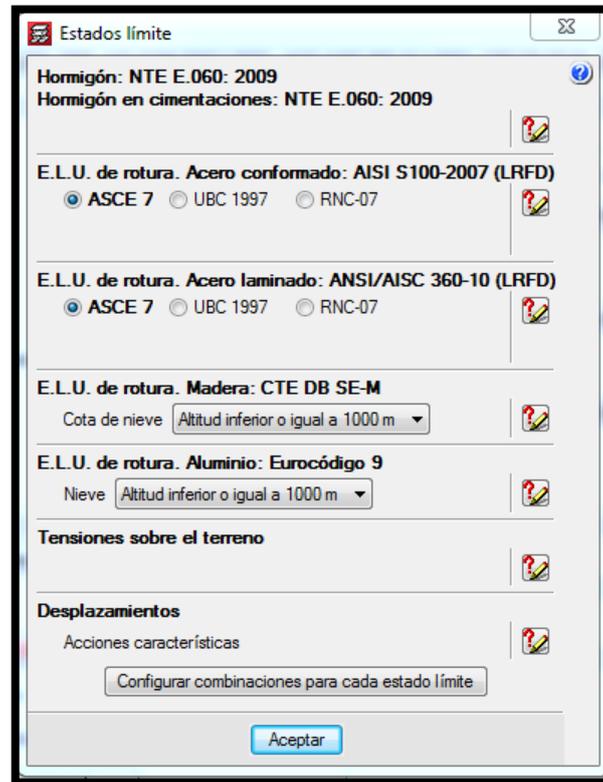


Figura 71. Ventana de estados de límites del proyecto.

Fuente: Propia.

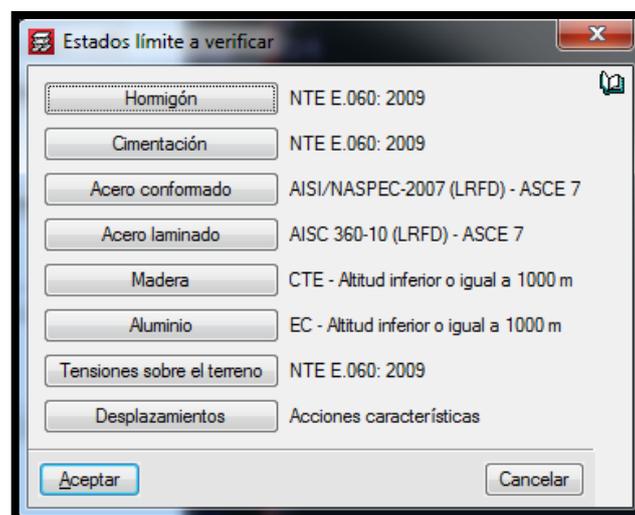


Figura 72. Ventana de verificación de los estados de límite.

Fuente: Propia.

Selección de los datos del coeficiente de basal para el cálculo del análisis dinámico.

Se tomará en cuenta las cargas sísmicas, con los factores de coeficiente de basal ya expuestos en diseño anterior:

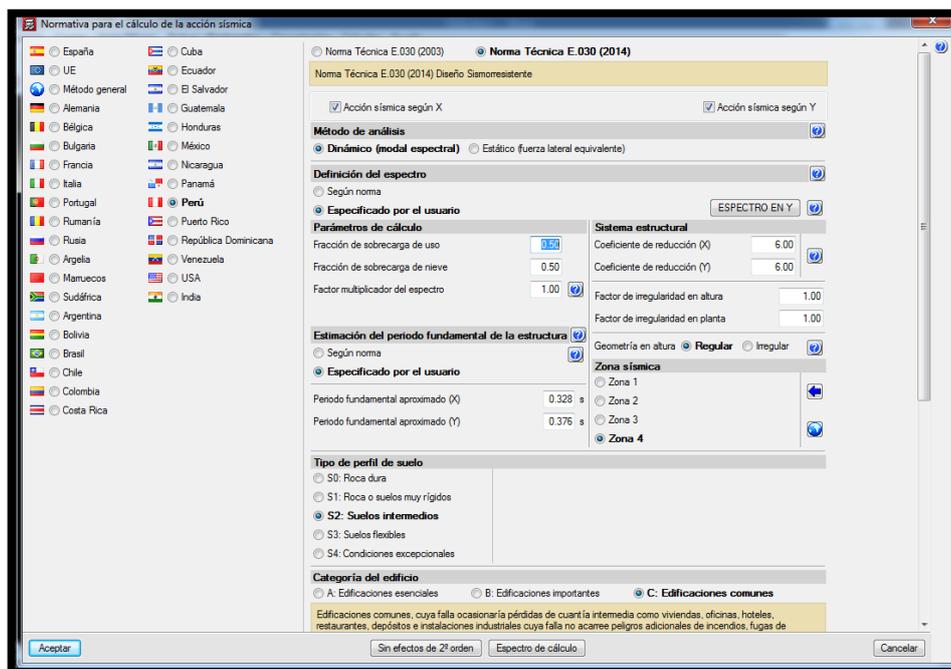


Figura 73. Definición de los valores del coeficiente de basal.

Fuente: Propia.

A comparación del espectro que por defecto toma la norma E.030 – 2014, se sabe que en el reglamento actualizado del 2018, para el cálculo del espectro se toma la fórmula ya aplicada; la cual se ingresará en el programa, para ello se pasará a la opción Definición del Espectro – Especificado por el usuario.

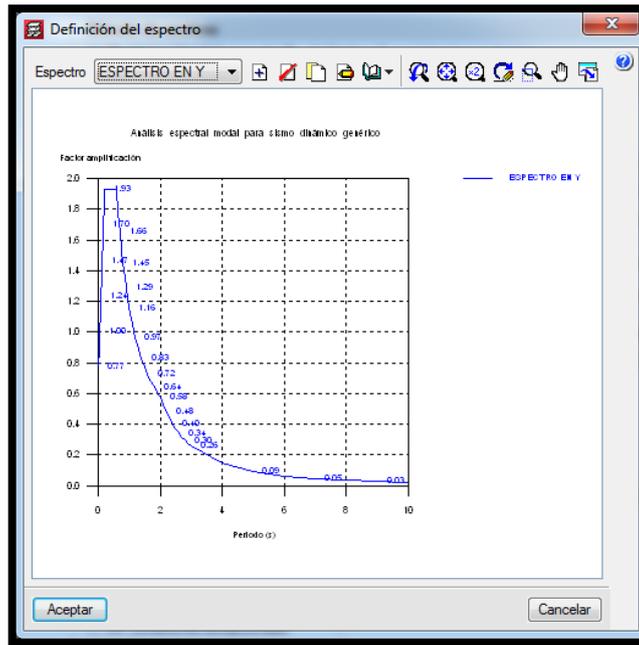


Figura 74. Definición del espectro respuesta.

Fuente: Propia.

Introducción de cargas muertas y vivas por piso

Antes de introducir las cargas vivas y muertas a cada piso de la estructura, se diseña la altura y el número de pisos que tendrá el proyecto, para ello se abre la opción Introducir plantas la cual nos abrirá una ventana donde se introducirá la altura en metros.

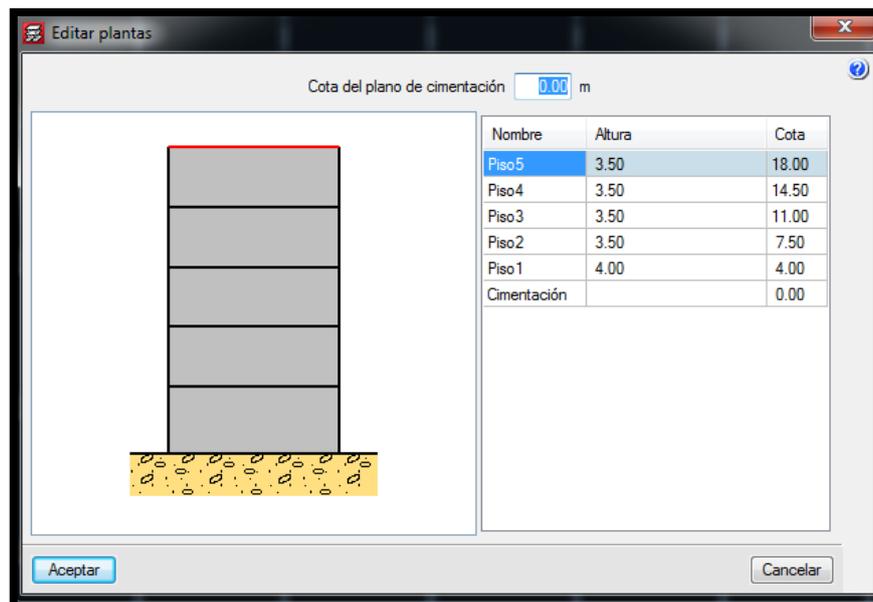


Figura 75. Definición de las alturas de los pisos.

Fuente: Propia.

Una vez proyectada la altura, en la opción editar grupos, se introducirán las cargas gravitatorias tanto vivas como muertas obtenidas del análisis de cargas para cada piso, de esta manera introducimos las cargas para el proyecto tomando en cuenta la categoría de uso.

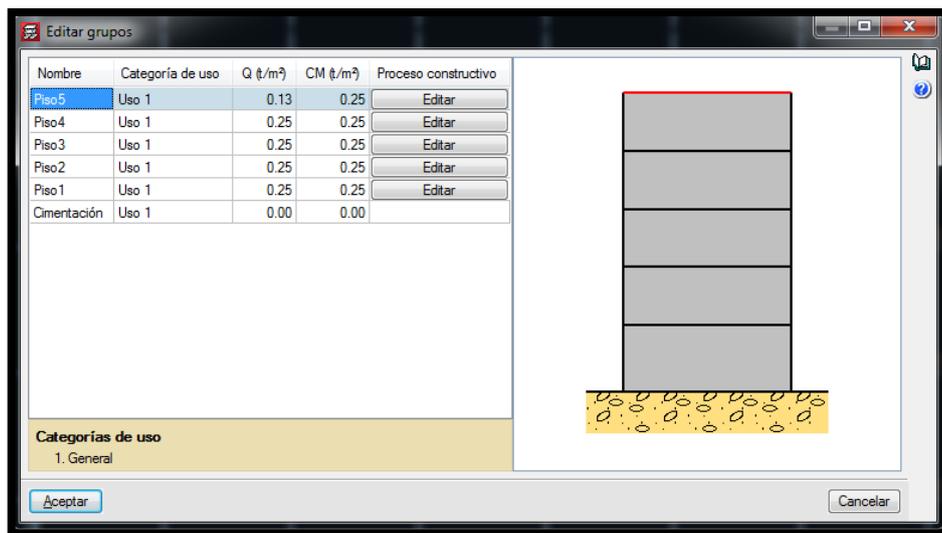


Figura 76. Introducción de las cargas gravitacionales por piso.

Fuente: Propia.

Introducción de los elementos estructurales

El programa tiene una facilidad de uno a cerca de la introducción de elementos estructurales, para ello en la pestaña columnas, ubicada en la parte inferior, se ingresa al menú Pilares- Nuevo Pilar, el cual una vez en la ventana a continuación se procede a introducir la dimensión de las columnas, por el cual pondremos una referencia por el tipo de columna que tenemos tanto en columnas centrales, esquineras y excéntricas.

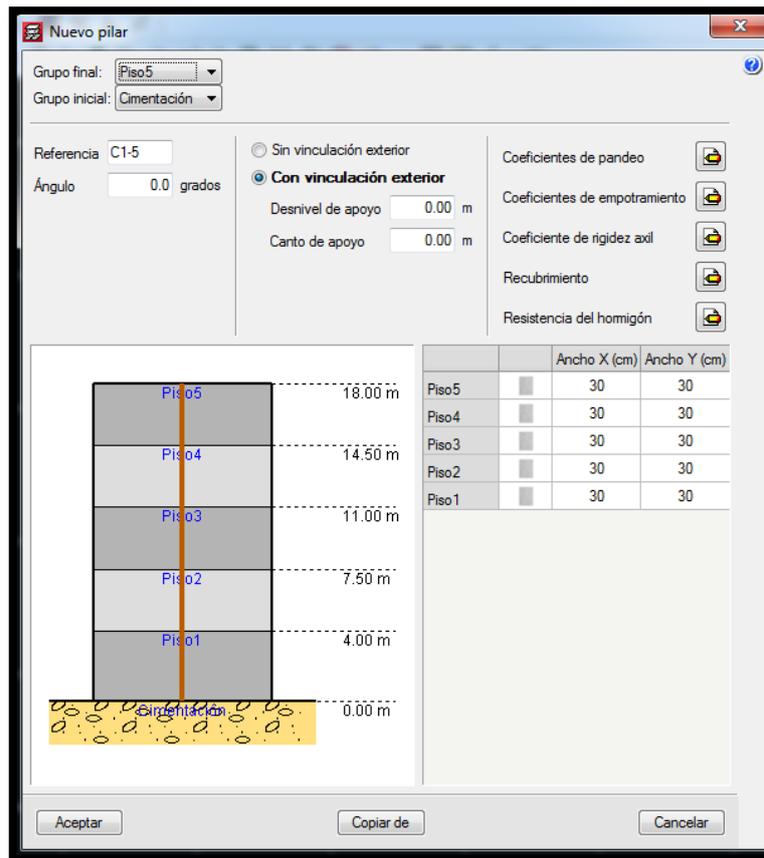


Figura 77. Introducción de dimensión de las columnas.

Fuente: Propia.

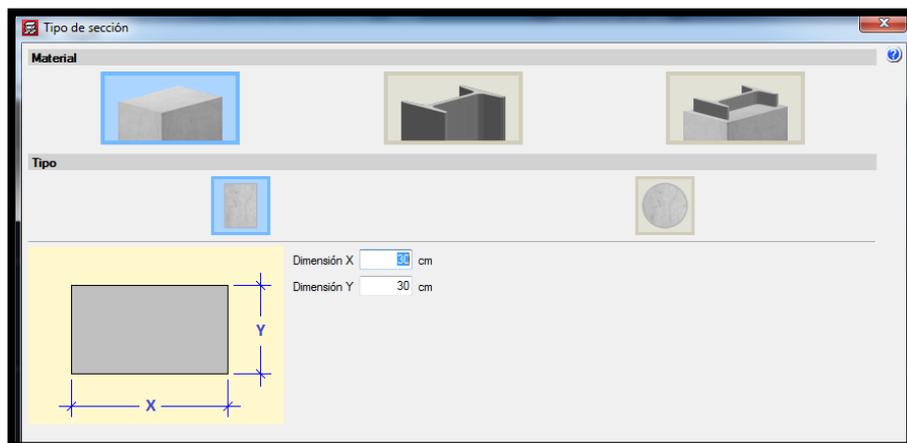


Figura 78. Ventana de tipo de sección de las columnas.

Fuente: Propia.

Para la introducción de vigas o muros, tenemos el menú Vigas/Muros – Entrar viga o Entrar muro – Por el cual para la viga se tiene una ventana en la que se introduce el tipo de viga y las dimensiones para la estructura, tenemos también una gran variedad de secciones tanto para vigas cortas, vigas peraltadas, vigas peraltadas hacia arriba, entre otras como también la familia en la cual proviene.

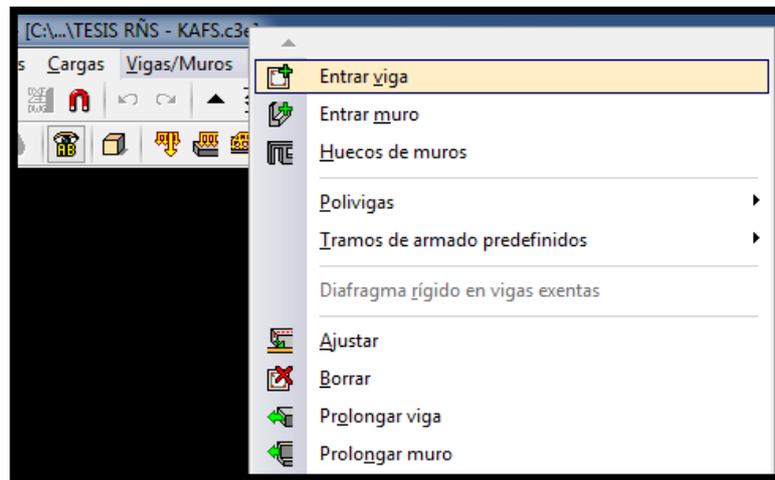


Figura 79. Menú Vigas/Muros para la introducción de vigas o muros.

Fuente: Propia.

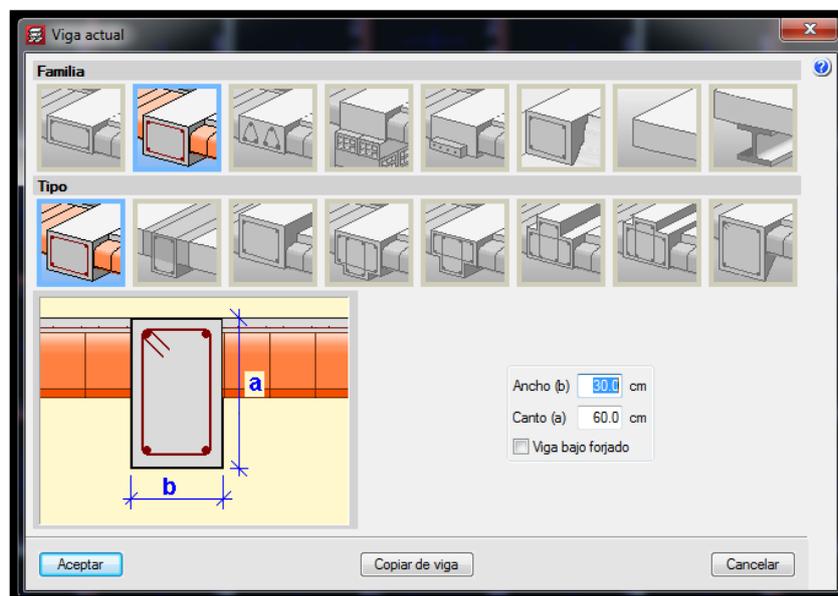


Figura 80. Ventana de tipo y predimensionamiento de las vigas.

Fuente: Propia.

Una vez introducida las vigas, se pasará a los muros estructurales, el cual se presenta una ventana en la que se modifica los espesores tanto del eje X e Y ya que el programa Cypecad considera los espesores del muro desde su centro. Para obtener un espesor de 0.25 m, se divide tanto para X e Y un espesor de 0.125 m. Definimos hasta que piso irá el muro estructural y se pasará a dibujarlo en el programa.

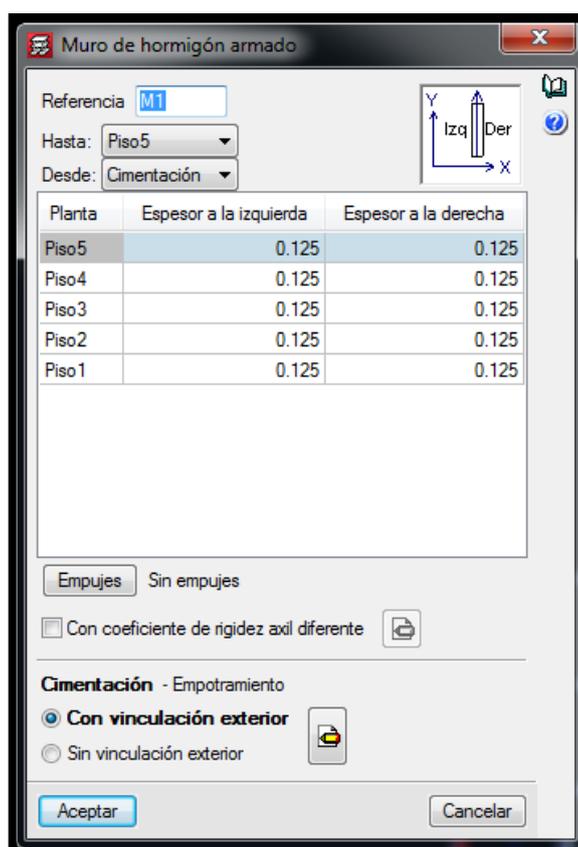


Figura 81. Introducción de las dimensiones de los muros estructurales.

Fuente: Propia.

Siguiendo con la introducción de elementos estructurales, pasaremos a introducir las losas, a medida que se van insertando las vigas y muros, aparecerá una imagen de signo de interrogación, la cual indica que en esa zona no se ha insertado una losa o definido como zona hueca, para ello pasaremos a crear la losa maciza e

introducírlos en el programa, como también definir las partes huecas de la estructura.



Figura 82. Menú Paños para la introducción de losas y huecos.
Fuente: Propia.



Figura 83. Ventana de creación del tipo de losas e introducción de sus dimensiones.
Fuente: Propia.

Una vez introducidas las los elementos estructurales, visualizaremos el modelo en 3D mediante la opción Vista 3D del edificio.

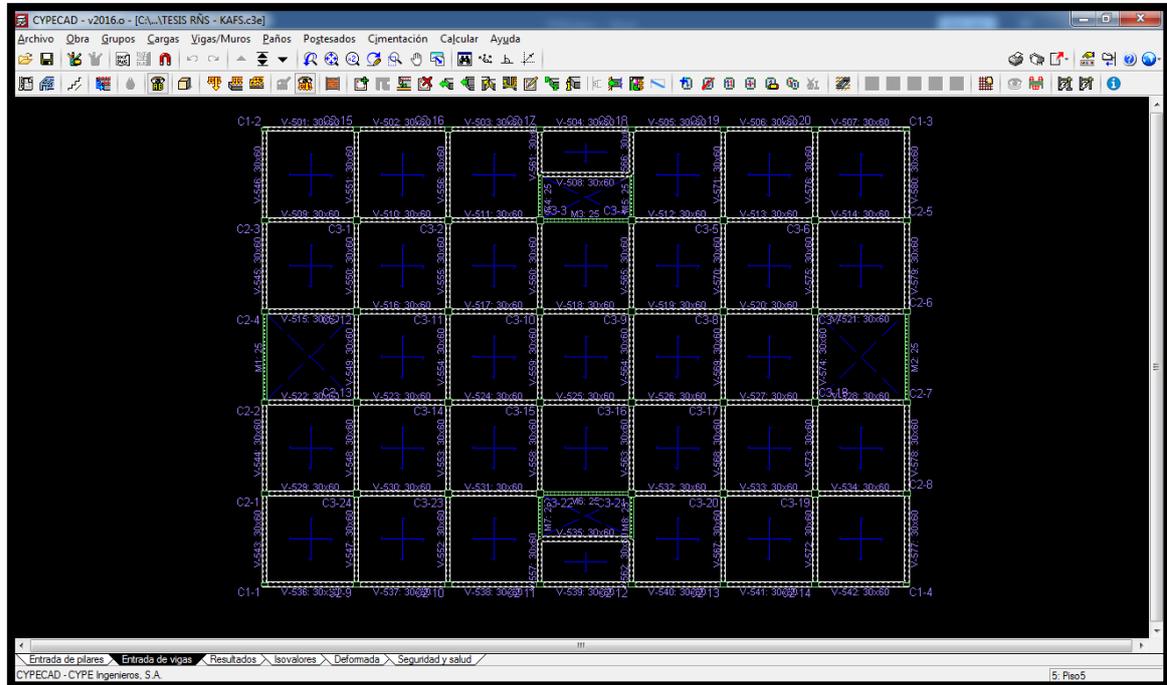


Figura 84. Área de dibujo del programa Cypecad.

Fuente: Propia.

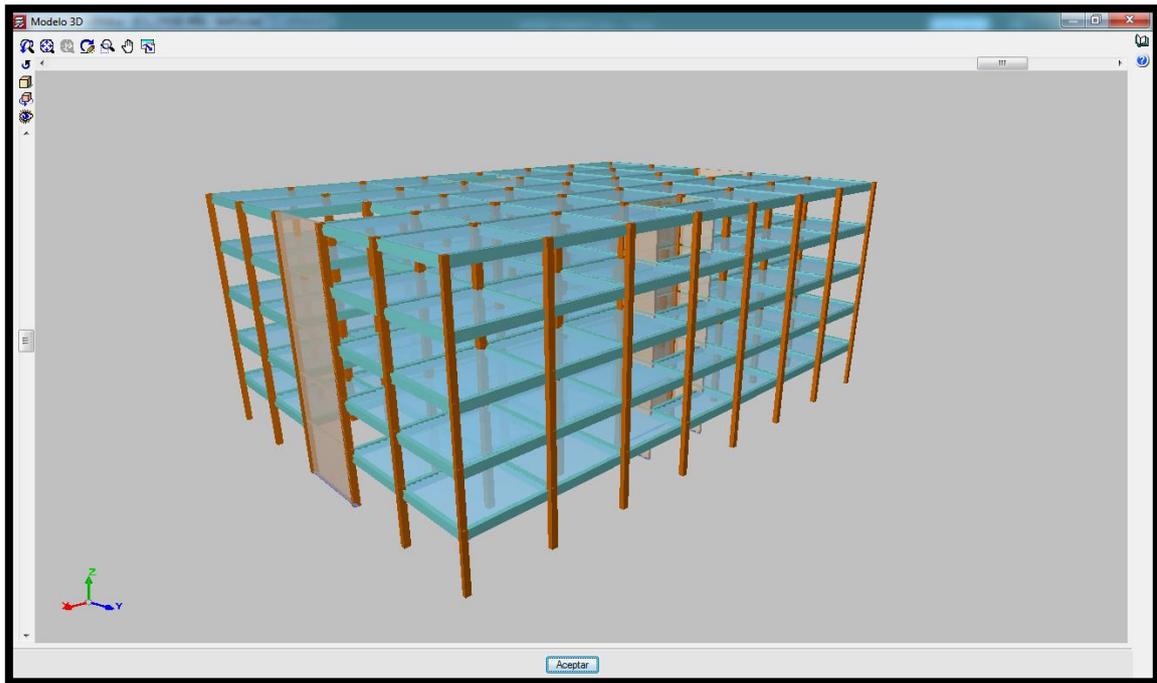


Figura 85. Visualización de la estructura en 3D.

Fuente: Propia.

Análisis de la estructura en Cypecad

Una vez acabado la modelación e introducción de datos del proyecto, se pasará al cálculo estructural, para ello Cypecad define el cálculo a través de las opciones por estructura sin obtener el armado de acero, sin dimensionar la cimentación o con la cimentación ya aplicada. Por otro lado, se comprueba la geometría de los grupos actuales de la estructura para ver si no hay ningún error. Como primer caso pasaremos a calcular la estructura sin obtener armado. Una vez calculada la estructura, el programa botará una ventana de errores que se debe modificar, el cual si figurará un error ya sea por geometría u otro se debe rectificar dichos elementos. Una vez finalizada las correcciones, pasaremos a la pestaña de resultados.

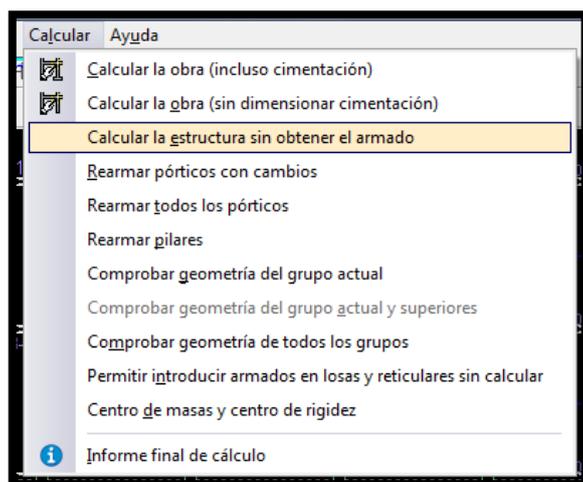


Figura 86. Menú de cálculo del programa Cypecad.

Fuente: Propia.

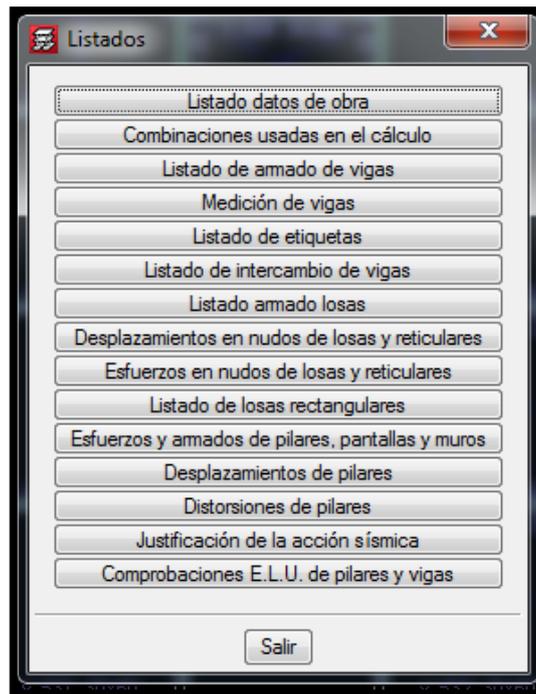
Verificación de la estructura en Cypecad

Se pasará a verificar las derivas de la estructura para ver si cumplen con los máximos desplazamientos según el RNE E.030 2018. Para ello se observará los desplazamientos de la estructura en la opción Listados – Distorsiones de pilares, extraeremos la hoja de cálculo a un formato Word y se pasa a verificar.



Figura 87. Herramienta de listado.

Fuente: Propia.



*Figura 88. Opciones de listados sobre las hojas de cálculo.
Fuente: Propia.*

Verificación de los desplazamientos máximos de la estructura.

En la parte de Distorsiones de pilares se muestra una hoja de cálculo detallada sobre las distorsiones máximas en cada uno de las columnas ya sea por situaciones persistentes o transitorias o por situaciones sísmicas, en la parte final de la hoja de cálculo se ve los máximos desplomes en dirección de X e Y por piso. El programa Cypecad ya calcula los desplazamientos por la fórmula $0.75R * \text{los resultados del análisis lineal y elásticos para estructuras regulares.}$

Distorsiones de pilares									
Vista preliminar Configuración Imprimir Buscar Compartir Exportar Cerrar									
C3-24	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0770	h / 230	----
	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0777	h / 228	----	
Notas: (1) Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									
Valores máximos									
Desplome local máximo de los pilares (δ / h)									
Planta	Situaciones persistentes o transitorias				Situaciones sísmicas ⁽¹⁾				
	Dirección X		Dirección Y		Dirección X		Dirección Y		
Piso5	----		----		1 / 295		1 / 187		
Piso4	----		----		1 / 276		1 / 186		
Piso3	----		----		1 / 276		1 / 199		
Piso2	----		----		1 / 310		1 / 244		
Piso1	----		----		1 / 421		1 / 416		
Notas: (1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.									
Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)									
Situaciones persistentes o transitorias					Situaciones sísmicas ⁽¹⁾				
Dirección X		Dirección Y			Dirección X		Dirección Y		
----		----			1 / 309		1 / 226		
Notas: (1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.									

Figura 89. Hoja de cálculo de los desplazamientos máximos.

Fuente: Propia.

Tabla 31. Cuadro de desplazamientos máximos de X e Y en cada piso de la estructura.

Planta	Desplome local máximo de los pilares (d / h)				Límite Δ_i/h_{ei}
	Situaciones sísmicas ⁽¹⁾		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾		
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y	
Piso5	1/295	1/187	0,00339	0,00535	0,007
Piso4	1/276	1/186	0,00362	0,00538	0,007
Piso3	1/276	1/199	0,00362	0,00503	0,007
Piso2	1/310	1/244	0,00323	0,00410	0,007
Piso1	1 / 421	1/416	0,00238	0,00240	0,007

Por lo visto en la tabla tanto los desplazamientos en X como en Y no sobrepasan el valor límite dado por la norma; por lo tanto, cumple con Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles.

Verificación del sistema estructural

Para verificar el porcentaje que soporta los muros con las columnas iremos a la opción de Listados – Justificación de la acción sísmica, por la que en la parte inferior de la hoja de cálculo el programa calcula ya mediante la cortante en la base de la estructura, el porcentaje absorbido por las columnas y muros estructurales.

1.6.2.- Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta
El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostamiento.
Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Piso5	20.87	79.13	26.62	73.38
Piso4	19.67	80.33	26.92	73.08
Piso3	16.02	83.98	21.31	78.69
Piso2	13.59	86.41	11.88	88.12
Piso1	14.19	85.81	7.99	92.01

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Piso5	23.77	76.23	31.66	68.34
Piso4	22.71	77.29	27.38	72.62
Piso3	21.37	78.63	20.87	79.13
Piso2	19.19	80.81	16.38	83.62
Piso1	27.46	72.54	11.43	88.57

1.6.3.- Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques
El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostamiento.

Hipótesis sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	14.19	85.81	7.99	92.01
Sismo Y1	27.46	72.54	11.43	88.57

Figura 90. Hoja de cálculo de los porcentajes de cortante sísmicos máximos resistidos por las columnas y muros.

Fuente: Propia.

Tabla 32. Cuadro de los porcentajes de columnas y muros ante la fuerza cortante.

Hipótesis sísmica	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	14.19	85.81	7.99	92.01
Sismo Y1	27.46	72.54	11.43	88.57

Tanto en el eje X e Y se define con claridad que los muros soportan un 85.81% y 92.01% para el sismo en X1 el cual son mayores que el 70% de la fuerza cortante. Al igual que en el sismo Y1. Por consiguiente, se cumple con el sistema de muros estructurales.

Análisis comparativo de ETABS y CYPECAD

Comparación del análisis estático

En el programa Etabs se verá el peso sísmico obtenido por el programa al igual que en el Cypecad, a su vez se comparará la fuerza cortante de ambos programas estructurales.

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
S_Est X	-1126,9803	0	0	0	-14686,4159	17327,3707
S_Est Y	0	-1126,9803	0	14686,4159	0	-24258,319
S_Dinm X Max	903,7967	2,929E-06	0	3,518E-06	11823,6176	13895,2428
S_Dinm Y Max	6,378E-06	858,8292	0	11525,7247	4,951E-06	18485,0374
▶ ENVOLVENTE Min	-903,7967	-858,8292	6072,3432	79559,4233	-206564,2992	-18485,0374

Figura 91. Hoja de cálculo de ETABS

Fuente: Propia.



Oficina 5 pisos

Justificación de la acción sísmica

Fecha: 04/12/19

1.5.2.- Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

V_{s,x}: Cortante sísmico en la base (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.5.2) **V_{s,x} :** 1181.8376 t

$$V_{s,x} = \text{MAX}(S_d(T_{s,x}) \cdot P; 0.125 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P)$$

S_{d,x}(T_s): Aceleración espectral horizontal de diseño (X) **S_{d,x}(T_s) :** 0.322 g

T_{s,x}: Periodo fundamental aproximado (X) **T_{s,x} :** 0.33 s

V_{s,y}: Cortante sísmico en la base (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.5.2) **V_{s,y} :** 1181.8376 t

$$V_{s,y} = \text{MAX}(S_d(T_{s,y}) \cdot P; 0.125 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P)$$

S_{d,y}(T_s): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) **S_{d,y}(T_s) :** 0.322 g

T_{s,y}: Periodo fundamental aproximado (Y) **T_{s,y} :** 0.38 s

P: Peso sísmico total de la estructura **P :** 6002.9846 t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$P = \sum_{i=1}^n p_i$$

p_i: Peso sísmico total de la planta "i"
Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

□

Planta	p _i (t)
Piso5	1090.2406
Piso4	1225.4829
Piso3	1225.4829
Piso2	1225.4829
Piso1	1236.2954
P=Σp_i	6002.9846

*Figura 92. Hoja de cálculo de Cypecad.
Fuente: Propia.*

Tabla 33. Cuadro de porcentaje de diferencia entre los programas ETABS y CYPECAD.

	Cortante de basal ETABS	Cortante de basal CYPECAD	DIFERENCIA %
CORTANTE EN X	1126,9803	1181,8376	4,8676
CORTANTE EN Y	1126,9803	1181,8376	4,8676

Comparación del análisis dinámico

Para la comparación del análisis dinámico de ETABS y CYPECAD, se verán los desplazamientos en X e Y el cual ya se ha calculado para la verificación de la estructura.

Tabla 34. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°5.

Piso	Derivas en ETABS		Derivas en CYPECAD		DIF. X %	DIF. Y %
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		
Piso5	0,00333	0,00512	0,00339	0,00535	1,797	4,445

Tabla 35. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°4.

Piso	Derivas en ETABS		Derivas en CYPECAD		DIF. X %	DIF. Y %
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		
Piso4	0,00377	0,00549	0,00362	0,00538	3,894	2,07

Tabla 36. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°3.

Piso	Derivas en ETABS		Derivas en CYPECAD		DIF. X %	DIF. Y %
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		
Piso3	0,00379	0,00532	0,00362	0,00503	4,401	5,543

Tabla 37. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°2.

Piso	Derivas en ETABS		Derivas en CYPECAD		DIF. X %	DIF. Y %
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		
Piso2	0,00338	0,00445	0,00323	0,00410	4,562	7,902

Tabla 38. Cuadro de porcentaje de diferencia en las derivas de X e Y de los programas Etabs y Cypecad del Piso N°1.

Piso	Derivas en ETABS		Derivas en CYPECAD		DIF. X %	DIF. Y %
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		
Piso1	0,00235	0,00246	0,00238	0,00240	1,076	2,283

Basándonos a las tablas, las derivas ambos programas varían en milésimas para todos los pisos, el mayor porcentaje de error entre los programas lo presentamos en la deriva Y del segundo piso con una diferencia de 7.9% y la mínima diferencia en la deriva X para el primer piso con 1.07%.

Comparación de los momentos máximos.

Para el tema de Cypecad se muestra una ventana en la que se aprecia los momentos dados por los pórticos, piso por piso. Mientras que el Etabs muestra un gráfico general de los esfuerzos.

Para un el momento dado por la carga viva en el segundo piso de un pórtico en el eje X, se tiene un valor de $-0.78 \text{ ton}\cdot\text{m}$ en Cypecad mientras que en Etabas se tiene $-0.6884 \text{ ton}\cdot\text{m}$ en el parte lateral izquierdo, mientras que en su eje central Cypecad muestra un momento de $0.951 \text{ ton}\cdot\text{m}$ con una cortante de 0.01 ton , y Etabas un momento de $0.8235 \text{ ton}\cdot\text{m}$ con una cortante de 0.1142 ton , siendo muy poco la variación de resultados.

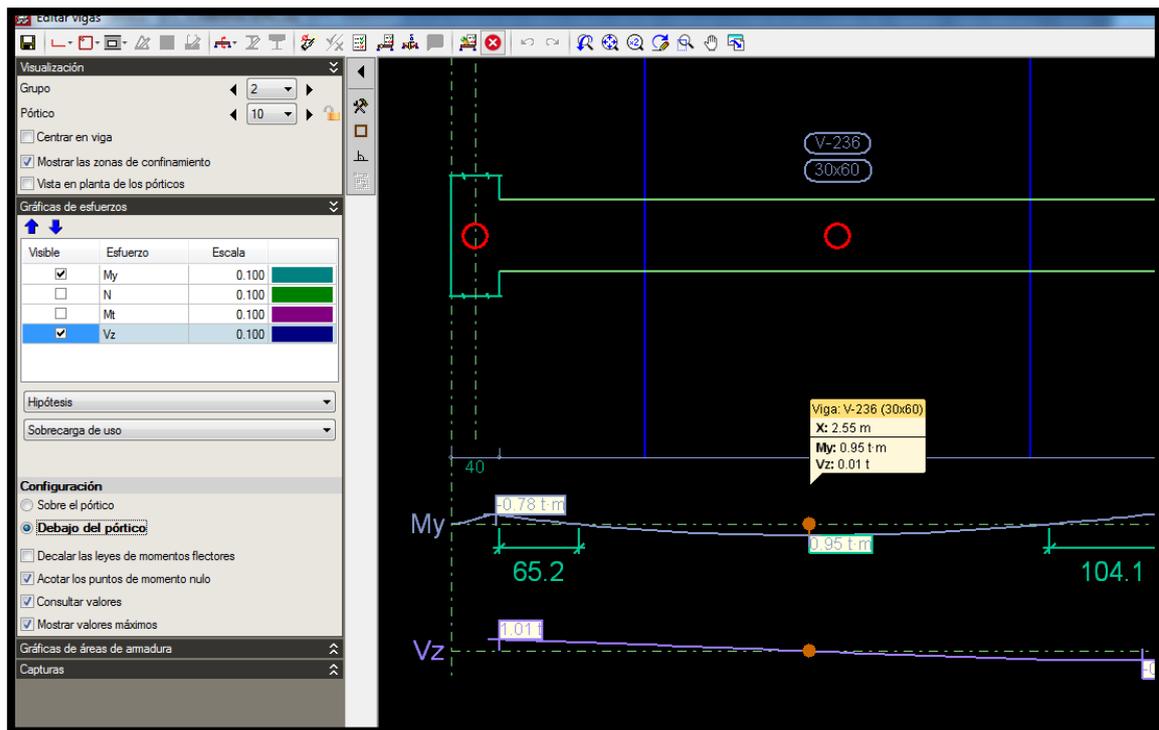


Figura 95. Momentos y esfuerzos de un pórtico en Cypecad.

Fuente: Propia

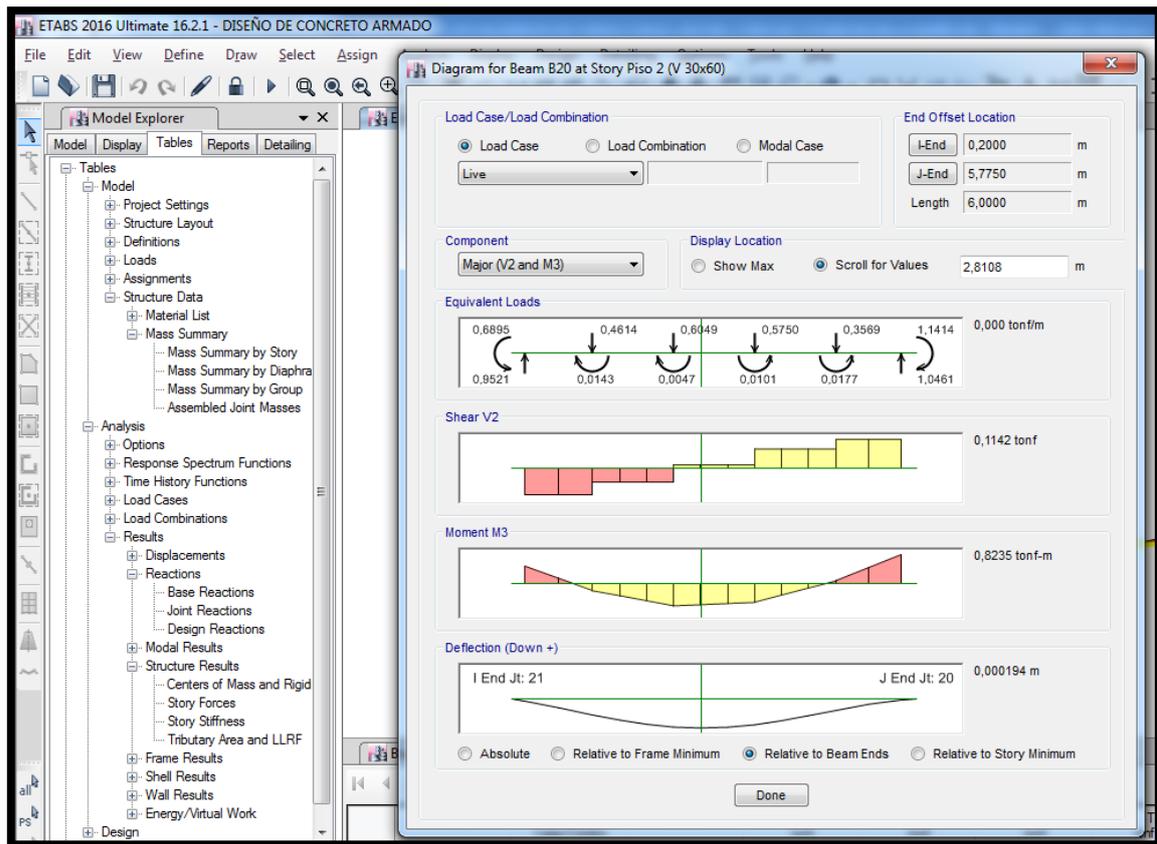


Figura 96. Momentos y esfuerzos de un pórtico en Etabs.
Fuente: Propia

Para el tema de distorsiones en la estructura, se puede verificar ya sea mediante una animación o un gráfico de la estructura siendo afectada por un análisis modal espectral dinámico.

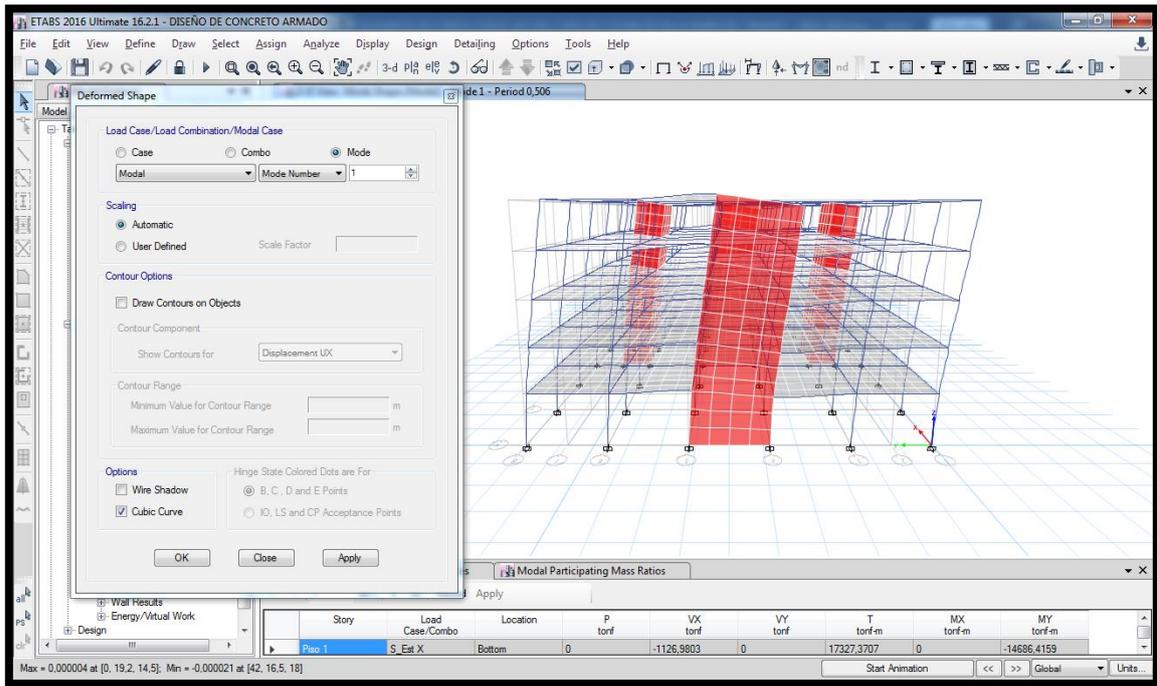


Figura 97. Desplazamientos ejercidos por el modal 1 (Y) en Etabs.
Fuente: Propia.

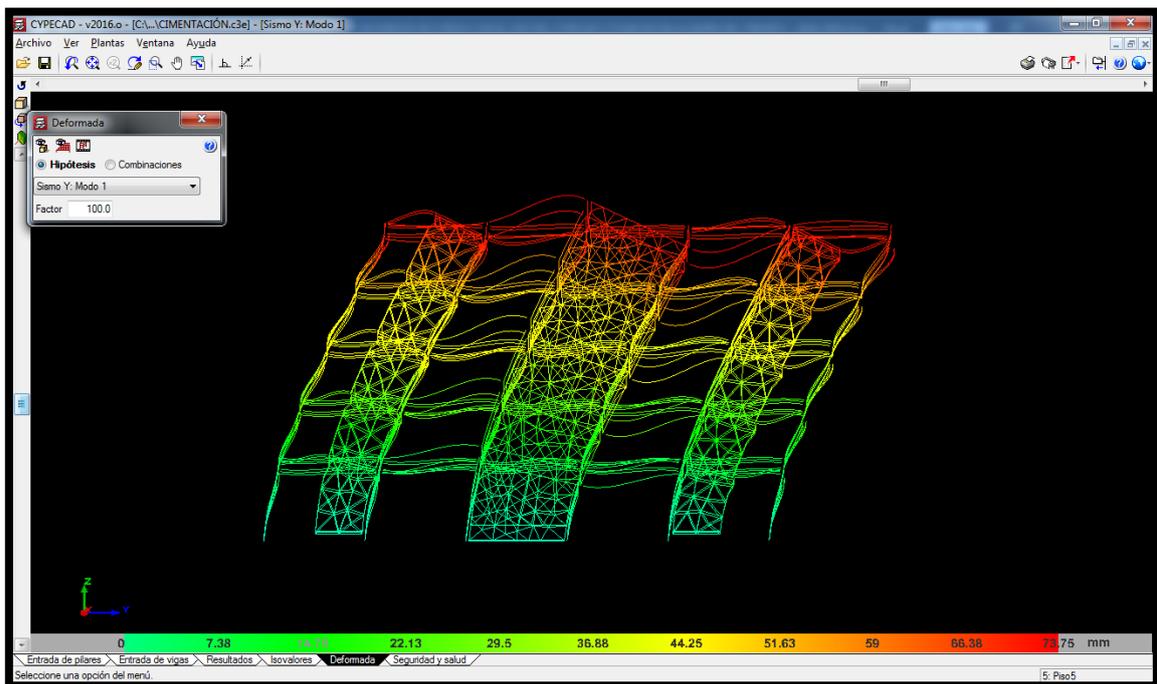


Figura 98. Desplazamientos ejercidos por el modal 1 (Y) en Cypecad.
Fuente: Propia.

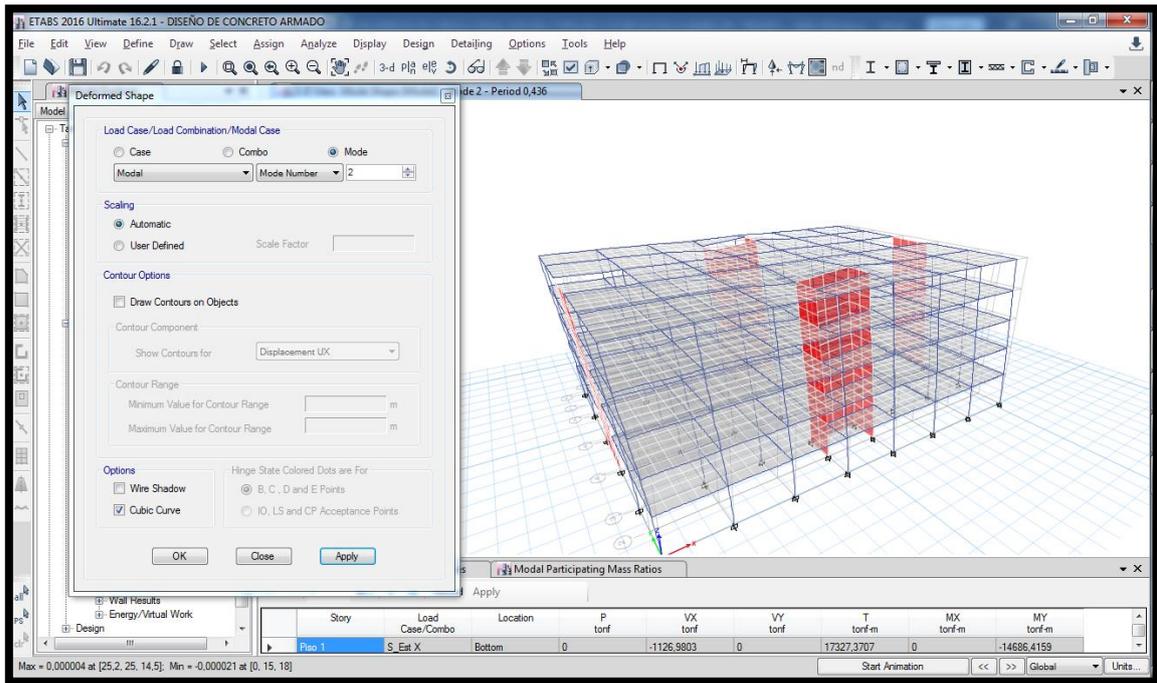


Figura 99. Desplazamientos ejercidos por el modal 2 (X) en Etabs.

Fuente: Propia.

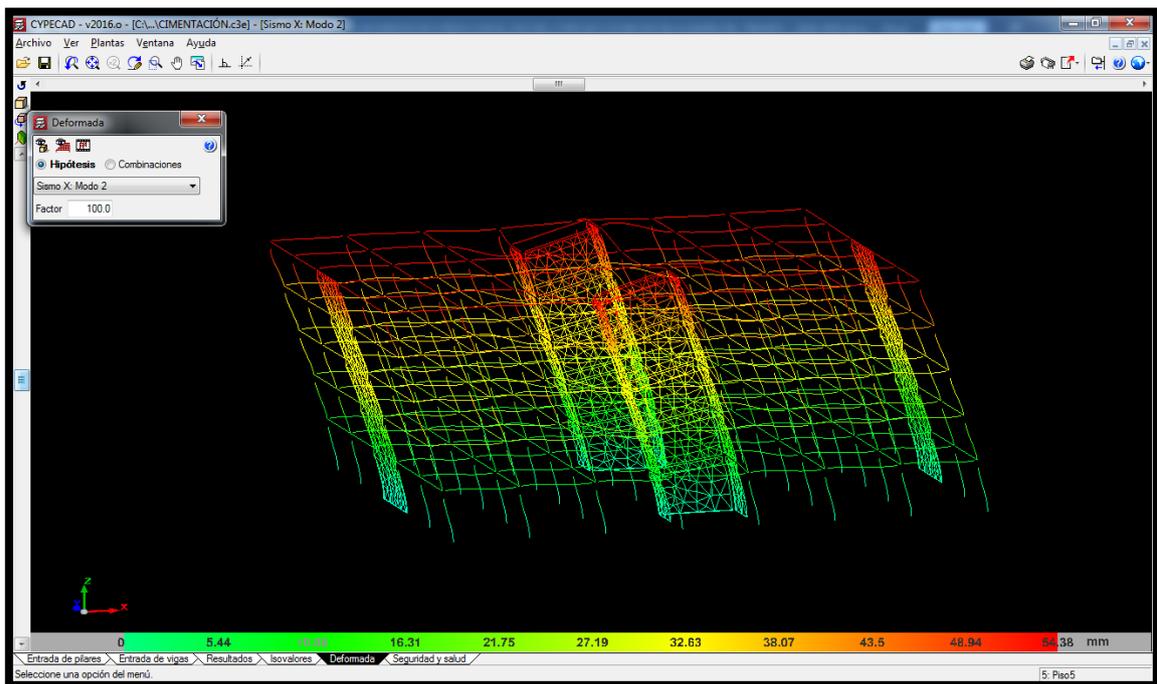


Figura 100. Desplazamientos ejercidos por el modal 2 (X) en Cypecad.

Fuente: Propia.

Normas usadas en el programa estructural Cypecad

Podemos darnos cuenta en los datos generales de la obra que trabaja con la norma de concreto armado RNE E.060 – 2009, el cual calcula la geometría de elementos estructurales. Por consiguiente, para las cargas empleadas y combinaciones de cargas usa el RNE E.020 – 2006 y para el análisis estático y dinámico utiliza el RNE E.030 2014 (decreto n°003-2016). Por otro lado, tiene un cuadro general de las normas usadas en los diversos países sudamericanos como también las normas ACI (American Concrete Institute). Acá se muestran otras normas las cuales están implementadas en el programa Cypecad.

Estructuras de hormigón	
 Argentina	<ul style="list-style-type: none">• CIRSOC 201-2005• CIRSOC 201-1982
 Bélgica	<ul style="list-style-type: none">• Eurocódigo 2 (Bélgica)
 Bolivia	<ul style="list-style-type: none">• NB 1225001• CBH 87
 Brasil	<ul style="list-style-type: none">• ABNT NBR 6118:2014• ABNT NBR 6118:2007• ABNT NBR 6118:2003• ABNT NB-1
 Bulgaria	<ul style="list-style-type: none">• Eurocódigo 2 (Bulgaria)
 Chile	<ul style="list-style-type: none">• NCh430.Of2008• ACI 318-99 (Chile)
 Colombia	<ul style="list-style-type: none">• NSR-10
 España	<ul style="list-style-type: none">• EHE-08• EHE-98• EH-91
 EU Internacional	<ul style="list-style-type: none">• Eurocódigo 2
 Francia	<ul style="list-style-type: none">• BAEL-91 (R-99)• Eurocódigo 2 (Francia)
 India	<ul style="list-style-type: none">• IS 456: 2000
 Italia	<ul style="list-style-type: none">• NTC 14/01/2008
 México D.F.	<ul style="list-style-type: none">• NTC: 2017• NTCRC:2004• NTCRC
 Perú	<ul style="list-style-type: none">• NTE E.060: 2009
 Portugal	<ul style="list-style-type: none">• Eurocódigo 2 (Portugal)• REBAP
 Rumanía	<ul style="list-style-type: none">• Eurocódigo 2 (Rumanía)
 Rusia	<ul style="list-style-type: none">• SP 63.13330.2012
 Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none">• SABS 0100
 USA - Internacional	<ul style="list-style-type: none">• ACI 318M-11• ACI 318M-08• ACI 318M-99

Figura 101. Normativa usada en el Cypecad para estructuras de hormigón.

Fuente: <http://normativa.cype.es/>

Estructuras de acero laminado y armado			
 Alemania	<ul style="list-style-type: none"> DIN 18800:2008-11 	 India	<ul style="list-style-type: none"> IS 800: 2007
 Brasil	<ul style="list-style-type: none"> ABNT NBR 8800:2008 ABNT NBR 8800:1986 	 Italia	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 3 (Italia) NTC 14/01/2008
 Bulgaria	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 3 (Bulgaria) 	 México D.F.	<ul style="list-style-type: none"> NTCRC Estruct.Metal.
 Canadá	<ul style="list-style-type: none"> CAN/CSA S16-01 	 Portugal	<ul style="list-style-type: none"> REAE Eurocódigo 3 (Portugal)
 Chile	<ul style="list-style-type: none"> NCh427 	 Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> SANS 10162-1:2011
 España	<ul style="list-style-type: none"> EAE CTE DB SE-A EA-95 (MV103) 	 USA	<ul style="list-style-type: none"> AISC ASD 89 AISC LRFD 86
 EU Internacional	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 3 	 USA - Internacional	<ul style="list-style-type: none"> ANSI/AISC 360-10 (LRFD) ANSI/AISC 360-05 (LRFD)
 Francia	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 3 (Francia) 		

Figura 102. Normas de Cypecad para estructuras de acero laminado y armado.

Fuente: <http://normativa.cype.es/>

 Chipre	<ul style="list-style-type: none"> CYS EN 1991-1-4:2005 (Eurocódigo 1 - Chipre) 	 Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> NBR
 Colombia	<ul style="list-style-type: none"> NSR-10 	 Perú	<ul style="list-style-type: none"> Norma Técnica E.020
 Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> RC80 	 Portugal	<ul style="list-style-type: none"> RSA Eurocódigo 1 (Portugal)
 Cuba	<ul style="list-style-type: none"> NC 285:2003 	 Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> BS 6399-2:1997 Eurocódigo 1 (Reino Unido)
 Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> NEC - 11 	 República Dominicana	<ul style="list-style-type: none"> Boletín nº 9/80
 España	<ul style="list-style-type: none"> CTE DB SE-AE NTE 	 Rusia	<ul style="list-style-type: none"> СНП 2.01.07-85*
 EU Internacional	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 1 	 Singapur	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 1 (Singapur)
 Francia	<ul style="list-style-type: none"> Eurocódigo 1 (Francia) NV 65:2009 	 Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> SANS 10160-3:2011
 Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> NSE2 	 Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> UNIT 50-84
 Honduras	<ul style="list-style-type: none"> CHOC-04 	 USA	<ul style="list-style-type: none"> ASCE/SEI 7-10 ASCE/SEI 7-05
		 Venezuela	<ul style="list-style-type: none"> COVENIN 2003-89

Figura 103. Normativa usada en el Cypecad para las acciones en las estructuras, viento.

Fuente: <http://normativa.cype.es/>

 Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • NSR-10 (Decreto 945 de 5 de junio de 2017) • NSR-10 • Microzonificación de Bogotá (NSR-10) • Microzonificación de Cali - 2014 (NSR-10) • Microzonificación de Cali - 2005 (NSR-10) • Microzonificación de Pereira (NSR-10) • NSR-98 	 México D.F.	<ul style="list-style-type: none"> • NTC: 2017 • NTC - 2004 • NTC - 95
 Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> • CSCR 2010 • CSCR-2002 	 Nicaragua	<ul style="list-style-type: none"> • RNC-07
 Cuba	<ul style="list-style-type: none"> • NC 46:1999 	 Panamá	<ul style="list-style-type: none"> • REP 2014 • REP-04
 Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> • NEC-SE-DS 2014 • NEC-11 • CPE INEN 5:2001 	 Perú	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016) • Norma Técnica E.030 (2003)
 El Salvador	<ul style="list-style-type: none"> • NTDS. Norma Técnica para Diseño por Sismo 	 Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • Eurocódigo 8 (Portugal) • RSA - Modal espectral
 España	<ul style="list-style-type: none"> • NCSE-02 • NCSE-94 	 Puerto Rico	<ul style="list-style-type: none"> • 2011 PRBC
 EU Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Eurocódigo 8 	 República Dominicana	<ul style="list-style-type: none"> • R-001 2011 • M-001 1979
 Francia	<ul style="list-style-type: none"> • PS 92 (version révisée 2010) • PS 92 • Eurocódigo 8 (Francia) 	 Rumanía	<ul style="list-style-type: none"> • P100-1/2013 • P100-1/2006
 Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> • NSE-10 	 Rusia	<ul style="list-style-type: none"> • СНП II-7-81*
		 Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> • SANS 10160-4:2011
		 USA - Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • ASCE 7-10 • 2009 IBC • ASCE 7-05 • 1997 UBC
		 Venezuela	<ul style="list-style-type: none"> • COVENIN 1756-1:2001

Figura 104. Normativa usada en el Cypecad para las acciones en las estructuras, sismo.

Fuente: <http://normativa.cype.es/>

V. DISCUSIÓN

Para la investigación desarrollada se dispuso del uso de dos programas estructurales para verificar la variación de resultados entre ambos, por el cual se utilizó el programa ETABS (2016) cuyo uso a nivel sudamericano fue muy usado debido a la gran variedad de herramientas de cálculo el cual brinda gran asertividad en sus resultados, también es muy usada por los ingenieros estructurales para el diseño sísmico de una edificación. Por otro lado, se encuentra el programa estructural CYPECAD (2016) el cual se propone como manera de uso para los diseños sísmicos de edificaciones debido a que tiene gran facilidad de uso y presenta una reducción de tiempo de diseño para los ingenieros estructurales. Por ende, se desarrolló el análisis estático y dinámico de la estructura mediante el uso del Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018, el cual es la última norma actualizada para el diseño sismorresistente de edificaciones.

Para el análisis estático, Jurado Amaluisa realiza un análisis estructural para el edificio “Manuela Sáenz” para verificar la norma ecuatoriana actualizada (NEC-SE-DS 2015) utilizando el programa Cypecad, por el cual, en el diseño estructural estático, para la obtención del coeficiente de basal, en los resultados de los periodos por modal, calcula la diferencia entre los periodos del programa estructural Cypecad con otro software especializado, teniendo una diferencia máxima del 29%. Por la que concluye que para los tres primeros periodos de Cypecad le da menor valor en los periodos teniendo en cuenta una diferencia máxima de 29% en el modal 3. Los resultados obtenidos por ambos programas se pueden por válidos, ya que no tienen mayor diferencia en los resultados de análisis. Para la investigación se obtienen una variación de los periodos en ambos programas de un 35%, con los periodos reales se rectifica el factor de amplificación sísmica (C). A diferencia de Jurado, se define que los datos serán válidos siempre y cuando se respete las normas empleadas para cada país. Siguiendo con el análisis estático, el factor de amplificación nos ayuda para el cálculo de los coeficientes de basal tanto en X como en Y el cual se usa en la obtención de las fuerzas cortantes. Luego se toman en cuenta la diferencia de las cortantes de ambos programas, el cual tienen una diferencia de 4.86%, por lo que su variación es mínima. Se pasa a la verificación del sistema estructural teniendo en cuenta las resistencias absorbidas tanto en las columnas como en los muros estructurales, por el cual, en ambos programas, los

muros estructurales resisten en ambos ejes, el 70% más de la fuerza cortante en la base.

Como segunda fase, para el cálculo del análisis dinámico, Román Medina, en su investigación el cual están detalladas las herramientas del programa CYPECAD y del programa SAP2000, que es uno de los programas cuyo cálculo son más exactos; utiliza una edificación de losa aligerada con un sistema estructural pórticos de concreto armado, obtiene como resultados que sus derivas varían por milésimas respetando la NEC-SE-DS 2015. (Norma Ecuatoriana de Construcción) sobre los desplazamientos máximos. Por el cual se obtiene una diferencia de resultados el cual varía en milésimas, la mayor diferencia se encuentra en la Deriva Y con una diferencia de 42.85% entre las derivas 0.007 y 0.010 que se encuentran a una altura de 9.54 m (para este caso se determinó el porcentaje de diferencia entre ambos datos). Mientras que, en los resultados de la investigación, la mayor diferencia se encuentra en la Deriva Y con una diferencia de 7.902% entre las derivas 0.00445 y 0.00410 del Piso 2. Esto se debe a la exactitud de los programas tanto del Sap2000, Etabs y Cypecad. Por otro lado, cabe resaltar que las normas empleadas por Román Medina es la NEC-SE-DS 2015 y las usadas en esta investigación es el RNE – E.030 – 2018. Debido a la mínima diferencia del cálculo en ambos programas, Román acepta la validez de los resultados de Cypecad y lo define como un programa de un gran ayuda para la disminución del tiempo en diseño con datos confiables.

También se acepta la definición de Jurado para el tema de la geometría de los elementos estructurales, el cual indica que, para el diseño de los elementos con acero de refuerzo, Cypecad trabaja con áreas de acero definitivas las cuales dependen del criterio profesional. El cual, a la investigación dada, se concreta dicha afirmación debido a que el programa Cypecad tiene un menú de cálculo muy diverso, tanto para el análisis solamente de la estructura, el análisis de la estructura y cimentación, y el análisis con acero de refuerzo, el cual emplea y verifica la cantidad de acero dado para cada predimensionamiento de las columnas.

Por último, si se habla a cerca de la gestión del tiempo de diseño, los investigadores antecesores al trabajo de investigación están de acuerdo en que el programa Cypecad es uno software estructural con buena gestión de tiempo y facilidad de

uso. Saavedra (2017) indica en sus conclusiones que Cypecad disminuye en la gestión del tiempo en el diseño de un edificio de cinco niveles, Vilema (2014) indica que con el programa Cypecad agilizó varios procesos de cálculo obteniendo datos confiables y aceptables, demostrando comodidad y garantía en el cálculo y Jurado (2016) indica que la estructura con Cypecad es extremadamente superior al tiempo de ejecución proporcionado por otro software especializado ya que toma en cuenta las consideraciones tomadas por las normas.

VI. CONCLUSIONES

- I. En la presente investigación, para el ingreso del espectro respuesta en Cypecad, trabaja con el espectro elástico en cambio el programa Etabs trabaja con un espectro inelástico siendo necesario multiplicar la carga espectral por la aceleración de la gravedad (9.81m/s^2). Por el cual, para el diseño de Cypecad se introdujo el espectro respuesta inelástico calculado.
- II. Por consiguiente, en el análisis estático de los programas estructurales, tienen como resultados una fuerza cortante para X e Y, de 1126.98 Ton (Etabs) y 1181.84 Ton (Cypecad). Demostrando la validez de sus resultados debido a la proximidad de los datos el cual fue calculado por el coeficiente de basal y el peso de la estructura, con un porcentaje de diferencia del 4.87%. Por el cual si es efectivo el análisis estático en Cypecad.
- III. Otra de las conclusiones es que, en la participación de resistencia de la fuerza cortante sobre la base, en ambos programas, tienen una regular diferencia. El porcentaje en Etabs para un sismo en X es de 9.22% en columnas y 90.78% en muros estructurales; para un sismo en Y es de 0.55% en columnas y 99.45% en muros. Para el caso de Cypecad se tiene una resistencia para un sismo en X de 7.99% en columnas y 92.01% en muros; para un sismo en Y de 11.43% en columnas y 88.57% en muros. La diferencia de ellos es notable debido a que los resultados de los programas varían por la manera de cálculo que tiene. Sin embargo, ambos porcentajes de resistencia en los muros estructurales de Etabs y Cypecad sobrepasan el 70%, el cual se toman como datos confiables debido a que ambos cumplen con el sistema estructural indicado.
- IV. Para las derivas de piso analizadas por el análisis dinámico modal espectral en ambos programas, se obtuvieron datos muy similares, variando en solo milésimas y cumpliendo el límite máximo para concreto armado de 0.007, con una diferencia máxima en sus derivas de 7.09%. Gracias a la similitud de datos se afirma que Cypecad es viable para el análisis dinámico.
- V. De los resultados de los esfuerzos cortantes y momentos de los valores obtenidos por ambos programas, se tiene que Cypecad es ligeramente

mayor el cual produce que para el cálculo de refuerzo se incrementen las secciones de los elementos estructurales.

- VI. La gran diferencia entre Etabs y Cypecad se basa en la hoja de cálculo que te da cada programa. En el caso de Cypecad, su hoja de cálculo es tan detallado que para el cálculo del análisis estático te muestra los datos generales tomados para el coeficiente de basal, el gráfico del espectro usado para el análisis dinámico y las verificaciones que se debe tomar en cuenta en base al reglamento definido. En cambio, el Etabs no tiene esa modalidad, por lo que uno debe interpretar los resultados dados por el programa y exportarlo a una hoja de Excel para la creación de la hoja de cálculo; el cual, si no tienes conocimientos acerca del análisis estructural, no podrás interpretar dichos datos.
- VII. Por otro lado, Cypecad tiene la opción de edición muy amplia una vez calculado los resultados, debido a que en el diseño del acero de refuerzo, te muestra una ventana en el cual uno puede disminuir o aumentar las dimensiones tanto de los elementos estructurales como para el armado de las estructuras, el cuál por criterio del diseñador puede modificar para disminuir los recursos, dándote a conocer también las fallas, las verificaciones y todas las fórmulas que se utilizan para el cumplimiento de diseño de estructuras. También considera el uso de cuantía mínima el cual Etabs no realiza debido a que no toma un margen de espesores de acero.
- VIII. Por último, se concluye que en caso que se requiera un análisis más detallado donde las no lineales son muy esenciales o se debe tener en cuenta el proceso constructivo de estructuras muy esenciales, se requiere un modelamiento estructural mediante Etabs; sin embargo, si es un proyecto no muy complejo y sobre todo que se prime la optimización en el tiempo, se requiere el modelamiento estructural mediante Cypecad.

VII. RECOMENDACIONES

- I. Los resultados del proyecto tuvieron un análisis estático y dinámico el cual se tomaron datos correspondientes únicamente a la edificación planteada, para ampliar la investigación sería conveniente evaluar los programas mediante otro tipo de edificaciones como losas aligeradas, uso de tabiquería considerando la densidad de los muros u otros sistemas estructurales para validar en su totalidad el programa Cypecad.
- II. El programa Cypecad 2016 el cual fue utilizada en la investigación, tiene un uso de la norma de diseño sismorresistente E.030 – 2014, sería de gran utilidad que para futuras actualizaciones del programa se incorpore la norma E.030 – 2018 ya que en las últimas versiones del Cypecad 2019 aún se trabaja con la norma E.030 – 2016.
- III. Para futuras investigaciones se recomienda como fuente la tesis de Román Medina, el cual tiene una comparación muy detallada acerca del uso del Cypecad, por el cual brinda con buena información y temas a discutir para un buen uso del programa estructural, tomando siempre en cuenta las normas dadas a cada país.
- IV. Como deber de profesional, es necesario familiarizarse con la interpretación de los resultados que nos brindan los programas, el cual nos ayuda para la elaboración de tablas de cálculo, facilitando el proceso y comprobación de resultados. Por ende, para el uso del Cypecad se debe tener conocimientos básicos acerca del diseño estructural para tener certeza de una buena realización de diseño. Para el caso de Etabs, debes tener un buen criterio y conocimientos sobre el análisis estático y dinámico, debido a que es un programa más complejo para el diseño estructural.
- V. Por último, se recomienda el uso del programa Cypecad para realizar proyectos no muy complejos, ya que se aprovecha las memorias de cálculo brindada por el programa como a su vez los planos y los detalles de las estructuras, como sus especificaciones técnicas. Optimizando sobre todo el tiempo de diseño.

REFERENCIAS

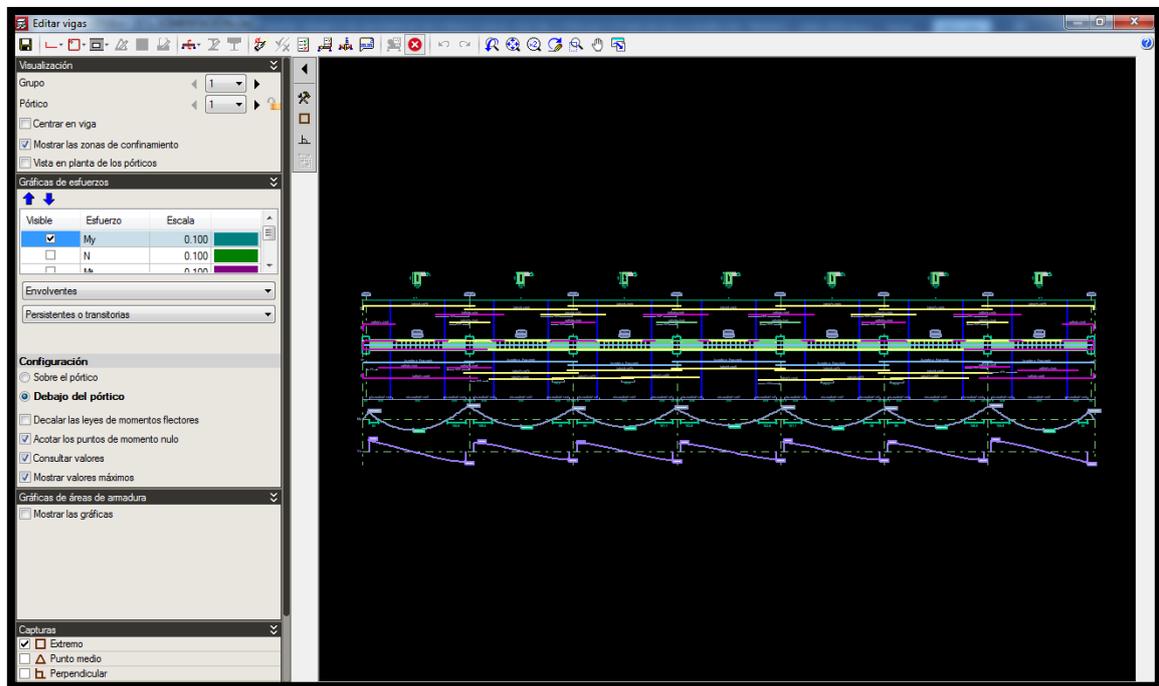
- CYPE Ingenieros. (2019). Página oficial de CYPE Ingenieros. Obtenido de http://normativa.cype.es/#programas_normas_licencia.
- CYPE Ingenieros, S.A. (2019). *CYPECAD Memoria de Cálculo*. Alicante, España. Obtenido de www.cype.com
- Guerra, M. (2010). Manual Para el Diseño Sismorresistente de Edificios. Utilizando el Programa ETABS. Quito - Ecuador: Universidad Católica del Ecuador.
- Ingenieros CYPE. (2015). Cálculos de estructura de hormigón. *Manual CYPECAD*. 2-280.
- Jurado, L.A. (2016). Comparación entre la norma ecuatoriana de la construcción 2011 y la norma ecuatoriana de la construcción 2015 aplicadas al análisis estructural del edificio “Manuela Sáenz” mediante el uso del programa CYPECAD. *Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil*. 1-202.
- Nilson, A. (2000). Diseño de Estructuras de Concreto 12va Edición. México: *McGraw Hill*. 1-458.
- Nilson, A. Darwin, D. Yamin, L. E. (2001). Diseño de estructuras de concreto. *McGraw-Will Interamericana, S.A.* Colombia. 4-738.
- Marte, C. J. (2014). Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal. *Departamento de Ingeniería de la Construcción*. 1-154.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Diseño sismorresistente. *Norma técnica E.030*. Lima: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Concreto Armado. *Norma técnica E.060*. Lima: Sencico.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Cargas. *Norma técnica E.020*. Lima: Sencico.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Estructuras Metálicas. *Norma técnica E.090*. Lima: Sencico.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Suelos y Cimentación. *Norma técnica E.050*. Lima: Sencico.
- Rivas, C. (2017). Utilización del software Cypecad en el diseño sismo resistente de un edificio de cinco pisos utilizando como material el hormigón armado. *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)*. 1-7.
- Vilema, C.D. (2014). Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmica (r) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con CYPECAD para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes ubicado en el barrio el dorado, ciudad de puyo, provincia de Pastaza. *Trabajo estructurado de manera independiente*. 2-284.
- Torres, I. (2015). Análisis y Diseño de Estructuras con SAP2000 v.15. Lima - Perú: MACRO.

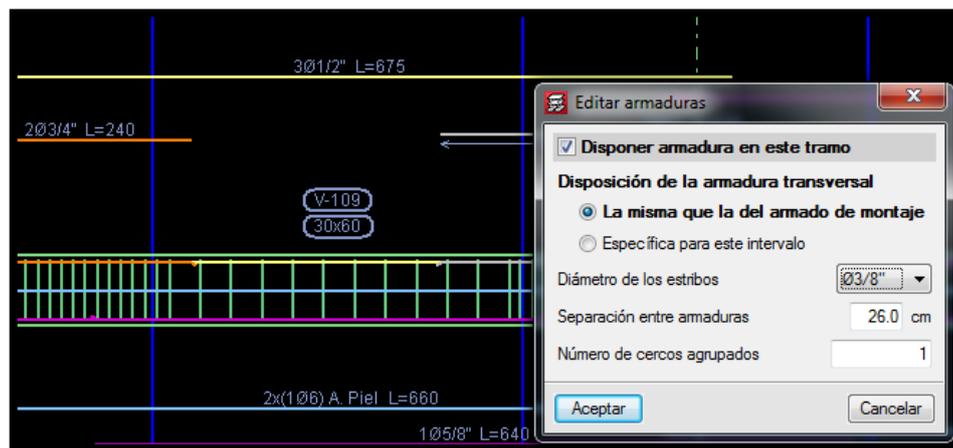
ANEXOS

Más opciones de Cypecad.

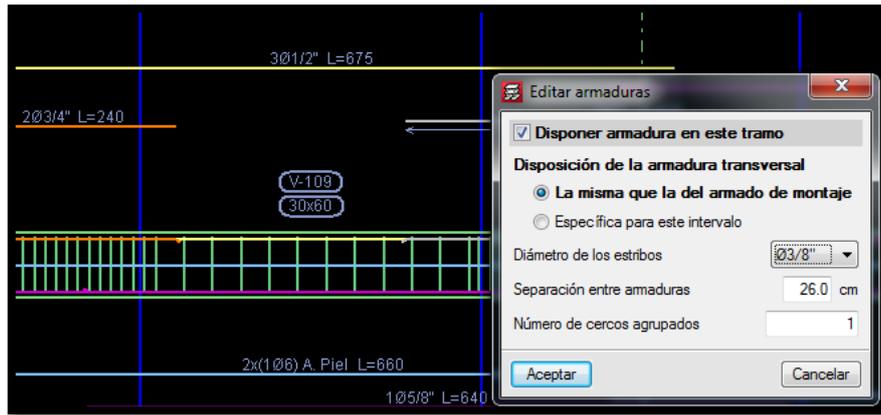
EDICIÓN DE ACERO DE REFUERZO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES



EDICIÓN DEL ACERO TRANSVERSAL EN VIGAS, TANTO EL TAMAÑO COMO LA SEPARACIÓN



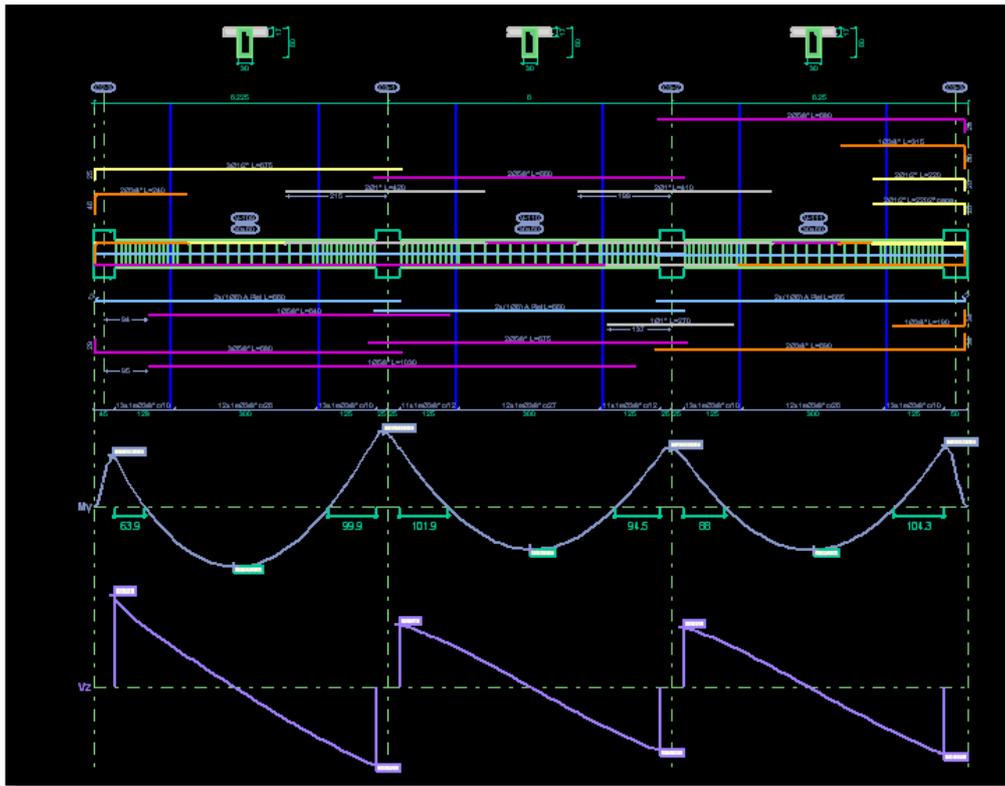
CUADRO DE GRAFICAS PARA VIGAS TANTO MOMENTOS COMO LA SEPARACIÓN



CUADRO DE GRAFICAS PARA VIGAS TANTO MOMENTOS COMO FUERZAS



VENTANA DE VISUALIZACIÓN DE LOS GRAFICOS EN LAS VIGAS



CUADRO DE HOJA DE CÁLCULO PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS VIGAS

Comprobaciones E.L.U.I. y E.L.S. (Viga)

Estado	Tipo	Zona	Comprobación
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060.2009, Artículos 7.6 y 7.10)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Armadura mínima y máxima (NTE E.060.2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060.2009, Artículo 11)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (NTE E.060.2009, Artículo 11)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060.2009, Artículo 10)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (NTE E.060.2009, Artículo 10)
✓ Cumple	Resistencia	C2-3 - 1.150 m, Negativos	Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua. (NTE E.060.2009, Artículo 11.6.3.1)

Se cumplen todas las comprobaciones.

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060.2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Vista preliminar Configuración Imprimir Buscar Compartir Exportar

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060.2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $s_{1,min}$ (Artículo 7.6.1):

$$s_1 \geq s_{1,min}$$

Donde:

$s_{1,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_1 = d_b$

$s_2 = 25 \text{ mm}$

$s_3 = 1.33 \cdot d_w$

Siendo: d_b : Diámetro de la barra más gruesa.

31 mm \geq 25 mm ✓

$s_{1,min}$: 25 mm

s_1 : 19 mm

s_2 : 25 mm

s_3 : 20 mm

d_b : 19.1 mm

Aceptar



Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}} \leq 1$$

$$\eta: \underline{0.351} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{u,y}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{u,y}: \underline{14.014} \text{ t}$$

$\phi \cdot V_{n,y}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$$\phi \cdot V_{n,y}: \underline{39.903} \text{ t}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '0.013 m', para la combinación de hipótesis "1.25·PP+1.25·CM+1.25·Qa+SX".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n: \underline{46.945} \text{ t}$$

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no ~~preesforzados~~ sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

$$V_c = \left(0.16 \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c: \underline{14.470} \text{ t}$$

([MPa] f_c)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

$$V_c \leq \sqrt{0.29 \cdot N_u}$$

$$V_c: \underline{21.826} \text{ t}$$

([MPa] N_u/A_s y f_c)

Donde:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{210.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sqrt{f_c} > 8.3 \text{ MPa}$$



$$\rho_w : \underline{0.006}$$

Siendo:

A_s : Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

$$A_s : \underline{9.50} \text{ cm}^2$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{300} \text{ mm}$$

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{542} \text{ mm}$$

$$M_m = M_0 - N_u \cdot \frac{(4h-d)}{8}$$

$$M_m : \underline{5.152} \text{ t.m}$$

Donde:

M_u: Momento amplificado en la sección.

$$M_u : \underline{-5.152} \text{ t.m}$$

N_u: Carga axial amplificada normal a la sección transversal.

$$N_u : \underline{0.000} \text{ t}$$

h: Altura de un elemento.

$$h : \underline{600.00} \text{ mm}$$

A_g: Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{1800.00} \text{ cm}^2$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s =$$

$$V_s : \underline{32.475} \text{ t}$$

En ningún caso se debe considerar V_s mayor que (Artículo 11.5.7.9):

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s : \underline{50.174} \text{ t}$$

([MPa] f_c)

Donde:

A_{vt}: Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento s.

$$A_{vt} : \underline{1.43} \text{ cm}^2$$

f_{vt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{vt} : \underline{4200.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vt} \geq 420 \text{ MPa}$$

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{542} \text{ mm}$$

s: Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$$s : \underline{100} \text{ mm}$$

f_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{210.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{\quad 300 \quad} \text{ mm}$$

Separación de las armaduras transversales

Cortante en la dirección Y:

El espaciamiento del refuerzo de cortante colocado perpendicularmente al eje del elemento no debe exceder s_{max} (Artículo 11.5.5):

$$s \leq s_{max}$$

$$100 \text{ mm} \leq 275 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

s_{max} : Valor mínimo de s_1 , s_2 .

$$s_{max} : \underline{\quad 275 \quad} \text{ mm}$$

$$s_1 = d/2$$

$$s_1 : \underline{\quad 275 \quad} \text{ mm}$$

$$s_2 = 600 \text{ mm}$$

$$s_2 : \underline{\quad 600 \quad} \text{ mm}$$

Siendo:

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$$d : \underline{\quad 543 \quad} \text{ mm}$$

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

Cortante en la dirección Y:

Debe colocarse un área mínima de refuerzo para cortante, $A_{v,min}$ en todo elemento de concreto armado sometido a flexión (preesforzado y no preesforzado) (Artículo 11.5.6):

$$A_v \geq A_{v,min}$$

$$1.43 \text{ cm}^2 \geq 0.25 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

$$A_{v,min} : \underline{\quad 0.20 \quad} \text{ cm}^2$$

([MPa] f_c y f_{yt})

Pero no debe ser menor que:

$$A_{v,min} = (0.35 \cdot b_w \cdot s) / f_{vt}$$

$$A_{v,min} : \underline{0.25} \text{ cm}^2$$

([MPa] f_{vt})

Siendo:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{210.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sqrt{f_c} \geq 8.3 \text{ MPa}$$

b_w : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$$b_w : \underline{300} \text{ mm}$$

s : Espaciamiento medido centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$$s : \underline{100} \text{ mm}$$

f_{vt} : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_{vt} : \underline{4200.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vt} \geq 420 \text{ MPa}$$

□

Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión positiva alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal, A_s , no debe ser menor que $A_{s,min}$. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq \frac{4}{3} A_{s,min}$$

$$5.97 \text{ cm}^2 \geq 2.41 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$A_{s,req}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.

$$A_{s,req} : \underline{1.81} \text{ cm}^2$$

Flexión negativa alrededor del eje X:

La cuantía de refuerzo longitudinal (A_s) no debe ser menor que $A_{s,min}$ (Artículos 10.5.2 y 10.5.3):

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$9.37 \text{ cm}^2 \geq 3.96 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$$A_{s,min} = \frac{0.0025 \cdot \gamma_c}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

$$A_{s,min} : \quad 3.96 \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

$f_{c'}$: Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_{c'} : \quad 210.00 \quad \text{kp/cm}^2$$

f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

$$f_y : \quad 4200.00 \quad \text{kp/cm}^2$$

b_w : Ancho del alma.

$$b_w : \quad 300 \quad \text{mm}$$

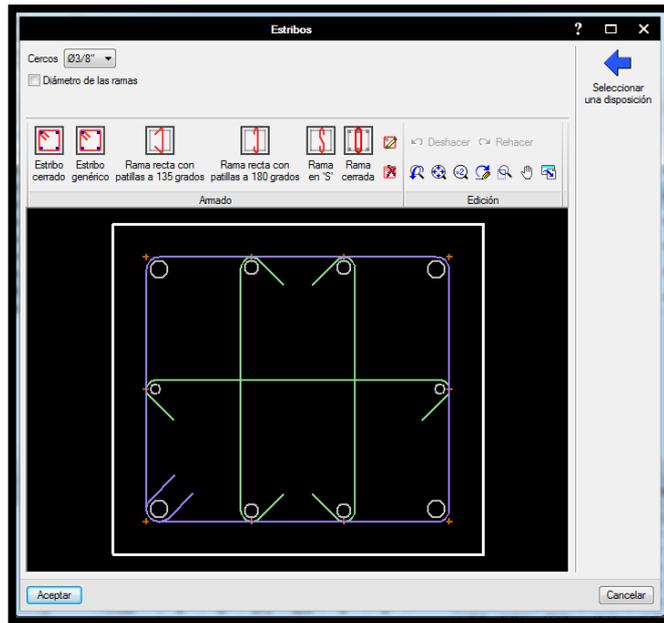
d : Canto útil de la sección.

$$d : \quad 544 \quad \text{mm}$$

CUADRO DE CORRECCIÓN EN COLUMNAS, TANTO DIMENSION COMO HACER DE REFUERZO

Edición del armado		Dimensión		Armado longitudinal						Armado transversal		As/Ac (%)					
		X (cm)	Y (cm)	Esquinas		Cara X		Cara Y		Cercos	Separación						
Piso5	18 m	50	45	4	Ø3/4"	2	Ø3/4"	2	Ø3/4"	Ø3/8"	18	1	✓				
Piso4	14.5 m	50	45	4	Ø1"	4	Ø3/4"	2	Ø5/8"	Ø3/8"	15	1.6	✓				
Piso3	11 m	50	45	4	Ø1"	4	Ø3/4"	2	Ø5/8"	Ø3/8"	15	1.6	✓				
Piso2	7.5 m	50	45	4	Ø1"	6	Ø5/8"	2	Ø5/8"	Ø3/8"	15	1.6	✓				
Piso1	4 m	50	45	4	Ø1"	8	Ø5/8"	2	Ø5/8"	Ø3/8"	15	1.8	✓				
Cimentación	0 m																
Resumen de las comprobaciones																	
C3-7	11.5 m	✓	✓	67.2	62.4	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	49.67	13.20	-5.65	3.83	8.82	12.84	-5.65	✗
								1.25 P...	N.M S.	65.64	14.11	-6.45	4.38	9.34	13.61	-6.45	✗
	Pie	✓	✓	66.0	61.7	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	51.14	-13.10	5.47	3.83	8.82	-12.74	5.47	✗
								1.25 P...	N.M S.	67.68	-14.01	6.25	4.38	9.34	-13.49	6.25	✗
C3-8	Cabeza	✓	✓	41.1	45.2	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	51.03	-10.70	0.17	-0.12	-7.17	-10.40	0.17	✗
								1.25 P...	N.M S.	88.57	-11.06	0.25	-0.17	-7.26	-10.53	0.25	✗
	13.4 m	✓	✓	37.0	45.6	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	52.50	10.69	-0.17	-0.12	-7.17	10.39	-0.17	✗
								1.25 P...	N.M S.	90.61	11.07	-0.25	-0.17	-7.26	10.52	-0.25	✗
C3-11	11.5 m	✓	✓	37.0	45.6	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	52.50	10.69	-0.17	-0.12	-7.17	10.39	-0.17	✗
								1.25 P...	N.M S.	90.61	11.07	-0.25	-0.17	-7.26	10.52	-0.25	✗
	Cabeza	✓	✓	41.1	45.2	✓	✓	0.9 PP...	Q S.	51.03	-10.70	-0.18	0.12	-7.17	-10.40	-0.18	✗
								1.25 P...	N.M S.	88.57	-11.06	-0.25	0.18	-7.26	-10.53	-0.25	✗

CUADRO DE EDICIÓN DE ESTRIBOS PARA COLUMNAS



HOJA DE CALCULO PARA LA VERIFICACIÓN DE COLUMNAS

Estado	Comprobación
✓ Cumple	Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)
✓ Cumple	Armadura mínima y máxima (NTE E.060:2009, Artículo 10.9.1)
✓ Cumple	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)
✓ Cumple	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 11)
✓ Cumple	Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)
✓ Cumple	Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (NTE E.060:2009, Artículo 10)
✓ Cumple	Criterios de diseño por sismo (NTE E.060:2009, Artículo 21)

Se cumplen todas las comprobaciones.

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Vista preliminar Configuración Imprimir Buscar Compartir Exportar

Disposiciones relativas a las armaduras (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

En elementos a compresión reforzados transversalmente con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $s_{1,min}$ (Artículo 7.6.3):

$$s_1 \geq s_{1,min}$$

Donde:

$s_{1,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$s_1 = 1.5 \cdot d_c$

$s_2 = 40 \text{ mm}$

$s_3 = 1.33 \cdot d_c$

Siendo: d_c : Diámetro de la barra más gruesa

98 mm \geq 40 mm ✓

$s_{1,min}$: 40 mm

s_1 : 24 mm

s_2 : 40 mm

s_3 : 20 mm

Aceptar

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)
(NTE E.060:2009, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie',
para la combinación de hipótesis "1.4·PP+1.4·CM+1.7·Qa".

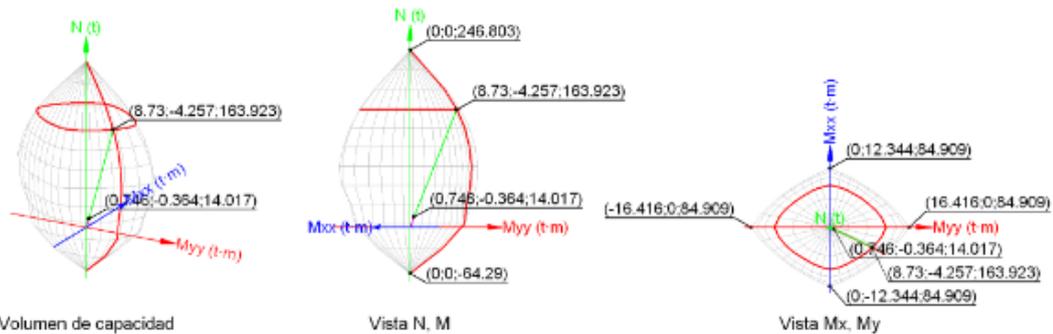
Se debe satisfacer:

$$\eta = \sqrt{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{hx})^2 + (\phi \cdot M_{hy})^2} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{cx}^2 + M_{cy}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{nx})^2 + (\phi \cdot M_{ny})^2}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.086} \quad \checkmark$$

$$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$$

$$14.017 \text{ t} \leq 195.740 \text{ t} \quad \checkmark$$



Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$\phi \cdot P_n, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$P_u : 14.017 \text{ t}$$

$$M_{ux} : -0.084 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{uy} : 0.738 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot P_n : 179.326 \text{ t}$$

$$\phi \cdot M_{nx} : -1.069 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{ny} : 9.446 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Comprobación del estado límite de inestabilidad (η_2)

P_u, M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u : Axil solicitante de cálculo pésimo.

$$P_u : \underline{14.017} \text{ t}$$

M_c : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{c,x} : \underline{-0.364} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,y} : \underline{0.746} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$\phi \cdot P_u, \phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_u$: Axil de agotamiento.

$$\phi \cdot P_u : \underline{163.923} \text{ t}$$

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$\phi \cdot M_{n,x} : \underline{-4.257} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\phi \cdot M_{n,y} : \underline{8.730} \text{ t}\cdot\text{m}$$

En el eje x:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 10.12.2):

$$\frac{l_u}{r}$$

$$28.7 > 22.0$$

Donde:

l_u : Longitud efectiva.

$$l_u : \underline{2.900} \text{ m}$$

r : Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión.

$$r : \underline{10.10} \text{ cm}$$

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial amplificada P_c y el momento amplificado M_u , magnificado por los efectos de curvatura (efectos de segundo orden) del elemento, M_c (Artículo 10.12.3):

$$P_u = P_u$$

$$P_u : \underline{14.017} \text{ t}$$

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$$

$$M_c : \underline{-0.364} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$M_2 = M_u \geq M_{2,min}$$

$$M_2 : \underline{-0.357} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$$M_{2,min} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h) \quad M_{2,min} : \underline{0.357} \text{ t.m}$$

h: Altura de un elemento.

$$h : \underline{350.00} \text{ mm}$$

$$\delta_{ms} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$

$$\delta_{ms} : \underline{1.018}$$

Siendo:

$$P_c = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot A_g}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$P_c : \underline{1036.305} \text{ t}$$

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto.

$$E_c : \underline{219689.00} \text{ kp/cm}^2$$

I_g: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo.

$$I_g : \underline{160781.25} \text{ cm}^4$$

kl_u: Longitud efectiva.

$$kl_u : \underline{2.900} \text{ m}$$

En el eje y:

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 10.12.2):

$$k \cdot l_u > 22$$

$$22.3 > 22.0$$

Donde:

kl_u: Longitud efectiva.

$$kl_u : \underline{2.900} \text{ m}$$

r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión.

$$r : \underline{12.99} \text{ cm}$$

Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial amplificada P_c y el momento amplificado M_u , magnificado por los efectos de curvatura (efectos de segundo orden) del elemento, M_c (Artículo 10.12.3):

$$P_u = P_u$$

$$P_u : \underline{14.017} \text{ t}$$

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$$

$$M_c : \underline{0.746 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

$$M_2 = M_u \geq M_{2,\min}$$

$$M_2 : \underline{0.738 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Siendo:

$$M_{2,\min} = P_u \cdot (0.015 + 0.03 \cdot h)$$

$$M_{2,\min} : \underline{0.399 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

h: Altura de un elemento.

$$h : \underline{450.00 \text{ mm}}$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0.75 \cdot P_c}} \geq 1$$

$$\delta_{ns} : \underline{1.011}$$

Siendo:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 0.25 \cdot E_c \cdot I_g}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$P_c : \underline{1713.075 \text{ t}}$$

Donde:

E_c: M3dulo de elasticidad del concreto.

$$E_c : \underline{219689.00 \text{ kp/cm}^2}$$

I_g: Momento de inercia de la secci3n bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo.

$$I_g : \underline{265781.25 \text{ cm}^4}$$

kl_u: Longitud efectiva.

$$kl_u : \underline{2.900 \text{ m}}$$

Comprobación de resistencia axial de diseño

La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe exceder de $\phi \cdot P_{n,max}$ (Artículo 10.3.6).

$$\phi \cdot P_{n,max} = 0.80 \cdot \phi \cdot [0.85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}] \quad \phi \cdot P_{n,max} : \underline{195.740 \text{ t}}$$

Siendo:

f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$$f_c : \underline{210.00 \text{ kp/cm}^2}$$

f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal.

$$f_y : \underline{4200.00 \text{ kp/cm}^2}$$

A_g : Área total de la sección de hormigón.

$$A_g : \underline{1575.00 \text{ cm}^2}$$

A_{st} : Área total de refuerzo longitudinal no presforzado.

$$A_{st} : \underline{17.01 \text{ cm}^2}$$

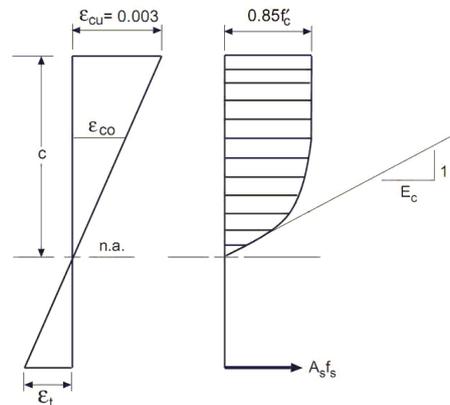
Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

- El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

- (b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.
- (c) La máxima deformación unitaria utilizable del concreto, ϵ_{cu} , en la fibra extrema sometida a compresión, se asumirá igual a 0.003.
- (d) El esfuerzo en el refuerzo deberá tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias en el refuerzo mayores que las correspondientes a f_{wr} el esfuerzo se considerará independiente de la deformación unitaria e igual a f_{wr} .
- (e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.
- (f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que permita una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos de laboratorio representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

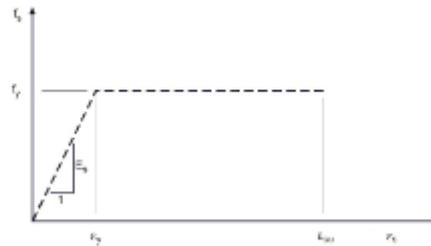


f_c : Resistencia especificada a la compresión del concreto. $f_c : 210.00 \text{ kp/cm}^2$

ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. $\epsilon_{cu} : 0.0030$

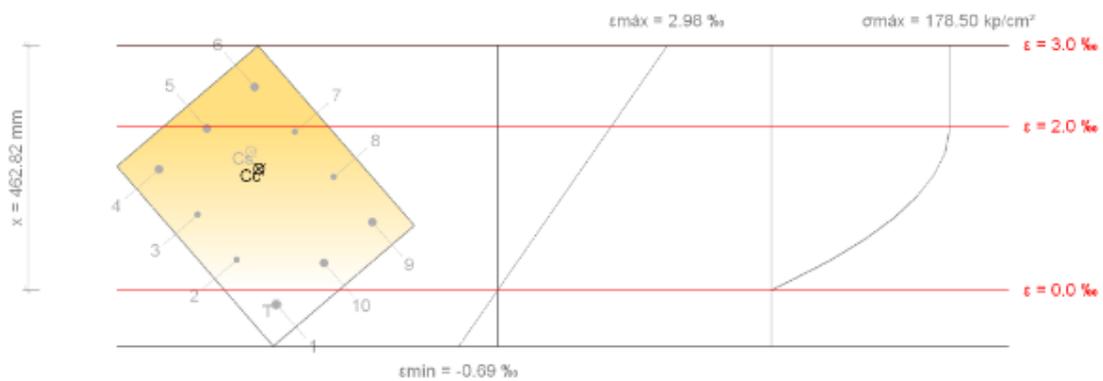
ϵ_{co} : Deformación unitaria bajo carga máxima. $\epsilon_{co} : 0.0020$

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



f_y : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. $f_y : 4200.00 \text{ kp/cm}^2$

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm ²)	ϵ
1	Ø5/8"	-169.06	119.06	-363.26	-0.000178
2	Ø1/2"	-56.35	120.65	+744.99	+0.000365

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_c (kg/cm ²)	ϵ
3	Ø1/2"	56.35	120.65	+1866.88	+0.000916
4	Ø5/8"	169.06	119.06	+3002.42	+0.001472
5	Ø5/8"	169.06	0.00	+4025.65	+0.001974
6	Ø5/8"	169.06	-119.06	+4200.00	+0.002476
7	Ø1/2"	56.35	-120.65	+3940.64	+0.001933
8	Ø1/2"	-56.35	-120.65	+2818.74	+0.001382
9	Ø5/8"	-169.06	-119.06	+1683.21	+0.000826
10	Ø5/8"	-169.06	0.00	+659.97	+0.000324

	Resultante (t)	$e_{cc,x}$ (mm)	$e_{cc,y}$ (mm)
C_c	196.018	46.93	-23.87
C_s	38.880	81.00	-33.86
T	0.723	-169.06	119.06

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n : \underline{234.175 \text{ t}}$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{t,y}$$

$$M_{n,x} : \underline{-6.081 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{t,x}$$

$$M_{n,y} : \underline{12.471 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

C_c : Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{196.018 \text{ t}}$$

C_s : Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{38.880 \text{ t}}$$

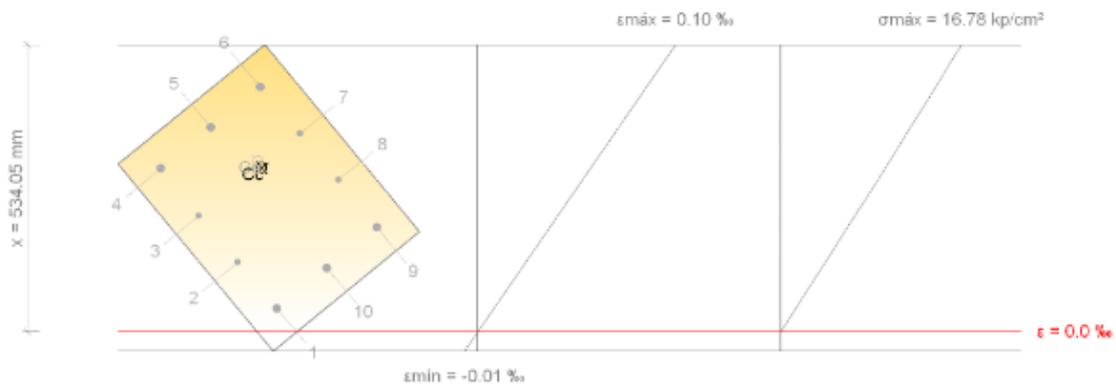
T: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{0.723 \text{ t}}$$

$$e_{cc,x} : \underline{46.93 \text{ mm}}$$

ϵ_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$\epsilon_{cc,x}$: -23.87 mm
ϵ_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$\epsilon_{cc,x}$: 81.00 mm
ϵ_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$\epsilon_{cc,y}$: -33.86 mm
ϵ_{st} : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$\epsilon_{st,x}$: -169.06 mm
ϵ_{st} : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$\epsilon_{st,y}$: 119.06 mm
ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ϵ_{cmax} : 0.0030
ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.	ϵ_{smax} : 0.0002
σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} : 178.50 kp/cm ²
σ_{smax} : Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} : 363.26 kp/cm ²

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (kp/cm ²)	ϵ
1	Ø5/8"	-169.06	119.06	+15.77	+0.000008
2	Ø1/2"	-56.35	120.65	+47.42	+0.000023
3	Ø1/2"	56.35	120.65	+79.43	+0.000039
4	Ø5/8"	169.06	119.06	+111.81	+0.000055
5	Ø5/8"	169.06	0.00	+139.61	+0.000068
6	Ø5/8"	169.06	-119.06	+167.41	+0.000082
7	Ø1/2"	56.35	-120.65	+135.76	+0.000067
8	Ø1/2"	-56.35	-120.65	+103.75	+0.000051
9	Ø5/8"	-169.06	-119.06	+71.37	+0.000035

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_c (kp/cm ²)	ϵ
10	Ø5/8"	-169.06	0.00	+43.57	+0.000021

	Resultante (t)	$e_{cc,x}$ (mm)	$e_{cc,y}$ (mm)
C_c	12.459	51.77	-25.72
C_s	1.558	65.16	-27.97
T	0.000	0.00	0.00

$$P_u = C_c + C_s - T$$

$$P_u : 14.017 \text{ t}$$

$$M_{c,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{t,y}$$

$$M_{c,x} : -0.364 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{t,x}$$

$$M_{c,y} : 0.746 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

C_c : Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : 12.459 \text{ t}$$

C_s : Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : 1.558 \text{ t}$$

T: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : 0.000 \text{ t}$$

e_{cc} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : 51.77 \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : -25.72 \text{ mm}$$

e_{cs} : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : 65.16 \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : -27.97 \text{ mm}$$

e_t : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_t : 0.00 \text{ mm}$$

ϵ_{cmax} : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : 0.0001$$

ϵ_{smax} : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : 0.0000$$

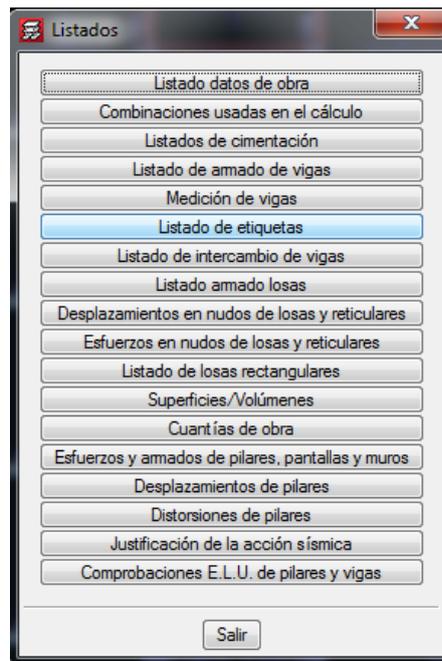
σ_{cmax} : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : 16.78 \text{ kp/cm}^2$$

ÍNDICE

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA	—
2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA	—
3.- NORMAS CONSIDERADAS	—
4.- ACCIONES CONSIDERADAS	—
4.1.- Gravitatorias	—
4.2.- Viento	—
4.3.- Sismo	—
4.3.1.- Datos generales de sismo	—
4.4.- Hipótesis de carga	—
4.5.- Empujes en muros	—
5.- ESTADOS LÍMITE	—
6.- SITUACIONES DE PROYECTO	—
6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)	—
6.2.- Combinaciones	—
7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS	—
8.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS	—
8.1.- Pilares	—
8.2.- Muros	—

LISTADOS PARA OBTENCION DATOS DE CÁLCULO



1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2016

Número de licencia: 20161

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Oficina 5 pisos

Clave: CIMENTACIÓN

3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: NTE E.060: 2009

Aceros conformados: AISI S100-2007 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U (t/m ²)	Cargas muertas (t/m ²)
Piso5	0.13	0.25
Piso4	0.25	0.25
Piso3	0.25	0.25
Piso2	0.25	0.25
Piso1	0.25	0.25
Cimentación	0.00	0.00

4.2.- Viento

Sin acción de viento

4.3.- Sismo

Norma utilizada: Norma Técnica E.030 (2014)

Norma Técnica E.030 (2014) Diseño Sismorresistente

Método de cálculo: Análisis modal espectral (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.6)

4.3.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (Norma Técnica E.030 (2014), Fig 1 y Anexo 1): Zona 4

Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 (2014), 2.3.1): S2

Sistema estructural

R_{ox} : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

R_{ox} : 6.00

R_{oy} : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

R_{oy} : 6.00

I_a : Factor de irregularidad en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_p : Factor de irregularidad en planta (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 9)

I_p : 1.00

Geometría en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 3.5): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Especificado por el usuario

T_{ax}: Periodo fundamental aproximado (X)

T_{ax} : 0.33 s

T_{ay}: Periodo fundamental aproximado (Y)

T_{ay} : 0.38 s

Importancia de la obra (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 3.1 y Tabla 5): C: Edificaciones comunes

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.50

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.50

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

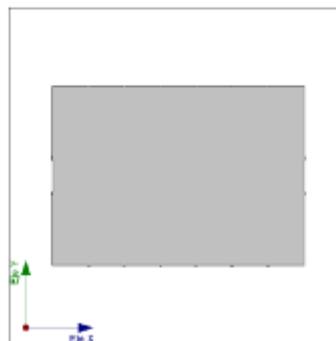
No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Requisitos especiales para elementos resistentes a fuerzas de sismo según la NTE.060

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

4.4.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso Sismo X Sismo Y
-------------	--

4.5.- Empujes en muros

5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	NTE E.060: 2009
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	
Tensiones sobre el terreno	
Desplazamientos	Acciones características

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias

$$\sum \gamma_G G_k + \gamma_P P_k + \sum \gamma_Q Q_k$$

- Situaciones sísmicas

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} G_{ki} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

A_E Acción sísmica

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: NTE E.060: 2009

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: NTE E.060: 2009

NTE.060 2009 (9.2.1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)	0.000	1.700

NTE.060 2009 (9.2.2)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.250
Sobrecarga (Q)	0.000	1.250

NTE.060 2009 (9.2.3)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.250
Sobrecarga (Q)	0.000	1.250
Sismo (E)	-1.000	1.000

NTE.060 2009 (9.2.5)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.400
Sobrecarga (Q)	0.000	1.700

Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Sismo (E)	-0.800	0.800

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

6.2.- Combinaciones

■ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

SX Sismo X

SY Sismo Y

■ E.L.U. de rotura. Hormigón

■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

■ E.L.U. de rotura. Hormigón

■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
1	1.400	1.400			
2	1.400	1.400	1.700		
3	0.900	0.900		-1.000	
4	1.250	1.250		-1.000	
5	0.900	0.900	1.250	-1.000	
6	1.250	1.250	1.250	-1.000	
7	0.900	0.900		1.000	
8	1.250	1.250		1.000	
9	0.900	0.900	1.250	1.000	
10	1.250	1.250	1.250	1.000	

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
11	0.900	0.900			-1.000
12	1.250	1.250			-1.000
13	0.900	0.900	1.250		-1.000
14	1.250	1.250	1.250		-1.000
15	0.900	0.900			1.000
16	1.250	1.250			1.000
17	0.900	0.900	1.250		1.000
18	1.250	1.250	1.250		1.000

■ Tensiones sobre el terreno

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
1	1.000	1.000			
2	1.000	1.000	1.000		
3	1.000	1.000		-0.800	
4	1.000	1.000	1.000	-0.800	
5	1.000	1.000		0.800	
6	1.000	1.000	1.000	0.800	
7	1.000	1.000			-0.800
8	1.000	1.000	1.000		-0.800
9	1.000	1.000			0.800
10	1.000	1.000	1.000		0.800

■ Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
1	1.000	1.000			
2	1.000	1.000	1.000		
3	1.000	1.000		-1.000	
4	1.000	1.000	1.000	-1.000	
5	1.000	1.000		1.000	

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
6	1.000	1.000	1.000	1.000	
7	1.000	1.000			-1.000
8	1.000	1.000	1.000		-1.000
9	1.000	1.000			1.000
10	1.000	1.000	1.000		1.000

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
5	Piso5	5	Piso5	3.50	18.00
4	Piso4	4	Piso4	3.50	14.50
3	Piso3	3	Piso3	3.50	11.00
2	Piso2	2	Piso2	3.50	7.50
1	Piso1	1	Piso1	4.00	4.00
0	Cimentación				0.00

8.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

8.1.- Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ángulo del pilar en grados sexagesimales

Datos de los pilares

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
C1-1	(0.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C1-2	(0.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C1-3	(42.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C1-4	(42.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
C2-1	(0.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
C2-2	(0.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
C2-3	(0.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
C2-4	(0.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C2-5	(42.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
C2-6	(42.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C2-7	(42.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C2-8	(42.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
C2-9	(6.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-10	(12.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-11	(18.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C2-12	(24.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C2-13	(30.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-14	(36.00, 0.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-15	(6.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-16	(12.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-17	(18.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C2-18	(24.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C2-19	(30.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C2-20	(36.00, 30.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
C3-1	(6.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C3-2	(12.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-3	(18.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C3-4	(24.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C3-5	(30.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-6	(36.00, 24.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C3-7	(36.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
C3-8	(30.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-9	(24.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-10	(18.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-11	(12.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-12	(6.00, 18.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
C3-13	(6.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
C3-14	(12.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-15	(18.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-16	(24.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-17	(30.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-18	(36.00, 12.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
C3-19	(36.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00
C3-20	(30.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-21	(24.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C3-22	(18.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
C3-23	(12.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.95
C3-24	(6.00, 6.00)	0-5	Con vinculación exterior	0.0	Centro	1.00

8.2.- Muros

- Las coordenadas de los vértices inicial y final son absolutas.

- Las dimensiones están expresadas en metros.

Referencia	Tipo muro	GI- GF	Vértices		Planta	Dimensiones Izquierda+Derecha=Total
			Inicial	Final		
M1	Muro de hormigón armado	0-5	(0.00, 12.00)	(0.00, 18.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M2	Muro de hormigón armado	0-5	(42.00, 12.00)	(42.00, 18.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M3	Muro de hormigón armado	0-5	(18.00, 24.00)	(24.00, 24.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M4	Muro de hormigón armado	0-5	(18.00, 24.00)	(18.00, 27.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M5	Muro de hormigón armado	0-5	(24.00, 24.00)	(24.00, 27.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25

Referencia	Tipo muro	GI-GF	Vértices		Planta	Dimensiones Izquierda+Derecha=Total
			Inicial	Final		
M6	Muro de hormigón armado	0-5	(18.00, 6.00)	(24.00, 6.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M7	Muro de hormigón armado	0-5	(18.00, 3.00)	(18.00, 6.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25
M8	Muro de hormigón armado	0-5	(24.00, 3.00)	(24.00, 6.00)	5	0.125+0.125=0.25
					4	0.125+0.125=0.25
					3	0.125+0.125=0.25
					2	0.125+0.125=0.25
					1	0.125+0.125=0.25

Empujes y zapata del muro

Referencia	Empujes	Zapata del muro
M1	Empuje izquierdo:	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
	Sin empujes	
	Empuje derecho:	
	Sin empujes	
M2	Empuje izquierdo:	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
	Sin empujes	
	Empuje derecho:	
	Sin empujes	
M3	Empuje izquierdo:	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
	Sin empujes	
	Empuje derecho:	
	Sin empujes	
M4	Empuje izquierdo:	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
	Sin empujes	
	Empuje derecho:	
	Sin empujes	

Referencia	Empujes	Zapata del muro
M5	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Sin empujes	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
M6	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Sin empujes	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
M7	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Sin empujes	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50
M8	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Sin empujes	Zapata corrida: 1.250 x 0.500 Vuelos: izq.:0.50 der.:0.50 canto:0.50

9.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA

Pilar	Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axial
			Cabeza	Pie	X	Y	
C1-1, C1-2, C1-3, C1-4	5	35x25	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	40x25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	40x25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	40x25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	40x25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
C2-1, C2-3, C2-5, C2-8	5	40x35	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	40x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	40x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
C2-2, C2-4, C2-6, C2-7	5	40x35	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	40x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	40x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	50x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

Pilar	Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axial
			Cabeza	Pie	X	Y	
	1	60x60	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
C2-9, C2-10, C2-11, C2-12, C2-13, C2-14, C2-15, C2-16, C2-17, C2-18, C2-19, C2-20	5	45x35	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	45x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
C3-1, C3-2, C3-3, C3-4, C3-5, C3-6, C3-7, C3-8, C3-9, C3-10, C3-11, C3-12, C3-13, C3-14, C3-15, C3-16, C3-17, C3-18, C3-19, C3-20, C3-21, C3-22, C3-23, C3-24	5	50x45	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	50x45	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	50x45	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	50x45	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	50x45	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

10.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

-Tensión admisible en situaciones persistentes: 1.36 kp/cm²

-Tensión admisible en situaciones accidentales: 2.04 kp/cm²

11.- MATERIALES UTILIZADOS

11.1.- Hormigones

Elemento	Hormigón	f _{ck} (kp/cm ²)	□ _c	Tamaño máximo del árido (mm)	E _c (kp/cm ²)
Todos	f'c=210	210	1.00	15	219689

11.2.- Aceros por elemento y posición

11.2.1.- Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	α_s
Todos	Grado 60	4200	1.00

11.2.2.- Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2069317
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2038736

■ h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

■ Distorsión:

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior

Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

■ Origen:

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

■ Nota:

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1-1	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C1-2	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C1-3	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C1-4	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-1	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-2	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-3	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-4	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-5	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-6	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-7	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-8	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-9	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-10	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-11	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-12	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-13	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-14	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-15	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-16	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-17	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-18	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-19	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C2-20	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-1	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-2	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-3	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-4	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-5	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-6	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-7	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-8	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-9	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-10	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-11	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-12	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-13	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-14	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-15	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-16	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-17	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-18	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-19	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-20	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-21	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-22	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-23	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C3-24	Piso5	17.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso4	14.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso3	10.70	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso2	7.20	3.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Piso1	3.70	3.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1-1	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0176	h / 199	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0785	h / 226	----
C1-2	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0785	h / 226	----
C1-3	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0785	h / 226	----
C1-4	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0785	h / 226	----
C2-1	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0785	h / 226	----
C2-2	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0176	h / 199	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0785	h / 226	----
C2-3	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0785	h / 226	----
C2-4	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0785	h / 226	----
C2-5	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0785	h / 226	----
C2-6	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0785	h / 226	----
C2-7	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0176	h / 199	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0785	h / 226	----
C2-8	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0188	h / 187	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0189	h / 186	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0176	h / 199	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0144	h / 244	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0785	h / 226	----
C2-9	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0777	h / 228	----
C2-10	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0770	h / 230	----
C2-11	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0764	h / 232	----
C2-12	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0172	h / 204	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0764	h / 232	----
C2-13	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0770	h / 230	----
C2-14	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0572	h / 310	----	0.0777	h / 228	----
C2-15	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0777	h / 228	----
C2-16	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0770	h / 230	----
C2-17	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0172	h / 204	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0764	h / 232	----
C2-18	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0764	h / 232	----
C2-19	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0770	h / 230	----
C2-20	Piso5	17.70	3.50	0.0119	h / 295	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0127	h / 276	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0088	h / 421	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0573	h / 309	----	0.0777	h / 228	----
C3-1	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0777	h / 228	----
C3-2	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0173	h / 203	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0770	h / 230	----
C3-3	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0764	h / 232	----
C3-4	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0764	h / 232	----
C3-5	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0770	h / 230	----
C3-6	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0777	h / 228	----
C3-7	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0175	h / 200	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0777	h / 228	----
C3-8	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0770	h / 230	----
C3-9	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0764	h / 232	----
C3-10	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0764	h / 232	----
C3-11	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0770	h / 230	----
C3-12	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0175	h / 200	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0546	h / 325	----	0.0777	h / 228	----
C3-13	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0777	h / 228	----
C3-14	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0770	h / 230	----
C3-15	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0764	h / 232	----
C3-16	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0764	h / 232	----
C3-17	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0173	h / 203	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0770	h / 230	----
C3-18	Piso5	17.70	3.50	0.0112	h / 313	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0121	h / 290	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0108	h / 325	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0085	h / 436	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0545	h / 325	----	0.0777	h / 228	----
C3-19	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0777	h / 228	----
C3-20	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0770	h / 230	----
C3-21	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0172	h / 204	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0764	h / 232	----
C3-22	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0183	h / 192	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0184	h / 191	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0172	h / 204	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0140	h / 250	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0087	h / 426	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0764	h / 232	----
C3-23	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0184	h / 191	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0185	h / 190	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0173	h / 203	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0141	h / 249	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0088	h / 421	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0770	h / 230	----
C3-24	Piso5	17.70	3.50	0.0116	h / 302	----	0.0186	h / 189	----
	Piso4	14.20	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0187	h / 188	----
	Piso3	10.70	3.50	0.0124	h / 283	----	0.0175	h / 200	----
	Piso2	7.20	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0142	h / 247	----
	Piso1	3.70	3.70	0.0087	h / 426	----	0.0089	h / 416	----
	Cimentación	0.00							
	Total		17.70	0.0559	h / 317	----	0.0777	h / 228	----
Notas:									
⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (\square / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Piso5	----	----	1 / 295	1 / 187
Piso4	----	----	1 / 276	1 / 186
Piso3	----	----	1 / 276	1 / 199
Piso2	----	----	1 / 310	1 / 244
Piso1	----	----	1 / 421	1 / 416
Notas:				
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 309	1 / 226
Notas: (1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

1.- SISMO

Norma utilizada: Norma Técnica E.030 (2014)

Norma Técnica E.030 (2014) Diseño Sismorresistente

Método de cálculo: Análisis modal espectral (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.6)

1.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (Norma Técnica E.030 (2014), Fig 1 y Anexo 1): Zona 4

Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 (2014), 2.3.1): S2

Sistema estructural

R_{oX} : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

R_{oX} : 6.00

R_{oY} : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

R_{oY} : 6.00

I_a : Factor de irregularidad en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_p : Factor de irregularidad en planta (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 9)

I_p : 1.00

Geometría en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 3.5): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Especificado por el usuario

T_{aX} : Periodo fundamental aproximado (X)

T_{aX} : 0.33 s

T_{aY} : Periodo fundamental aproximado (Y)

T_{aY} : 0.38 s

Importancia de la obra (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 3.1 y Tabla 5): C: Edificaciones comunes

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso : 0.50

Fracción de sobrecarga de nieve : 0.50

Factor multiplicador del espectro : 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

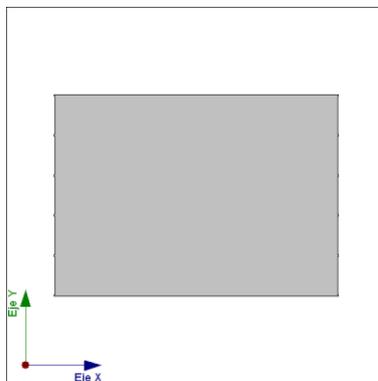
No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Requisitos especiales para elementos resistentes a fuerzas de sismo según la NTE.060

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

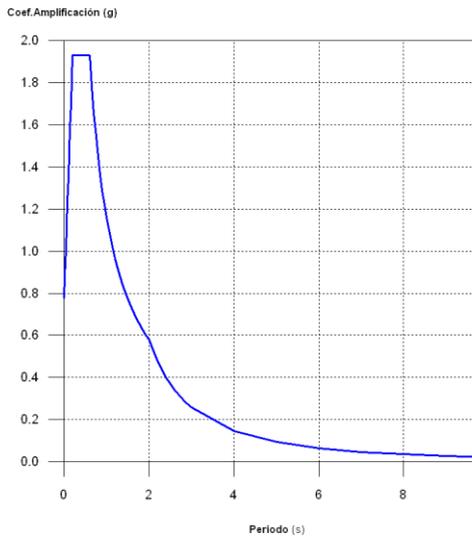
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2.- Espectro de cálculo

1.2.1.- Espectro elástico de aceleraciones



El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.931 g.

Especificado por el usuario

1.2.2.- Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

R_x : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 6)

R_x : 6.00

R_{ox} : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

R_{ox} : 6.00

R_y : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 6)

R_y : 6.00

R_{oy} : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 7)

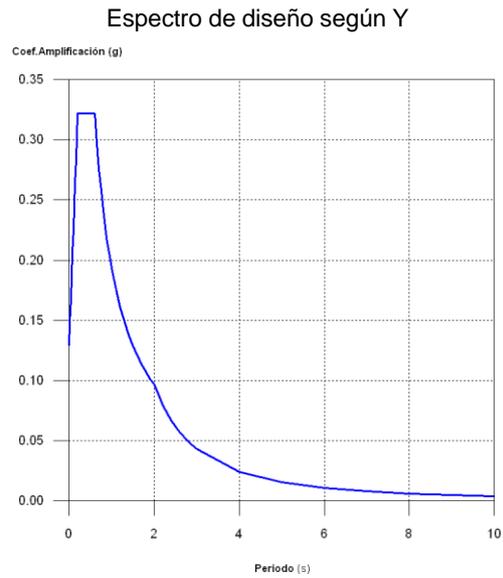
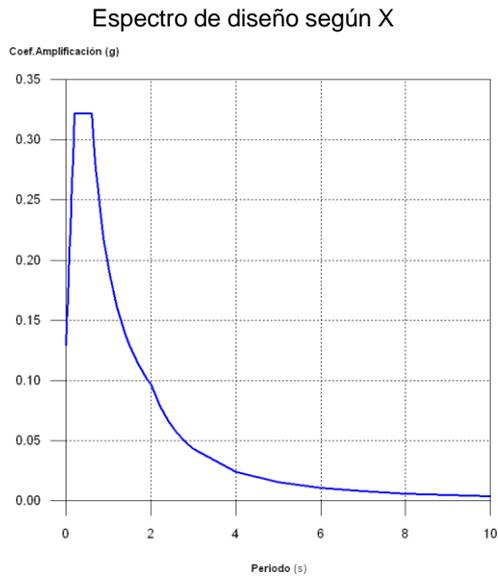
R_{oy} : 6.00

I_a : Factor de irregularidad en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_p : Factor de irregularidad en planta (Norma Técnica E.030 (2014), Tabla 9)

I_p : 1.00



1.3.- Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.376	0.0002	1	0.0001	0 %	73.71 %	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 11.3087 mm	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 11.3087 mm
Modo 2	0.328	1	0.0003	0.0082	78.06 %	0 %	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 8.59537 mm	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 8.59537 mm
Modo 3	0.305	0.007	0.0094	1	0 %	0 %	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 7.41639 mm	R = 6 A = 3.157 m/s ² D = 7.41639 mm
Modo 4	0.089	0.0005	1	0.0005	0 %	20.27 %	R = 6 A = 2.102 m/s ² D = 0.417 mm	R = 6 A = 2.102 m/s ² D = 0.417 mm
Modo 5	0.093	1	0.0005	0.0046	17.82 %	0 %	R = 6 A = 2.142 m/s ² D = 0.46639 mm	R = 6 A = 2.142 m/s ² D = 0.46639 mm
Total					95.88 %	93.98 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz} : Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

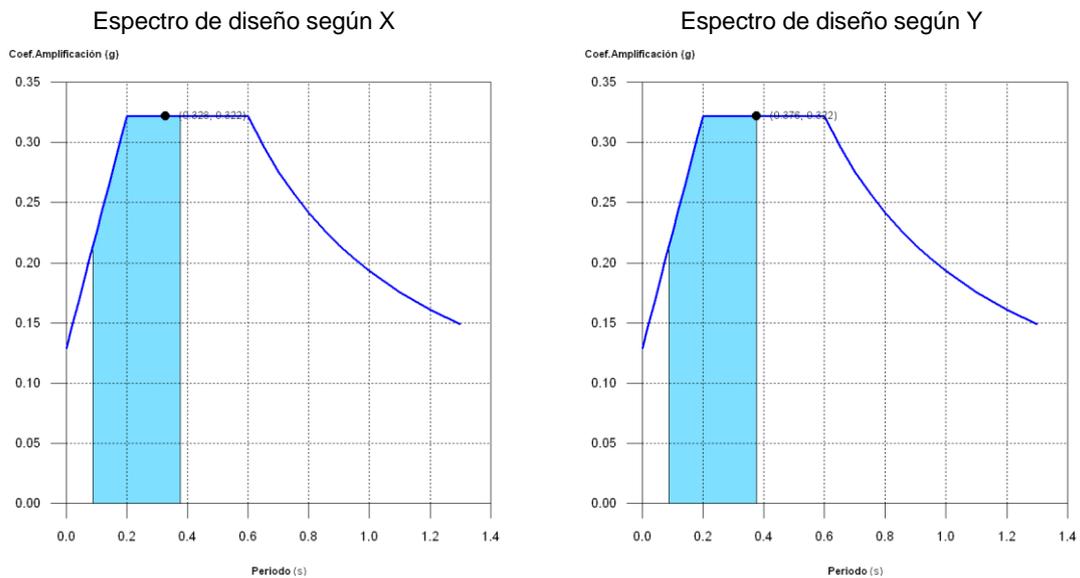
M_x, M_y : Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R : Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A : Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D : Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.328	0.322

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.376	0.322

1.4.- Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Piso5	(21.00, 15.00)	(21.00, 15.00)	0.00	0.00
Piso4	(21.00, 15.00)	(21.00, 15.00)	0.00	0.00
Piso3	(21.00, 15.00)	(21.00, 15.00)	0.00	0.00
Piso2	(21.00, 15.00)	(21.00, 15.00)	0.00	0.00
Piso1	(21.00, 15.00)	(21.00, 15.00)	0.00	0.00

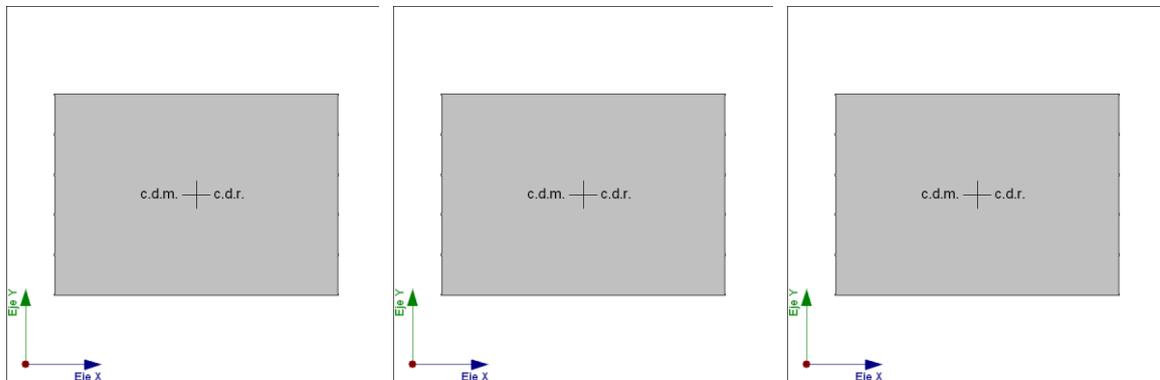
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

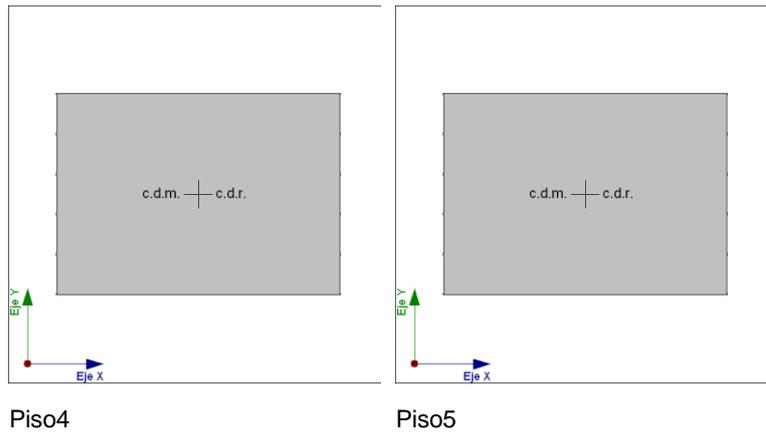
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



Piso1

Piso2

Piso3



1.5.- Corrección por cortante basal

1.5.1.- Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.0001	1525.0695
	Modo 2	1506.0221	
	Modo 3	0.0931	
	Modo 4	0.0001	
	Modo 5	233.1697	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	1423.4359	1447.8984
	Modo 2	0.0001	
	Modo 3	0.0015	
	Modo 4	260.5840	
	Modo 5	0.0001	

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2.- Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.5.2) $V_{s,x} : 1181.8376 \text{ t}$

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) $S_{d,x}(T_a) : 0.322 \text{ g}$

T_{ax} : Periodo fundamental aproximado (X) $T_{ax} : 0.33 \text{ s}$

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 4.5.2) $V_{s,y} : 1181.8376 \text{ t}$

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) $S_{d,y}(T_a) : 0.322 \text{ g}$

T_{ay} : Periodo fundamental aproximado (Y) $T_{ay} : 0.38 \text{ s}$

P : Peso sísmico total de la estructura $P : 6002.9846 \text{ t}$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

p_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	p_i (t)
Piso5	1090.2406

Planta	p_i (t)
Piso4	1225.4829
Piso3	1225.4829
Piso2	1225.4829
Piso1	1236.2954
$P = \sum p_i$	6002.9846

1.5.3.- Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (Norma Técnica E.030 (2014), Artículo 3.5): Regular

Norma Técnica E.030 (2014) (Artículo 4.6.4)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 1525.0695 t \square 1545.5684 t	1.01
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 1447.8984 t \square 1545.5684 t	1.07

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,x}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.6.- Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1.- Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

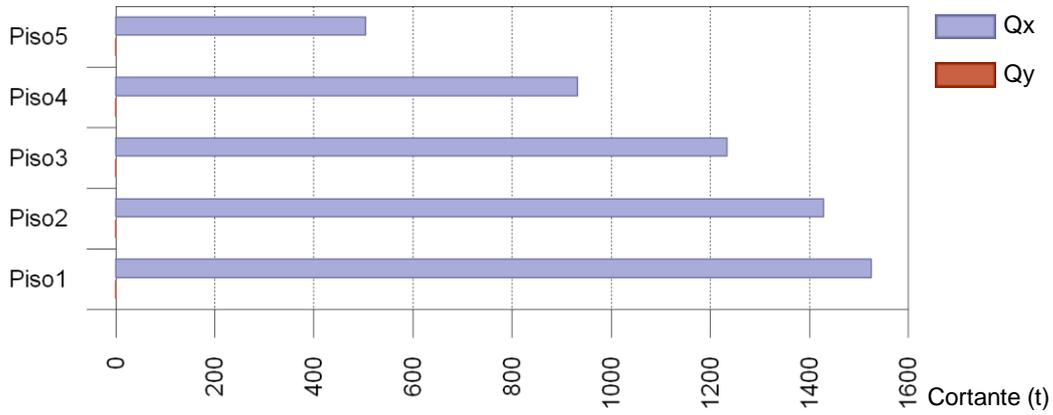
Planta	Q _X (t)	F _{eq,X} (t)	Q _Y (t)	F _{eq,Y} (t)
Piso5	504.6265	504.6265	0.2110	0.2110
Piso4	932.1823	433.8291	0.3268	0.1396
Piso3	1233.5569	329.0035	0.3979	0.1580
Piso2	1429.5549	243.6653	0.4803	0.1656
Piso1	1525.0695	136.8137	0.5397	0.1006

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

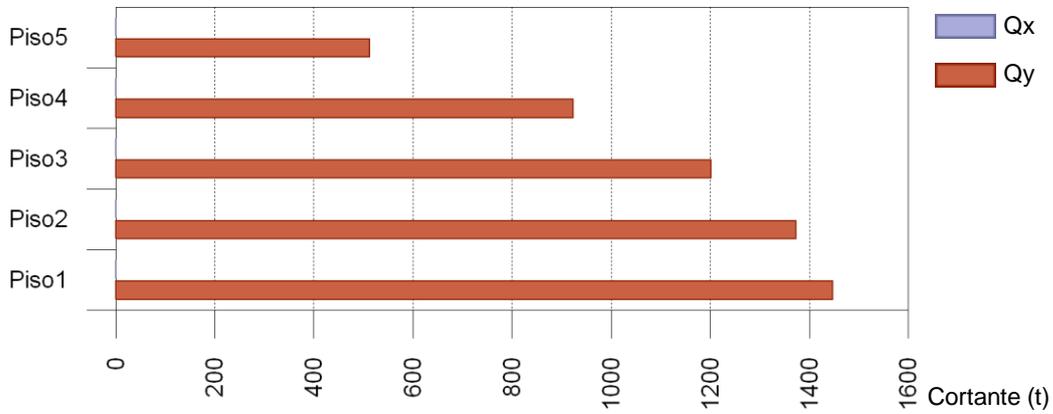
Planta	Q _X (t)	F _{eq,X} (t)	Q _Y (t)	F _{eq,Y} (t)
Piso5	0.2533	0.2533	512.3123	512.3123
Piso4	0.4362	0.1955	923.1691	420.4966
Piso3	0.5565	0.1771	1201.2024	313.4802
Piso2	0.6552	0.1754	1373.2505	225.6844
Piso1	0.7213	0.1154	1447.8984	115.2287

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

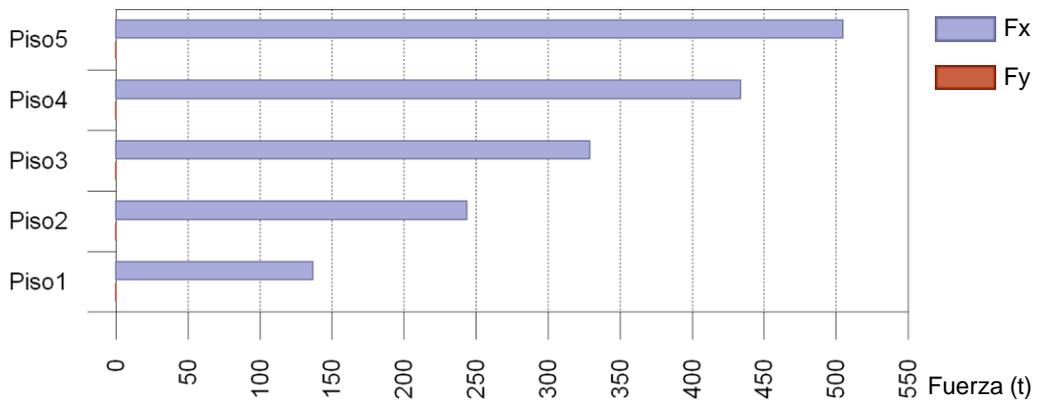


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

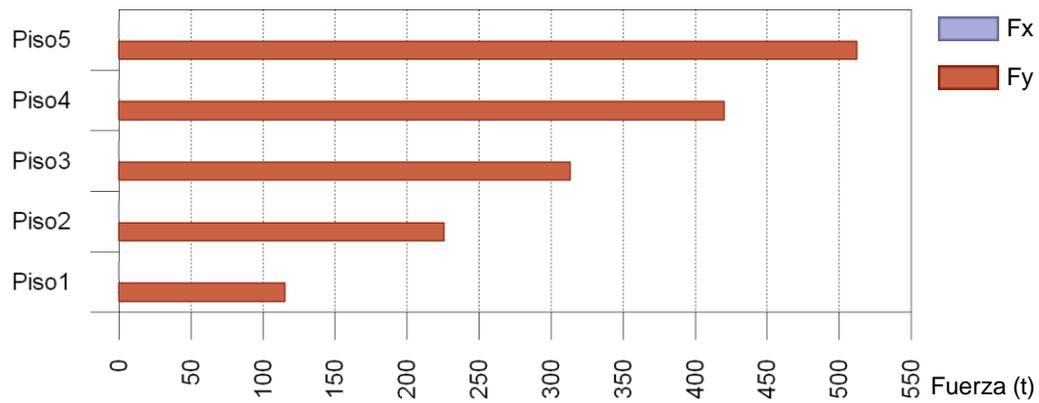


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



1.6.2.- Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Piso5	20.87	79.13	26.62	73.38
Piso4	19.67	80.33	26.92	73.08
Piso3	16.02	83.98	21.31	78.69
Piso2	13.59	86.41	11.88	88.12
Piso1	14.19	85.81	7.99	92.01

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

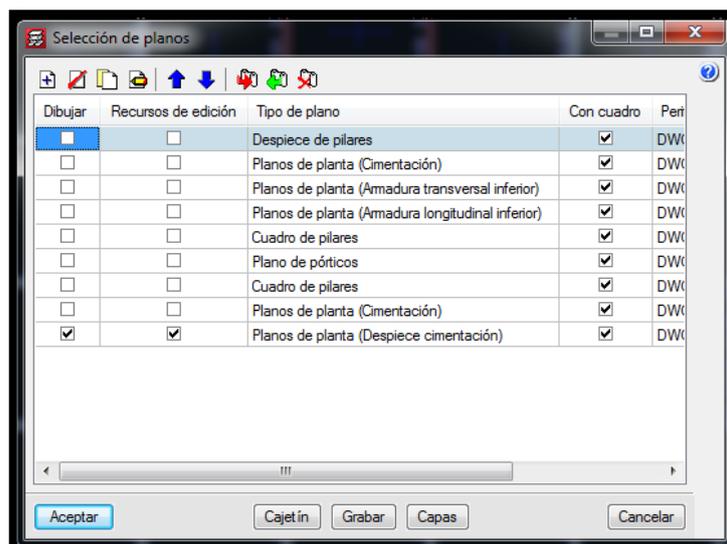
Planta	%Q _X		%Q _Y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Piso5	23.77	76.23	31.66	68.34
Piso4	22.71	77.29	27.38	72.62
Piso3	21.37	78.63	20.87	79.13
Piso2	19.19	80.81	16.38	83.62
Piso1	27.46	72.54	11.43	88.57

1.6.3.- Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

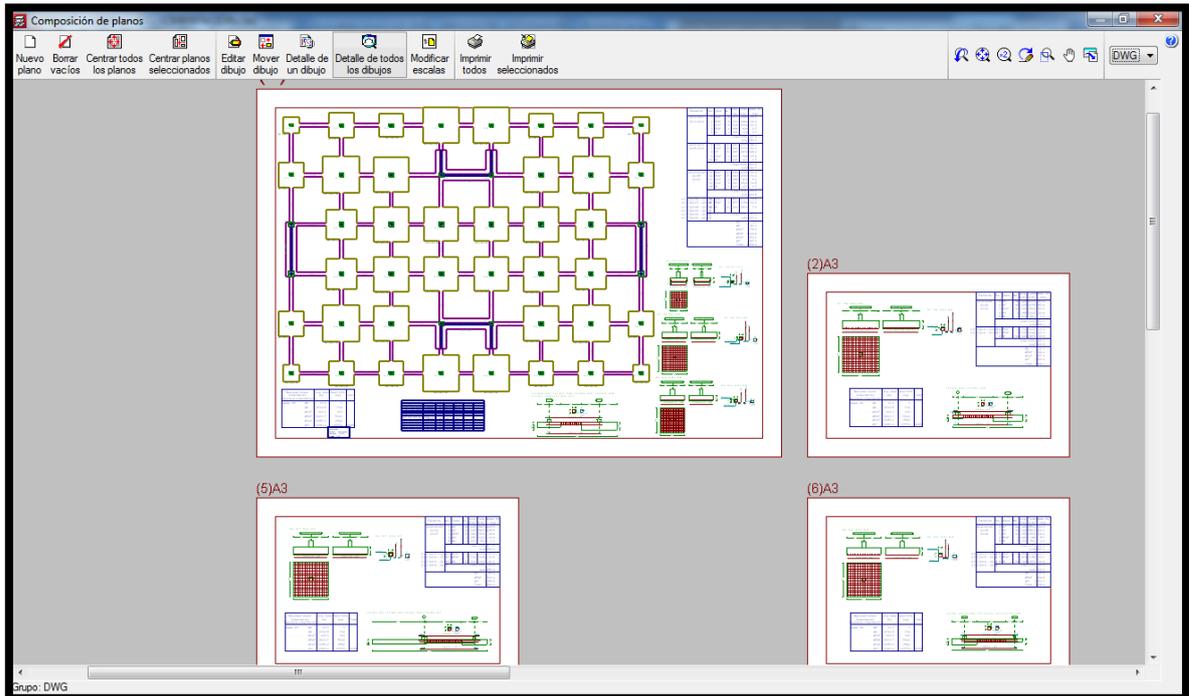
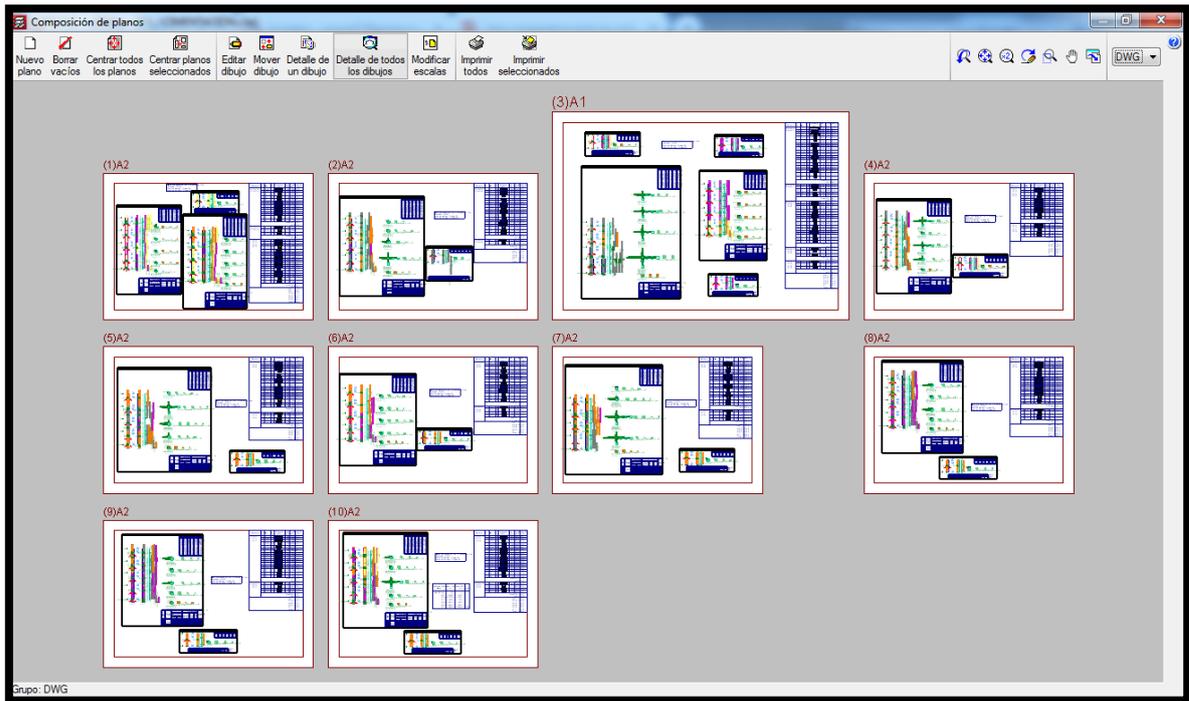
El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	14.19	85.81	7.99	92.01
Sismo Y1	27.46	72.54	11.43	88.57

VENTANA PARA LA EXPORTACION DE PLANOS



PLANOS DEL CYPECAD



ESTUDIOS DE SUELO



CONSULTORES Y CONSTRUCTORES GENERALES
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Cartografía Asuntos Ambientales Mineros



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



PROYECTO

DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 5 PISOS CON EL USO DEL
CYPECAD Y ETABS EN VILLA MARÍA DEL TRIUNFO - LIMA 2019

SOLICITA: Bach. Rony Ñahuis Suyón
Bach. Keveen Febres Silva

LIMA OCUBRE 2019



INDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA.

1. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.
 - A) TIPO DE CIMENTACIÓN.
 - B) ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN
 - C) PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN
 - D) AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN.
2. INFORMACIÓN PREVIA.
 - A) DEL TERRENO A INVESTIGAR.
 - i) Ubicación y accesos.
 - ii) Topografía del Terreno.
 - iii) Situación del Terreno.
 - B) DE LA OBRA A CIMENTAR
 - i) Características Generales
 - ii) Edificación especial
 - iii) Movimiento de tierra
 - iv) Tipo de edificación
 - C) DATOS GENERALES DE LA ZONA.
 - i) Geología local de la zona.
 - ii) Usos anteriores.
 - iii) Restos Arqueológicos Anteriores.
 - D) EMS DE TERRENOS COLINDANTES.
 - E) DE LAS EDIFICACIONES ADYACENTES.
3. EXPLORACIÓN DE CAMPO.
 - A) PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN MÍNIMO – PIM.
 - i) Condiciones de frontera.
 - ii) Número de puntos de investigación



- iii) Profundidad mínima a alcanzar en cada punto de investigación.
 - B) TRABAJOS REALIZADOS IN SITU.
 - C) ENSAYOS REALIZADOS IN SITU.
 - D) ENSAYOS DE LABORATORIO.
 - E) PERFIL DEL SUELO
 - F) NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA
 - G) EFECTO DEL SISMO
 - H) ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.
 - i) Estabilidad.
 - ii) Capacidad de carga por corte.
 - iii) Por asentamiento.
 - iv) por hundimiento.
 - v) Riesgo de licuefacción.
 - vi) Rellenos controlados de ingeniería
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
5. ANEXOS
- 5.1 Planos y perfiles de suelos.
 - 5.2 Plano de ubicación del programa de exploración
 - 5.3 Perfil estratigráfico por punto Investigado.
 - 5.4 Resultados de los ensayos insitu y laboratorio.



A) TIPO DE CIMENTACIÓN.

El Tipo de cimentación será determinado por el ingeniero especialista en estructuras en razón a las características mecánicas del terreno, y a los datos obtenidos en laboratorio como su cohesión varia de 0.02 A 0.05 su ángulo de fricción interna DE 23° A 25 °posición del nivel freático no existe, siempre que sean posibles cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar.

Según los Estudios de Mecánica de suelos realizados en el Laboratorio de la empresa CONSULTORES CONSTRUCTORES GENERALES SAC.recomienda el tipo de cimentación por Zapatas Corridas.

➤ Zapatas corridas.

Estas zapatas funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales puntuales y/o separadas.

En cimentaciones superficiales este tipo de cimentación admite en función principalmente, de la naturaleza del terreno situado sobre la cota de asiento de las zapatas.

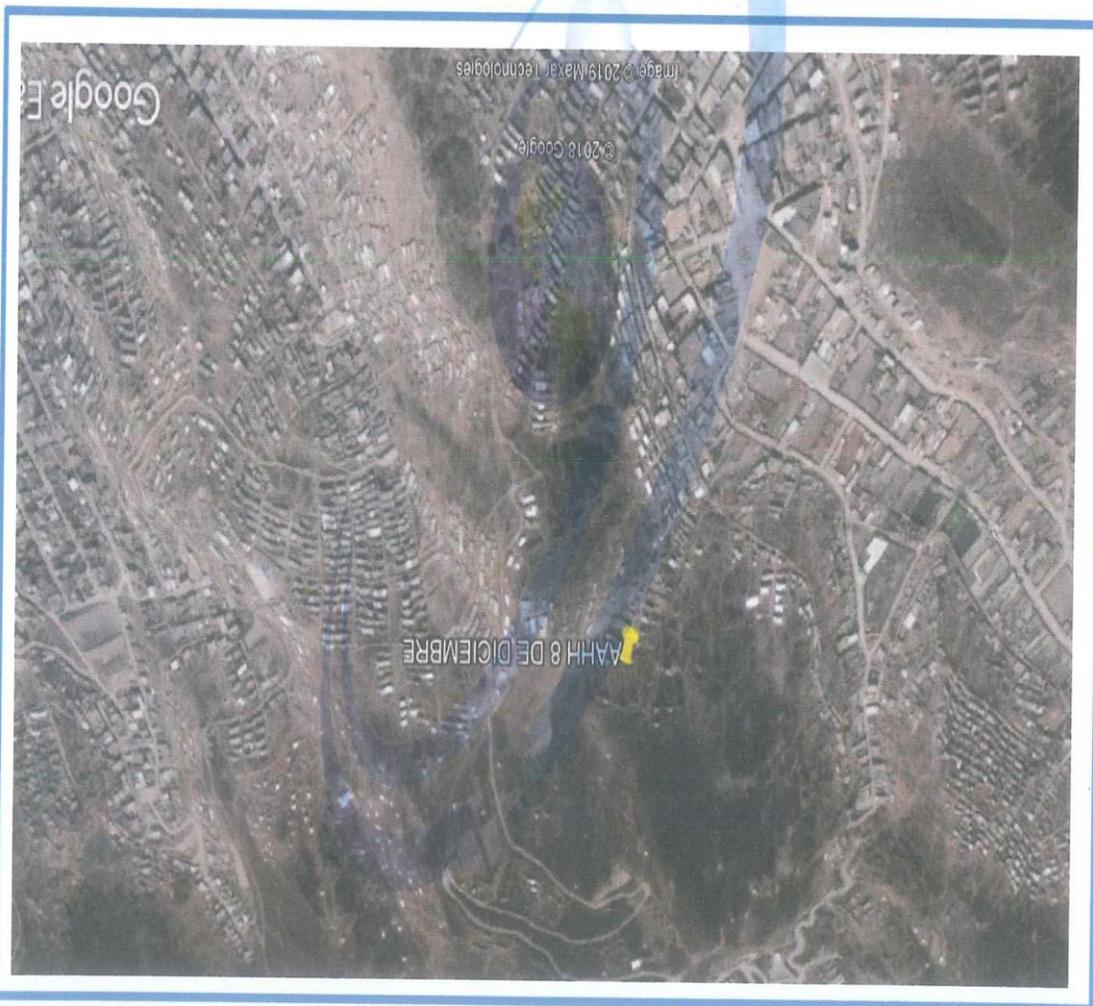
En primer lugar se tiene un suelo homogéneo en la estratigrafía que es de 0.35 a 2.00 m, de profundidad de limo arcillosos de color marrón rojizo con riesgo de desmoronamiento donde se procedió a la excavación directa de hueco de las calicatas de profundidad que es de 1.50 m. Las zapatas corridas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, en el que se pretende los asientos en el terreno. Teniendo el concepto descrito y con los valores obtenidos como capacidad admisible, corte directo, Cohesión, Angulo de fricción interna, densidad natural, perfil Estratigráfico en cada punto SIN LA presencia de nivel freático en el terreno se determinó Zapatas Corridas.



CONSULTORES Y CONSTRUCTORES GENERALES
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Cartografía Asuntos Ambientales Mineros



Figura N° 1 Mapa ubicación fuente google Earth.



Jr. Amargura 415 San Jerónimo
Andahuaylas – Apurímac

jfaconsultoresconstructores@hotmail.com jfaconsultoresconstructores@yahoo.com



Cuando más del 30% del material es retenido en lamilla $\frac{3}{4}$ ".

c) Si el porcentaje de finos es menor o igual que el 15%, deberá compactarse a una densidad relativa (ASTM D 4254), no menor del 70%.

d) No será recomendable la utilización de materiales con más de 15% de finos salvo que se sustenten los métodos de compactación y control deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas a razón necesariamente de un control por cada 250 m² como máximo.

4. CONCLUSIONES

Condiciones de Cimentación Propuesta.

✓ Con la aproximación propia de la exploración ejecutada, podemos establecer que para las edificaciones del Proyecto en referencia, se podrá adoptar sistemas económicos de cimentación superficial, por medio de cimentaciones corridas con sobre cimientos armados y zapatas conectadas con cimientos y sobre cimientos armados. Los elementos de cimentación, en todos los casos deberán desplantarse a una profundidad de enterramiento de 1.5 m. mínimo, en el estrato arena limo arenoso -arcilloso detectado, mejorando la capacidad portante del terreno con falsas zapatas, con un peralte de 0.40 m. como mínimo

✓ La profundidad de desplante "Df" se define: en el proyecto sin sótano, como la distancia vertical de la superficie del terreno al fondo de la

✓ cimentación, se podrá asignar al subsuelo al nivel especificado un valor de "Presión Admisible" no menor de 1.30 kg/cm² tanto por falla por esfuerzo cortante, como por asentamiento.

✓ La profundidad de Enterramiento y la sección transversal de cimientos corridos no podrá ser menor de 1.5 m y 0.50m. Pudiendo ser las zapatas en forma cuadrada o rectangular.



CONSULTORES Y CONSTRUCTORES GENERALES
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Cartografía Asuntos Ambientales Mineros



- ✓ El Proyectista Estructural podrá adoptar la utilización de cimientos y sobre cimientos reforzados, para lo cual deberá considerar el mejoramiento del suelo por debajo de la platea con material de relleno controlado de ingeniería, tal como manda la Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ La conexión de las zapatas aisladas mediante cimientos y sobre cimientos reforzados se han de supervisar a los requerimientos de Comportamiento Sismo resistente, de conformidad a la Norma Peruana E.030-2018 Diseño Sismo resistente.
- ✓ Es conveniente que todos los elementos estructurales se apoyen a la misma profundidad y calculados de acuerdo a las normas de Diseño Sismo resistente.



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

OBRA : MURO DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE REDES DE AGUA MZ. I, J, K, O, P, R, X, Y DEL ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE ZONA JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI.

MATERIAL PROPIO

UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE

N° CALICATA : C_01

PROFUNDIDAD : 1.50 m

COORDENADAS : 24/10/2019

ING. RESPONSABLE : F.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 24/10/2019

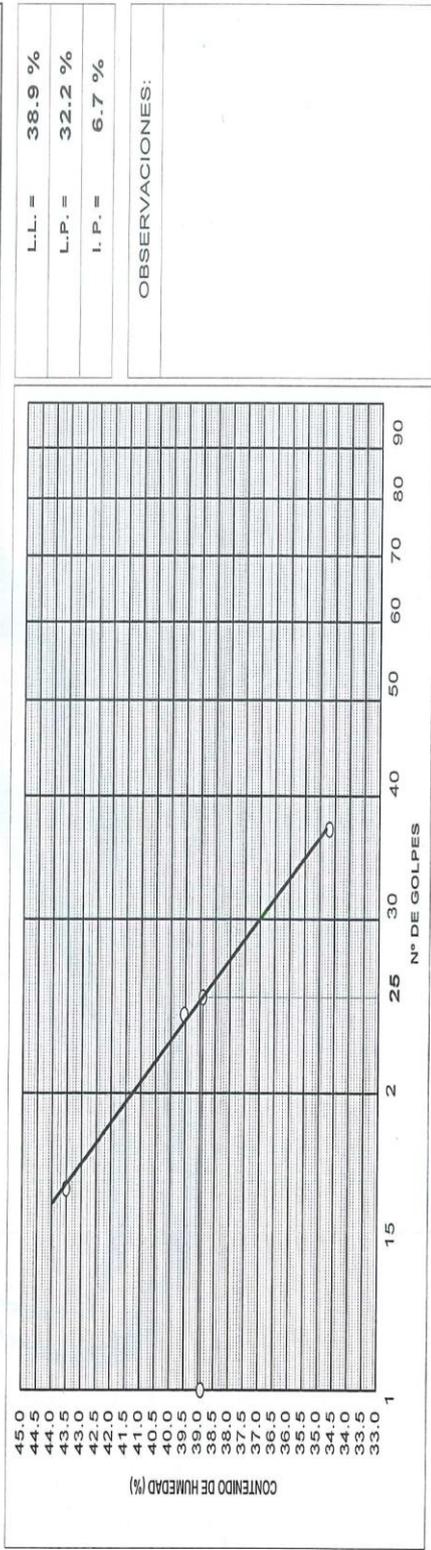
ENTIDAD :

SOLICITANTE : SR. RONAL CARHUAS MORALES

LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

NUMERO DE GOLPES, N	LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000		
	16	24	37
N° DEL DEPOSITO	1	2	3
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	34.97	33.60	33.23
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	28.76	27.94	28.38
PESO DEL AGUA (g)	6.21	5.66	4.85
PESO DEL DEPOSITO (g)	14.49	13.63	14.40
PESO DEL SUELO SECC (g)	14.27	14.31	13.98
CONTENIDO DE AGUA (w%)	43.52	39.55	34.69

N° DEL DEPOSITO	LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000	
	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	25.28	25.07
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	24.35	24.28
PESO DEL AGUA (g)	0.93	0.79
PESO DEL DEPOSITO (g)	21.49	21.80
PESO DEL SUELO SECO (g)	2.86	3.00
CONTENIDO DE AGUA (w%)	0.93	0.79
% DE HUMEDAD	32.52	31.85



L.L. = 38.9 %
 L.P. = 32.2 %
 I. P. = 6.7 %

OBSERVACIONES:



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

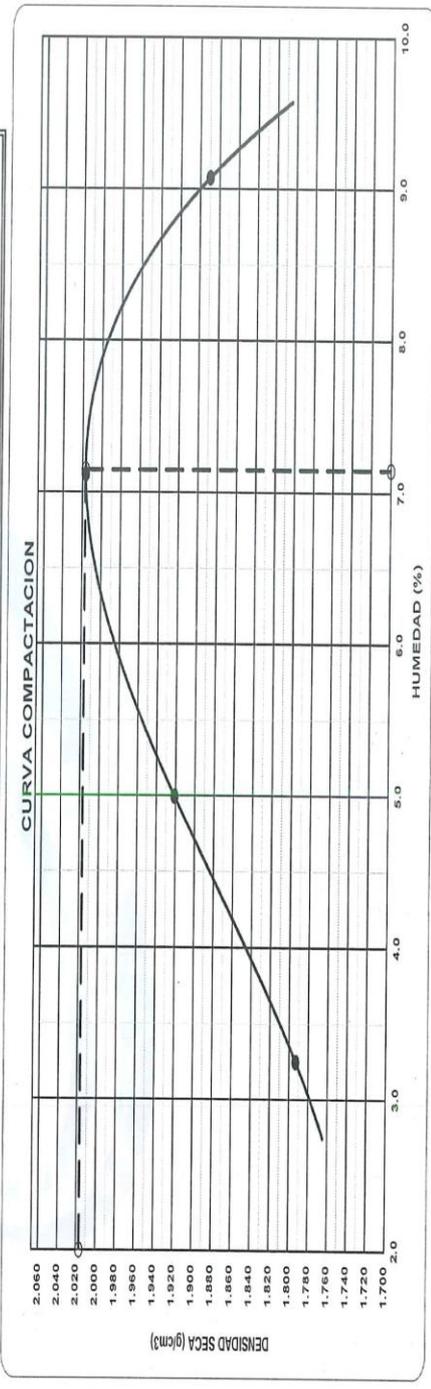
OBRA : MURO DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE REDES DE AGUA MZ. I, J, K, O, P, R, X, V DEL
 ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE ZONA JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI.

MATERIAL : PROPIO
 UBICACION : ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE N° CALICATA : C_01
 COORDENADAS : 0 PROFUNDIDAD : 1.50 m
 FECHA RECEPCION : 24/10/2019 ING. RESPONSABLE : F.P.O.
 FECHA DE ENSAYO : 24/10/2019 ENTIDAD : SR. RONAL CARHUAS MORALES
 SOLICITANTE :

**ENSAYO DE COMPACTACION
 MTC E 115-2000**

METODO DE COMPACTACION :		VOLUMEN DEL MOLDE :		MOLDE N° :	
C		2073 cm ³		3	
COMPACTACION					
N° ENSAYO					
PESO MOLDE + SUELO (g)	10381.0	2	10724.0	3	4
PESO MOLDE (g)	6543		6543		10816.0
PESO SUELO COMPACTADO (g)	3838		4181		6543
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.851		2.017		4273
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	0		0		0
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	509.0		505.0		517.0
PESO SUELO SECO + TARA (g)	493.0		481.0		474.0
PESO DEL AGUA (g)	16.0		24.0		43.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	0.0		0.0		0.0
CONTENIDO HUMEDAD (%)	493.0		481.0		474.0
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	3.2		5.0		7.1
	1.793		1.921		1.890

MAXIMA DENSIDAD SECA **2.017** gr/cm³ OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD **7.1** %





CONSULTORES Y CONSTRUCTORES GENERALES
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Cartografía - Asfalto - Ambientes Mineros



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

OBRA : MURO DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE REDES DE AGUA MZ. I, J, K, O, P, R, X, V DEL ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE ZONA JOSÉ CARLOS MARIATEGUI.

MATERIAL : PROPIO
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE
 COORDENADAS : 0
 FECHA RECEPCION : 24/10/2019
 FECHA DE ENSAYO : 24/10/2019

N° CALICATA : C_01
 PROFUNDIDAD : 1.50 m
 ING. RESPONSABLE : F.P.O.
 ENTIDAD :
 SOLICITANTE : SR. RONAL CARHUAS MORALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
 MTC E 108-2000**

N° RECIPIENTE	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	506.00	506.00
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	482.00	482.00
PESO DEL AGUA (g)	24.00	24.00
PESO DEL RECIPIENTE (g)	99.0	99.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	383.00	383.00
HUMEDAD (%)	6.27	6.27
PROMEDIO (%)		6.3

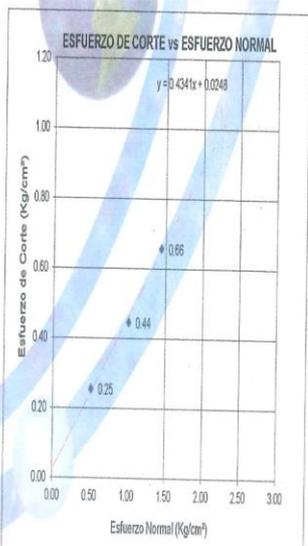
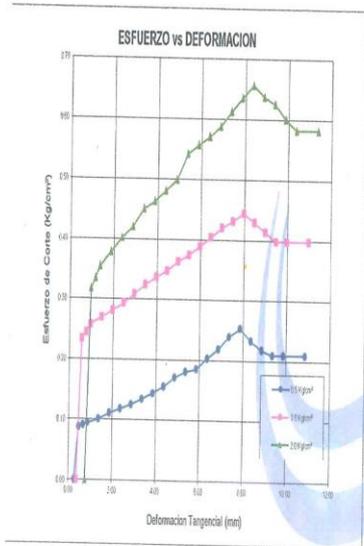
OBSERVACIONES :



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE REDES DE AGUA MZ. I, J, K, O, P, R, X, V DEL ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE ZONA JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
 REVISADO: ING.F.P.O.
 TRAMO: 0
 ESTRUCTURA: REALIZADO: ING.A.P.O.
 UBICACIÓN: ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE
 ENTIDAD: FECHA: 24/10/2019
 SOLICITANTE: SR. RONAL CARHUAS MORALES



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	10.00	20.00	30.00
Área en Corte (cm²)	7.85	7.96	8.36
σ_v (kg/cm²)	0.51	1.01	1.44
τ (kg/cm²)	0.25	0.44	0.66

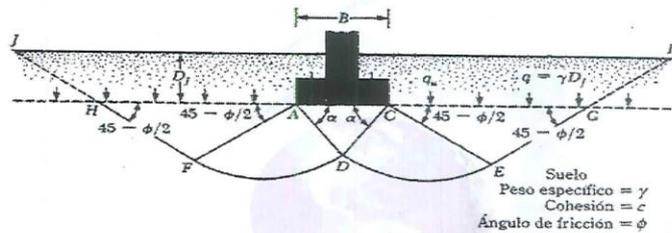
Cohesión = 0.02 kg/cm²
 Ángulo de fricción interna = 25° 52' 01"



CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS

PROYECTO:	MURO DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE REDES DE AGUA MZ. I, J, K, O, P, R, X, V DEL AS
UBICACIÓN:	ASENTAMIENTO HUMANO 8 DE DICIEMBRE
SOLICITA:	SR. RONAL CARHUAS MORALES
ZAPATA:	C_01

TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA SEGÚN TERZAGHI



La ecuación de la capacidad última de carga es la siguiente:

$$q_u = C N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

donde:

Ángulo de F. I. (ϕ°):	25
Cohesión (Kg.f / cm ²):	0.02
Pu (Kg.f):	30000

Nq:	10.66
Nc:	20.72
N γ :	10.88

Peso específico por estrato:

Nº	Altura (m)	γ (Tn/m ³)
Suelo 1	0.2	1.53
Suelo 2	0.2	1.53
Suelo 3	1.1	1.53

Df (m): 1.5 q (Kp/cm²): 0.2295

Capacidad ultima de carga (qu) (Kp/cm²): 4.09

Considerando un factor de seguridad de 3

Capacidad admisible de carga (q adm) (Kp/cm ²):	1.36
---	------

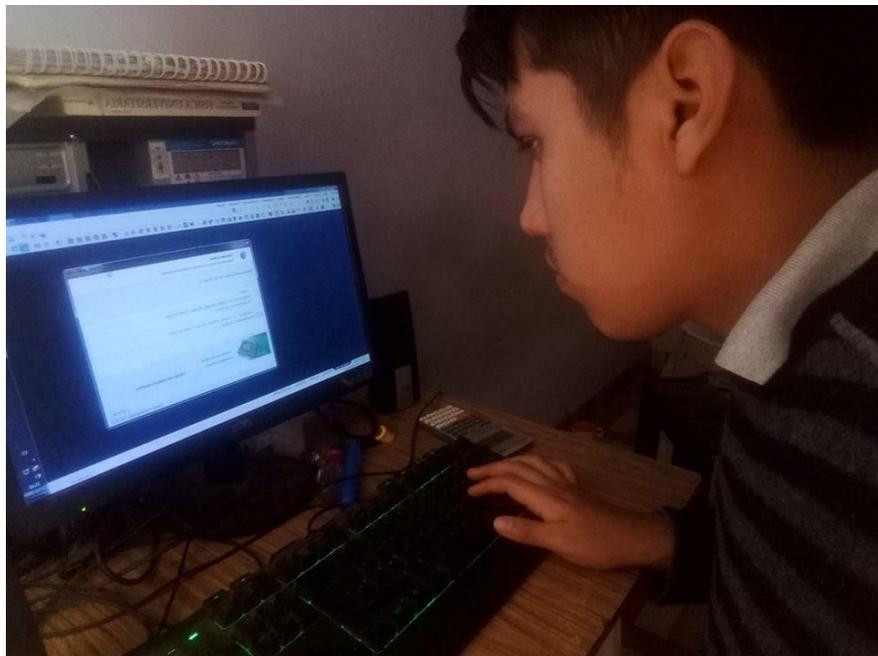
Dimensión calculada de la zapata (B) (m):	1.48
---	------

Panel Fotográfico

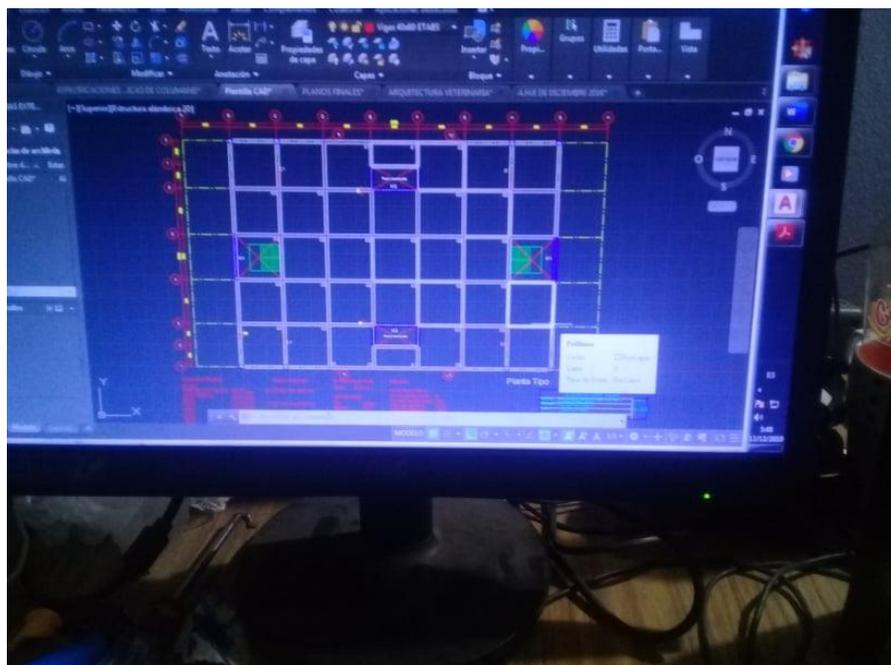
Excavación de calicata para el estudio de suelo



Diseño en los programas Cypecad y Etabs



Diseño de los planos de estructuras



MATRIZ DE CONSISTENCIA

			OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicadores
Problema General	Objetivo General	Hipotesis					
¿Es factible el programa estructural CYPECAD en comparación de ETABS en el cálculo de diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019?	Realizar un diseño sísmico con el software CYPECAD y ETABS de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019.	El software CYPECAD es más factible que el software ETABS en el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019	DISEÑO SISMICO	Históricamente, en Norteamérica el diseño sísmico ha hecho énfasis en el movimiento horizontal del terreno debido a que la componente horizontal de un terremoto excede en general la componente vertical y a que las estructuras son por lo general mucho más rígidas y resistentes para la respuesta ante cargas verticales en comparación con su respuesta ante cargas horizontales. La experiencia ha demostrado que las componentes horizontales son las más destructivas. Para el diseño estructural, la intensidad de un terremoto se describe en términos de la aceleración del terreno como una fracción de la aceleración de la gravedad, es decir, 0.1, 0.2 ó 0.3 g. Aunque la aceleración pico es un parámetro de diseño decisivo, las características de frecuencia y la duración de un terremoto son también importantes; mientras más cercana sea la frecuencia del terremoto a la frecuencia natural de una estructura y mientras mayor sea la duración del terremoto, mayor será el potencial de daño. Considerando un comportamiento elástico, las estructuras sometidas a un sismo de magnitud considerable sufrirán también grandes desplazamientos. (Nilson, p.648)	Esta variable será medida con 3 dimensiones: criterios para el diseño sísmico de estructuras de tierra, hormigon armado, metálicas y madera	NORMAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES EN EL PERÚ	NORMAS TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipotesis Especifico					NORMAS TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS DE ACERO
							NORMAS TÉCNICAS DE CARGAS
¿Qué normativas están implementadas en el software CYPECAD para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima - 2019?	Aplicar las normas técnicas peruanas implementadas en el software CYPECAD para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima - 2019	El software CYPECAD cumple con las normativas que se dan para el diseño sísmico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Lima - 2019.				DISEÑO DE ANALISIS ESTATICO	FACTORES DE COEFICIENTE DE BASAL
			FACTOR DE AMPLIFICACION Y REDUCCION SISMICA				
			FUERZA CORTANTE				
¿Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis estatico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019?	Utilizar el software CYPECAD y ETABS para realizar el diseño de analisis estatico para una vivineda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019	Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis estatico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019	SOFTWARE CYPECAD y ETABS	Software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa Cype Ingenieros S. A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas. La cual permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de la estructura, el dimensionamiento de todos sus elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos y por último la generación de los planos estructurales de la obra de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo; ambos en formato de uso convencional (Santos, p.7).	Esta variable será medida con 2 dimensiones: Uso del software CYPECAD y ETABS	DISEÑO DE ANALISIS DINAMICO	ESPECTRO DE RESPUESTA
							DISTORSIONES MÁXIMAS
							RESTRICCIONES DE IRREGULARIDAD
¿Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis dinamico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019?	Utilizar el software CYPECAD y ETABS para realizar el diseño de analisis dinamico para una vivineda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019	Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis dinamico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019	SOFTWARE CYPECAD y ETABS	Software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa Cype Ingenieros S. A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas. La cual permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de la estructura, el dimensionamiento de todos sus elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos y por último la generación de los planos estructurales de la obra de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo; ambos en formato de uso convencional (Santos, p.7).	Esta variable será medida con 2 dimensiones: Uso del software CYPECAD y ETABS	CYPECAD	INTRODUCCIÓN DE DATOS
							ANALISIS ESTRUCTURAL
							EXPORTACION DE RESULTADOS
¿Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis dinamico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019?	Utilizar el software CYPECAD y ETABS para realizar el diseño de analisis dinamico para una vivineda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA - 2019	Es viable el uso del software CYPECAD y ETABS para el diseño de analisis dinamico de una vivienda de 5 pisos en Villa María del Triunfo, LIMA- 2019	SOFTWARE CYPECAD y ETABS	Software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa Cype Ingenieros S. A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas. La cual permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de la estructura, el dimensionamiento de todos sus elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos y por último la generación de los planos estructurales de la obra de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo; ambos en formato de uso convencional (Santos, p.7).	Esta variable será medida con 2 dimensiones: Uso del software CYPECAD y ETABS	ETABS	INTRODUCCIÓN DE DATOS
							ANALISIS ESTRUCTURAL
							EXPORTACION DE RESULTADOS

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, Keveen Alonso Febres Silva, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulado: "Diseño Sísmico de un edificio de 5 pisos con el uso del CYPECAD y ETABS en Villa María del Triunfo - Lima 2019". Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación/Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, San Juan de Lurigancho 20-12-2019

Apellidos y Nombres del Autor Febres Silva, Keveen Alonso	
DNI: 70946760	Firma 
ORCID: 0000-0001-5902-0557	

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, Rony Ñahuis Suyon, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulado: "Diseño Sísmico de un edificio de 5 pisos con el uso del CYPECAD y ETABS en Villa María del Triunfo - Lima 2019". Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación/Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, San Juan de Lurigancho 20-12-2019

Apellidos y Nombres del Autor Ñahuis Suyon, Rony	
DNI: 74121816	Firma 
ORCID: 0000-0001-5829-7597	