



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Jhan Carlos Fustamante Burga

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud, fe y la fortaleza necesaria para poder culminar con éxito mis estudios y con este proyecto.

A mis padres, quienes con su ejemplo me inspiraron a luchar y ser mejor día a día; en todo momento me están apoyado y no me dejan perecer en mis proyectos personales y profesionales.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés eran para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, por cada consejo y cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. Agradecer a mis docentes de la Universidad Privada del Norte por guiarnos en esta maravillosa carrera y darnos las capacidades y habilidades que el mundo actual nos exige como profesionales.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	29
1.3. Objetivos	29
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	29
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	29
1.4. Hipótesis	29
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de investigación	30
2.1.1. <i>Enfoque</i>	30
2.1.2. <i>Tipo</i>	30
2.1.3. <i>Diseño de Investigación</i>	31
2.2. Variables de Estudio	31
2.3. Población y muestra.....	32
2.3.1. <i>Población</i>	32
2.3.2. <i>Muestra</i>	32
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	32
2.4.1. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	32
2.4.2. <i>Técnicas e instrumentos de análisis de datos</i>	33
2.4.3. <i>Análisis de datos</i>	34
2.5. Procedimiento	35
2.5.1. <i>Procedimiento de recolección de datos</i>	35
2.5.2. <i>Procedimiento de análisis de datos</i>	35
2.5.3. <i>Aspectos éticos</i>	43
CAPÍTULO III. RESULTADOS	44
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
4.1. Discusión	62
4.2. Conclusiones	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	68
ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables	68
ANEXO 2: Matriz de consistencia	69
ANEXO 3: Plano de ubicación	70
ANEXO 4: Planos de distribución arquitectónica	72
ANEXO 5: Plano de estructuración inicial de la edificación	80
ANEXO 6: Formatos de recolección de datos	82
ANEXO 7: Datos generales de la edificación	85
ANEXO 8: Metrado de cargas, predimensionamiento y cálculo de elementos estructurales .	88
ANEXO 9: Modelamiento de la estructura	101
ANEXO 10: Planos arquitectónicos finales de la edificación	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Refuerzo para desarrollo de elementos estructurales	23
Tabla 2 Cortante absorbida en los niveles	44
Tabla 3 Estrés de columnas Nivel 1	45
Tabla 4 Estrés de columnas Nivel 2	45
Tabla 5 Acero requerido en columnas Nivel 1	46
Tabla 6 Acero requerido en columnas Nivel 2	47
Tabla 7 Porcentaje de estrés en placas Nivel 1	48
Tabla 8 Porcentaje de estrés en placas Nivel 2	49
Tabla 9 Acero requerido en placas Nivel 1	49
Tabla 10 Acero requerido en placas Nivel 2	50
Tabla 11 Porcentaje de estrés en vigas con la Norma E.060, Nivel 1	51
Tabla 12 Porcentaje de estrés en vigas con el Código ACI 318-19, Nivel 1	52
Tabla 13 Porcentaje de estrés en vigas con la Norma E.060, Nivel 2	53
Tabla 14 Porcentaje de estrés en vigas con el Código ACI 318-19, Nivel 2	54
Tabla 15 Acero requerido en vigas con la Norma E.060	56
Tabla 16 Acero requerido en vigas con el Código ACI 318-19	57
Tabla 17 Acero requerido en zapatas con el Código ACI 318-19	58
Tabla 18 Acero requerido en zapatas con la Norma E.060	59
Tabla 19 Ratios promedio del área de acero en zapatas, columnas y placas	60
Tabla 20 Porcentaje de optimización del área de acero en zapatas, columnas y placas	60
Tabla 21 Ratios promedio del área de acero en vigas	61
Tabla 22 Porcentaje de optimización del área de acero en vigas	61
Tabla 23 Matriz de operacionalización de variables	68
Tabla 24 Matriz de consistencia	69
Tabla 25 Carga viva y muerta	89
Tabla 26 Predimensionamiento de losa aligerada	89
Tabla 27 Cálculo de área tributaria	90
Tabla 28 Predimensionamiento de vigas	90
Tabla 29 Predimensionamiento de columnas	91
Tabla 30 Cálculo de carga muerta y viva Nivel 1	92
Tabla 31 Cálculo de carga muerta y viva Nivel 2-6	92
Tabla 32 Parámetros para el Predimensionamiento de la zapata	93
Tabla 33 Reacción neta del terreno	94
Tabla 34 Carga de muerta y viva total	98
Tabla 35 Carga muerta y viva distribuida	98
Tabla 36 Parámetros de diseño	99
Tabla 37 Periodo fundamental y masas participativas	127
Tabla 38 Factores de Zona E.030	129
Tabla 39 Factor U	129
Tabla 40 Clasificación del suelo	129
Tabla 41 Factor de suelo	130
Tabla 42 Periodos T_P y T_L	130
Tabla 43 Irregularidades en alturas	131
Tabla 44 Irregularidad de rigidez (piso blando) en XX	131
Tabla 45 Irregularidad de rigidez (piso blando) en YY	132
Tabla 46 Irregularidad de masa o peso	132
Tabla 47 Irregularidades en planta	134

Tabla 48	Discontinuidad del diafragma.....	135
Tabla 49	Categorías y regularidad de las edificaciones	137
Tabla 50	Cálculo del coeficiente de reducción por cargas sísmicas.....	137
Tabla 51	Peso de la edificación	139
Tabla 52	Verificación de ratio del peso.....	139
Tabla 53	Parámetros para el cálculo del coeficiente sísmico C en X.....	140
Tabla 54	Parámetros para el cálculo del coeficiente sísmico C en Y.....	141
Tabla 55	Cálculo del coeficiente sísmico C en ambas direcciones	141
Tabla 56	Comprobación de C/R y obtención de K.....	141
Tabla 57	Cortante estática en X y Y.....	143
Tabla 58	T - C.....	145
Tabla 59	Derivas en X.....	151
Tabla 60	Derivas en Y	152
Tabla 61	Porcentaje de cortante basal asumida en X	157
Tabla 62	Porcentaje de cortante basal asumida en Y	157
Tabla 63	Irregularidad torsional en XX.....	158
Tabla 64	Irregularidad torsional en YY.....	158
Tabla 65	Cortante dinámica en X y Y	159
Tabla 66	Factor de escala	159
Tabla 67	Cortante de diseño	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de placas tectónicas	12
Figura 2	Distribución arquitectónica Primer Nivel	35
Figura 3	Distribución arquitectónica Segundo - Sexto Nivel.....	36
Figura 4	Distribución arquitectónica Azotea.....	36
Figura 5	Predimensionamiento de losa aligerada.....	37
Figura 6	Predimensionamiento de losa maciza	38
Figura 7	Predimensionamiento de vigas.....	38
Figura 8	Predimensionamiento para columnas centradas	39
Figura 9	Predimensionamiento para columnas excéntricas y esquinadas	39
Figura 10	Estructuración inicial de la edificación	40
Figura 11	Modelado en planta de la edificación.....	41
Figura 12	Modelo final de la edificación.....	42
Figura 13	<i>Vista modelo para áreas de acero en columnas y vigas</i>	<i>48</i>
Figura 14	<i>Vista del modelo para áreas de acero en placas</i>	<i>51</i>
Figura 15	<i>Vista del modelo para áreas de acero en vigas</i>	<i>58</i>
Figura 16	Diferencia de acero requerido en zapatas con ACI 318-19 y E.060	59
Figura 17	Diagrama de viga	97
Figura 18	Configuración de Grid	102
Figura 19	Colocación de puntos	102
Figura 20	<i>Vista en planta</i>	<i>103</i>
Figura 21	<i>Definición de materiales</i>	<i>104</i>
Figura 22	<i>Concreto de 210 kg/cm²</i>	<i>105</i>
Figura 23	<i>Acero de refuerzo</i>	<i>106</i>
Figura 24	<i>Definición de barras de acero</i>	<i>106</i>
Figura 25	<i>Definición de losa</i>	<i>107</i>
Figura 26	<i>Losa aligerada de 20 cm</i>	<i>107</i>
Figura 27	<i>Losa maciza de 20 cm</i>	<i>108</i>
Figura 28	<i>Placa de 25 cm</i>	<i>109</i>
Figura 29	<i>Placa de 20 cm</i>	<i>109</i>
Figura 30	<i>Definición de secciones para columnas</i>	<i>110</i>
Figura 31	<i>Col 25x25 cm</i>	<i>110</i>
Figura 32	<i>Configuración de columna.....</i>	<i>111</i>
Figura 33	<i>Viga 25x40</i>	<i>111</i>
Figura 34	<i>Configuración de vigas</i>	<i>112</i>
Figura 35	<i>Draw Columns</i>	<i>112</i>
Figura 36	<i>Propiedades de objetos</i>	<i>113</i>
Figura 37	<i>All Stories</i>	<i>113</i>
Figura 38	<i>Inserción de columnas</i>	<i>113</i>
Figura 39	<i>Draw Walls</i>	<i>114</i>
Figura 40	<i>Properties of Object</i>	<i>114</i>
Figura 41	<i>Inserción de placas</i>	<i>115</i>
Figura 42	<i>Draw Beam</i>	<i>115</i>
Figura 43	<i>Properties of Object</i>	<i>115</i>
Figura 44	<i>Vista en planta de los elementos agregados</i>	<i>116</i>
Figura 45	<i>Draw Floor</i>	<i>116</i>
Figura 46	<i>Properties of Object.</i>	<i>116</i>
Figura 47	<i>Vista en planta de la losa</i>	<i>117</i>

Figura 48	<i>Vista en planta de la edificación</i>	117
Figura 49	<i>Vista 3D de la edificación</i>	118
Figura 50	<i>Asignación de releases</i>	118
Figura 51	<i>Inserción de releases</i>	119
Figura 52	<i>Longitudes de desarrollo para anclaje de acero</i>	119
Figura 53	<i>Empotramiento de la base</i>	120
Figura 54	<i>Asignación de brazos rígidos</i>	120
Figura 55	<i>Asignación de brazos rígidos – Vista 3D de la edificación</i>	121
Figura 56	<i>Cargas vivas y muertas por gravedad</i>	121
Figura 57	<i>Ingreso de las cargas en paños de losa</i>	122
Figura 58	<i>Asignación de cargas muertas distribuidas</i>	122
Figura 59	<i>Vista de las cargas muertas distribuidas en la estructura</i>	124
Figura 60	<i>Asignación de diafragmas rígidos</i>	124
Figura 61	<i>Aplicación de diafragma rígido en cada nivel</i>	125
Figura 62	<i>Edit Modal Case</i>	125
Figura 63	<i>Modal case</i>	126
Figura 64	<i>Masa de la edificación</i>	126
Figura 65	<i>Mass Source</i>	127
Figura 66	Mapa de zonificación sísmica del Perú.....	128
Figura 67	Sistemas estructurales y Ro.....	130
Figura 68	Verificación de irregularidad geométrica vertical.....	133
Figura 69	Verificación de discontinuidad en los sistemas resistentes.....	134
Figura 70	Verificación de esquinas entrantes.....	135
Figura 71	Aberturas en la edificación.....	135
Figura 72	Verificación de sistemas no paralelos.....	136
Figura 73	Combo para obtener el peso sísmico.....	138
Figura 74	<i>Load Patters</i>	140
Figura 75	<i>Edición del seismic load pattern en X</i>	142
Figura 76	<i>Edición del seismic load pattern en Y</i>	142
Figura 77	<i>Definición del espectro según la norma E.030</i>	144
Figura 78	<i>Asignación de los parámetros sísmicos de la edificación</i>	144
Figura 79	Periodo vs pseudo aceleración.....	146
Figura 80	Nuevo Load Case para sismo dinámico.....	147
Figura 81	Definición del sismo dinámico en la dirección X.....	147
Figura 82	Definición del sismo dinámico en la dirección Y.....	148
Figura 83	Combo para los desplazamientos inelásticos en X.....	149
Figura 84	Combo para los desplazamientos inelásticos en Y.....	149
Figura 85	Límites para la distorsión del entrepiso.....	150
Figura 86	Vista gráfica de las derivas en X.....	150
Figura 87	Vista gráfica de las derivas en Y.....	151
Figura 88	Cortante para el sismo dinámico en X.....	152
Figura 89	Corte de la sección para el sismo dinámico en X.....	153
Figura 90	Cortante de la sección asumida por columnas y placas en X.....	153
Figura 91	Cortante de la sección asumida solo por placas en X.....	154
Figura 92	Cortante de la sección asumida solo por columnas en X.....	154
Figura 93	Cortante para el sismo dinámico en Y.....	155
Figura 94	Corte de la sección para el sismo dinámico en Y.....	155
Figura 95	Cortante de la sección asumida por columnas y placas en Y.....	156
Figura 96	Cortante de la sección asumida solo por placas en Y.....	156

Figura 97	Cortante de la sección asumida solo por columnas en Y	157
Figura 98	Creación de combo para sismo de diseño en X	160
Figura 99	Creación de combo para sismo de diseño en Y	160
Figura 100	Definición de los combos de diseño para la Norma E.060	161
Figura 101	Creación de la envolvente para la Norma E.060.....	162
Figura 102	<i>Propiedades de diseño en concreto</i>	162
Figura 103	<i>Modificación del código de diseño según E.060</i>	163
Figura 104	<i>Modificación de elementos frame como elementos ordinarios</i>	163
Figura 105	Definición de los combos de diseño para el Código ACI 318-19.....	164
Figura 106	Creación de la envolvente para el Código ACI 318-19	164
Figura 107	<i>Código de diseño según ACI 318-19</i>	165
Figura 108	<i>Modelo final de la edificación</i>	165

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°1.	19
Ecuación N° 2. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°2.	19
Ecuación N° 3. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°3.	20
Ecuación N° 4. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°4.	20
Ecuación N° 5. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°5.	20
Ecuación N° 6. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°6.	20
Ecuación N° 7. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°7.	20
Ecuación N° 8. Momento último.	20
Ecuación N° 9. Cortante última.	23
Ecuación N° 10. Cortante nominal.	24
Ecuación N° 11. Combinación de cargas E.060 para diseño N°1.	25
Ecuación N° 12. Combinación de cargas E.060 para diseño N°2.	25
Ecuación N° 13. Combinación de cargas E.060 para diseño N°3.	25
Ecuación N° 14. Esfuerzo neto del terreno 93	93
Ecuación N° 15. Esfuerzo neto del terreno. 94	94
Ecuación N° 16. Cortante por punzonamiento 94	94
Ecuación N° 17. Cortante última por punzonamiento 94	94
Ecuación N° 18. Verificación de cortante por punzonamiento 94	94
Ecuación N° 19. Cuantía para diseño 95	95
Ecuación N° 20. Asentamiento requerido 95	95
Ecuación N° 21. Asentamiento obtenido 95	95
Ecuación N° 22. Acero mínimo 96	96
Ecuación N° 23. Verificación de momento 96	96
Ecuación N° 24. Excentricidad 99	99
Ecuación N° 25. G para diagrama de interacción 99	99
Ecuación N° 26. Momento 99	99
Ecuación N° 27. Cuantía de diseño 99	99
Ecuación N° 28. Área de acero 99	99
Ecuación N° 29. Reducción sísmica 136	136
Ecuación N° 30. Ecuación para T, C 138	138
Ecuación N° 31. Ecuación de la cortante basal. 138	138
Ecuación N° 32. Pseudo aceleración espectral. 143	143

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la ratio de optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E0.60 en una edificación multifamiliar de 6 niveles, de concreto armado, de tipo dual, con un suelo de capacidad portante promedio (0.90 kg/cm^2), diseñada con las normativas E.020, E.030 y E0.60, con un área de 200 m^2 en los cuales el primer nivel está destinado a oficinas y del segundo al sexto nivel con características típicas de una vivienda multifamiliar; se realizó el diseño arquitectónico, predimensionamiento, estructuración inicial y modelamiento de la estructura apoyándonos en hojas de cálculo de Microsoft Excel y el software Etabs V19.0. Se obtuvieron las áreas de acero requeridas en cada elemento estructural diseñadas con cada normativa, donde se observó que las ratios máximas en área de acero requerido y porcentaje de optimización en el diseño de cada elemento estructural van de la siguiente manera: en columnas 2.60 cm^2 y 17.24%, en vigas en el momento izquierdo, central y derecho tenemos 1.47 cm^2 , 0.67 cm^2 , 1.85 cm^2 y 19.87%, 11.04%, 18.50% respectivamente, en placas 6.06 cm^2 y 19.43%, en zapatas 5.11 cm^2 y 18.36% con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060. Por lo tanto, se concluye que la Norma E.060 requiere mayor acero y sección en los elementos estructurales; así como que sus coeficientes y parámetros son mayores a los del Código ACI 318-19 por lo que se debería realizar un ajuste a los mismos.

Palabras clave: E.060, ACI 318-19, Diseño estructural.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La actividad sísmica se debe a que el planeta está compuesto por placas tectónicas, las cuales hacen fricción debido a que están en un continuo rozamiento entre sí, lo que genera acumulación de energía, la cual a veces se libera originando un movimiento sísmico. El planeta está compuesto por cerca de 13 placas tectónicas, así como la placa; Antártica, Africana, Euroasiática, Pacífica, Sudamericana, Norteamericana, entre otras que se observan en la Figura 1. Dentro de los fenómenos causantes de que ocurran sismos se reconocen tres clases: los sismos de origen tectónico, los de origen volcánico y los artificialmente producidos por el hombre. Siendo los más devastadores los sismos de origen tectónico, debido a esto con la ayuda de la ingeniería podemos predecir el daño, con el objetivo de tomar medidas de prevención. (Cordero Montoya & Estrada Rivera, 2013)

Figura 1

Mapa de placas tectónicas



Nota. Figura reproducida del libro de Avilés, 1999.

El mundo se ha visto en la necesidad de emplear diversas técnicas para poder garantizar la continuidad de las estructuras, en ese punto se ha creado la ingeniería estructural o sismorresistente. Escudero(2018) nos dice *“La ingeniería sismorresistente, definida como disciplina científica cuyo fin es mejorar la resistencia de estructuras ante los eventos sísmicos, nació en la década del 60. Para ese entonces, el proceso de diseño era un asunto básico que se ocupaba de evitar el colapso de las estructuras”*.

A nivel mundial se ha estudiado el comportamiento de las estructuras donde la intervención del acero es muy importante por la propiedad de fluencia. En Europa ya existen estudios de la comparativa de acero por lo que siempre los parámetros son actualizados a las nuevas tecnologías, para América se tienen varias instituciones como el ACI, ASCE, ANSI, etc., las cuales periódicamente realizan la actualización de los factores para el diseño de los elementos estructurales siendo vigas, columnas, zapatas, muros de contención, etc., estos elementos estructurales tienen que soportar su propio peso y el de la edificación, para luego soportar una excitación sísmica, es por eso la necesidad de tener actualizada los factores y materiales permitidos para el correcto diseño de los elementos estructurales. (Arroyo, 2018)

Montoya (2013) nos dice que se ha determinado una necesidad de desarrollar sistemas y filosofías de diseño sismorresistente, diseños que han evolucionado conforme los sismos se han presentado, ello ha permitido desarrollar nuevas teorías o códigos; *“... El mundo presenta un diseño que de por si son utilizadas en muchas regiones del mundo, cada región presenta un código por país. Estos códigos establecen un margen o diseño que depende directamente del proyectista o estructurista.”*

Se conoce de varios sistemas de estructuras como acero, concreto, etc., pero ¿cuál de ellos se adecúa correctamente en base a la norma? En este tiempo existen metodologías o formas de diseño que no son tan exactas, incluso sobre estructuradas, por no decir “no tan precisas”, dependiendo del método de análisis y cálculo a realizar sobre la edificación, por lo que se han centrado en la importancia de que la rigidez que se debe emplear en el análisis sísmico es la obtenida de considerar los momentos de inercia de las secciones no agrietadas. (Escudero, 2018)

Es por ello que autores como Amer & Altamirano (2017) *“En base a ensayos y experimentos, es importante la consideración de factores de reducción de rigidez. Estos factores fueron ampliamente aceptados y códigos como el ACI 318 implementaron sus propios factores. En 2003, Priestley dijo que la rigidez de los elementos es proporcional a su resistencia a flexión y la cantidad de carga axial...”*. A raíz de la evidencia experimental provista por Amer & Altamirano, desarrollaron nuevas consideraciones en el refuerzo de los elementos estructurales, por lo que los comités hicieron los ensayos respectivos y las han incorporado en sus respectivos códigos, como el ACI 318.

Es sabido, en base a las propiedades, que la rigidez es una variable que se deteriora durante la vida de servicio de la estructura debido al agrietamiento del concreto ante solicitaciones que están por debajo de su resistencia de diseño. Incluso al someter a los edificios a su propio peso, sus elementos estructurales pierden momento de inercia por agrietamiento y por ende su rigidez. (Caceres, 2016)

Con el paso del tiempo las edificaciones pueden sufrir daño debido al uso, falta de mantenimiento, y principalmente a causa de eventos naturales de gran magnitud, como huracanes, hundimientos, sismos, inundaciones. (Rodríguez, 2007)

Al realizar el diseño de un edificio o un pórtico, inicialmente, se efectúa el diseño sísmico, en este proceso se deben seleccionar las dimensiones de las secciones transversales de las vigas y columnas, que constituyen la estructura, las cuales deben cumplir con las especificaciones mínimas establecidas en cada normativa según sea el lugar o país a desarrollar. Se verifica que por medio de estas dimensiones se cumplan las derivas mínimas para cada piso, como lo estipula la norma sismorresistente pertinente para el cumplimiento. (Caceres, 2016)

Al cargar y evaluar la edificación con las cargas estipuladas en la norma, en algunas ocasiones las derivas cumplen en la primera iteración, con lo cual se usan estas dimensiones para realizar el diseño final de la estructura, pero en este caso no se puede asegurar que las dimensiones son las óptimas. Buscar un buen dimensionamiento, el cual represente por ejemplo el uso mínimo de concreto o la búsqueda de la deriva máxima, puede resultar muy tedioso porque requiere iterar varias veces, razón por la cual, no se realiza un verdadero proceso de optimización. (Caceres, 2016)

Estando en el contexto de la edificación cada país presenta una normativa adecuada y vigente con la que se diseña bajo ciertos parámetros, pero como lo establece “Cáceres & Rodríguez”, estas se encuentran sobrestucturadas por lo que en esta investigación se plantea la optimización del área de acero en la edificación para poder tener un requerimiento mínimo en acero y poder optimizar gastos sin saltarse de la normativa.

Si bien la norma peruana hereda lineamientos de sus pares extranjeros, existe un aspecto en el cual se aprecian diferencias entre la mayoría de ellas: la rigidez de las estructuras. Mientras que en países como Estados Unidos y Nueva Zelanda se considera que los elementos estructurales de los edificios se encuentran agrietados antes de la llegada de un evento sísmico, en Perú se permite considerar que están

intactos. Por ello, se desea profundizar en el estudio de la influencia de la reducción de rigidez debido al agrietamiento en los análisis sísmicos y sus resultados. Para ello, la presente investigación tiene como objetivo realizar el análisis y diseño de dos edificios de concreto armado evaluando los casos de elementos estructurales con rigidez de secciones agrietadas y no agrietadas para comparar su respuesta ante análisis sísmicos lineales y no lineales. (Caceres, 2016)

De esta investigación tenemos estudios previos tales como:

Escudero (2018), en la tesis denominada “Comparación del diseño de muros estructurales de concreto armado según FONDONORMA 1753:2006 y ACI 318-14”, tuvo como objetivo comparar la normativa FONDONORMA 1753:2006 con el Código ACI 318-14, con respecto al diseño de muros de concreto armado donde se buscó concebir propuestas estructurales con desempeños óptimos. Para lo cual se empleó una carga lateral en el diseño basado en las características mecánicas y de diseño en cada norma, donde se comparó con los parámetros de absorción de carga en los pórticos, observando una desactualización dificulta la utilización de los muros de manera ideal, como conclusión se observó, de manera tal que se evidencien, las deficiencias del código local (Venezolano), en tal sentido realizando el cálculo estructural de forma sistematizada, se llegó a determinar que el código FONDONORMA 1753:2006 es poco preciso y la normativa internacional presencia valores más discretos.

Chorro (2014), en la tesis denominada “Diseño de elementos estructurales en edificios de Concreto reforzado” pretende el estudio y aplicación de los requisitos generales y específicos del código de diseño “Building Code Requirements for

Structural Concrete (ACI 318-02)” del American Concrete Institute, para el diseño de los elementos estructurales comunes en edificios. Seguidamente estudió las hipótesis en las cuales se fundamenta el diseño por flexión y carga axial (sección 10.2 del código), por lo que se elaboraron programas para diseño de muros de cortante, muros de retención en voladizo y con contrafuertes, losas en una y dos direcciones, zapatas aisladas, zapatas combinadas, zapatas con viga de fundación, zapatas aisladas sobre pilotes, vigas, columnas cortas, ménsulas y reborde de viga. Obteniendo como resultado que existe una sobreestructuración por la misma filosofía de la normativa pero que se puede ajustar en base a coeficientes, por lo cual se recomienda al comité de la normativa realizar estos ensayos.

Mogollón (2014) , en la tesis denominada “Comparación estructural y económica al diseñar un edificio de 5 niveles con 1 sótano, usando acero estructural y concreto armado”, la cual consiste de un sistema de pórticos de Acero Estructural y una caja de ascensor de concreto armado, para el análisis estructural estático y dinámico elaboró un modelo tridimensional según las exigencias del Software ETABS. Las solicitaciones de carga se obtuvieron de acuerdo a la Norma de Cargas E.020 y se verificó que los desplazamientos relativos de entrepisos fueran menores a los establecidos por la norma de Diseño Sismorresistente E.030. La respuesta final quedó definida por medio de la combinación de la respuesta de todos los modos de vibración de la estructura. La capacidad portante del terreno a la profundidad de cimentación de 3.80m es de $3\text{Kg}/\text{cm}^2$ teniendo en consideración una profundidad de cimentación de 0.75m por debajo del nivel de piso terminado del Sótano, obteniendo como conclusión que el acero tiene mejor comportamiento, pero es más caro a comparación de utilizar concreto.

Huamán (2013), en la tesis denominada “Estudio del Puente San Juan”, tuvo como objetivo analizar a profundidad el puente San Juan. Desarrolló el análisis y diseño estructural de un puente carrozable, ubicado en el distrito de San Juan, el cual consta de un solo tramo y tiene una longitud entre apoyos de 25 metros, está diseñado para soportar la carga de un camión HL-93. La superestructura es de tipo mixta, conformada por un tablero de concreto armado de 20 cm. de espesor y 2 vigas de acero tipo plate girder, la subestructura por estribos de concreto armado y estará cimentado sobre un suelo de 20 ton m² de capacidad portante. La estructuración y predimensionamiento estructural, está basado en las Normas AASHTO LRFD (Diseño por factores), el Manual de Diseño de Puentes y la Norma E.060 de Concreto Armado. Para el análisis y diseño estructural del tablero se utilizó el programa SAP2000, también se utilizó el programa CSI BRIDGE para el diseño de las 2 vigas principales, las vigas diafragma centrales y apoyo, entre otros. Como conclusión se obtuvo que optimizando el diseño estructural se pudo mejorar el costo del proyecto.

Dadas estas investigaciones, utilizaremos un marco teórico para el diseño de elementos estructurales bajo el Código ACI 318-19 y la Norma E.060.

Pórticos principales:

Aquellos donde están ubicadas las vigas principales, que son las que cargan las losas de los pisos o techos, por lo que las cargas de gravedad serán considerables. (Ottazzi, 2004)

Pórticos secundarios:

Aquellos donde se encuentran ubicadas las vigas secundarias, que son las que no cargan las losas de los pisos o techos, en estas vigas sólo se tiene la carga debida a su propio peso, una pequeñísima porción de losa y eventualmente la de algún tabique o parapeto directamente apoyado en éstas; por estas razones el diseño de estas vigas se efectúa básicamente con los esfuerzos producidos por cargas de sismo. (Ottazzi, 2004)

Según el Código ACI 318-19 se tiene:

El diseño de los elementos estructurales se debe realizar para resistir esfuerzos máximos obtenidos de combinaciones de cargas amplificadas (resistencia última), determinados por medio del análisis estructural, suponiendo una respuesta lineal elástica de la estructura. Por lo que la resistencia requerida por el momento debido a las cargas existentes (carga última), según el capítulo 5, artículo 5.3, se calcula usando los siguientes combos de cargas amplificadas (carga muerta, carga viva, carga de viento y carga de sismo):

$$U = 1.4D$$

Ecuación N° 1. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°1.

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$$

Ecuación N° 2. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°2.

$$U = 1.2D + 1.6 (Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0L \text{ o } 0.5W)$$

Ecuación N° 3. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°3.

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$$

Ecuación N° 4. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°4.

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$$

Ecuación N° 5. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°5.

$$U = 0.9D + 1.0W$$

Ecuación N° 6. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°6.

$$U = 0.9D + 1.0E$$

Ecuación N° 7. Combinación de cargas ACI 318-19 para diseño N°7.

Diseño por flexión:

El diseño de las secciones transversales de los elementos sujetos a flexión deberá basarse en la expresión. (Ottazzi, 2004)

$$M_u = \phi \times M_n$$

Ecuación N° 8. Momento último.

donde:

M_u : es la resistencia requerida por flexión en la sección analizada

M_n : es la resistencia nominal a la flexión de la sección.

ϕ : factor de reducción de capacidad = 0.9

El diseño por resistencia de elementos sujetos a flexión deberá satisfacer las condiciones de equilibrio y compatibilidad de deformaciones, y deberá basarse en las hipótesis dadas en la Norma E.060 Concreto Armado. Acápite 11.2.1. (Ottazzi, 2004)

Límites del refuerzo

Los límites para secciones simplemente reforzadas se señalan a continuación:

Refuerzo máximo:

En elementos sujetos a flexión, el porcentaje de refuerzo proporcionado no deberá exceder de $0.75 b$, donde b es el porcentaje de refuerzo que produce la condición balanceada. Límite balanceado, es el punto en que el concreto llega a esfuerzos máximos (máxima deformación) y el acero llega a la fluencia. (Ottazzi, 2004)

Refuerzo mínimo:

El área mínima de refuerzo de secciones rectangulares, podrá calcularse con:

Fisuración por flexión:

Los elementos de concreto trabajando en flexión bajo cargas de servicio tienen agrietamientos en las zonas traccionadas. Si la distribución del acero en tracción es adecuada, éstas fisuras son muy pequeñas, siendo normales aquellas que tienen un espesor del orden de 0.1 a 0.3 mm. El control de los anchos de las fisuras debe hacerse para prevenir la corrosión del refuerzo y el aspecto estético. (Ottazzi, 2004)

La Norma Peruana no especifica un ancho máximo de fisura, sino que sigue el criterio del Código Americano (ACI), el cual indica que debe evaluarse un coeficiente

“Z”, debiendo ser este menor a 31000 kg/cm para condiciones de exposición interior o menor a 26000 kg/cm para condiciones de exposición exterior. (Ottazzi, 2004)

Límites para el espaciamiento del refuerzo:

El espaciamiento libre entre barras paralelas de una capa deberá ser mayor o igual a su diámetro, 2.5 cm. o 1.3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. En caso que se tengan varias capas paralelas de refuerzo, las barras de las capas superiores deberán alinearse con las inferiores, de manera de facilitar el vaciado; la separación libre entre capa y capa de refuerzo será mayor o igual a 2.5 cm. (Ottazzi, 2004)

Recubrimiento para el refuerzo:

Para concreto no expuesto al ambiente (protegido por un revestimiento) vaciado con encofrado, el recubrimiento debe ser 4 cm. medido al estribo. (Ottazzi, 2004)

Desarrollo y empalmes del refuerzo

Desarrollo del refuerzo:

De acuerdo a lo estipulado en la Norma E.060 Concreto Armado. Acápites 8.2.1 y 8.3.1, se ha elaborado la siguiente tabla, con longitudes de anclaje en tracción y compresión para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Ottazzi, 2004)

Tabla 1

Refuerzo para desarrollo de elementos estructurales

Diámetro	Área cm²	ldb Tracción cm	ld Compresión cm
3/8"	0.71	30	22
1/2"	1.29	32	30
5/8"	2.00	40	37
3/4"	2.84	50	44
1"	5.10	89	59

Nota: Esta tabla fue extraída del libro de Otazzi, 2016. "Diseño de elementos estructurales"

Recomendaciones prácticas para un diseño ordenado y económico:

El diseño no necesariamente es el reflejo exacto de un cálculo, sino que debe ser una expresión del profesional que realiza el proyecto; el diseñador debe ir más allá de los resultados numéricos del análisis y considerar todos los factores adicionales que uno percibe en la estructura no limitándose al resultado obtenido en un elemento, sino observando con más amplitud otros similares y tratando de comprender el comportamiento del conjunto de elementos. El diseño en sí es un arte; esta afirmación nos da la certeza que las computadoras, si bien son valiosísimas como elementos de análisis, no reemplazarán al diseñador. (Ottazzi, 2004)

Diseño por corte:

El diseño de las secciones transversales de los elementos sujetos a fuerza cortante deberá basarse en la expresión:

$$V_u = \phi \times V_n$$

Ecuación N° 9. Cortante última.

donde:

V_u : es la resistencia requerida por corte en la sección analizada

V_n : es la resistencia nominal al corte de la sección. $\phi = 0.85$

La resistencia nominal (V_n) estará conformada por la contribución del concreto (V_c) y por la contribución del acero (V_s) de tal forma que:

$$V_n = V_c + V_s$$

Ecuación N° 10. Cortante nominal.

Análisis de columnas:

Las columnas son elementos que están sometidos principalmente a esfuerzos de flexo-compresión. Los efectos de esbeltez de las columnas, y la consiguiente reducción de su capacidad de carga se evalúan en forma independiente al diseño propiamente dicho, mediante la consideración de los momentos generados por las deformaciones transversales de las columnas (momentos de 2do. orden) o mediante procesos aproximados que comprenden la estimación de factores que corrigen a los momentos del análisis estructural (momentos de 1er orden). (Ottazzi, 2004)

Según la Norma E.060 se tiene:

Requisitos generales de resistencia y servicio:

Las estructuras y elementos estructurales deberán diseñarse para obtener, en todas sus secciones, resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas amplificadas en las combinaciones que se

estipula en la Norma E. 060 Concreto Armado, del Reglamento Nacional de Construcciones. La resistencia requerida (U) para cargas muertas (CM), vivas (CV) y de sismo (CS) deberá ser como mínimo:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

Ecuación N° 11. Combinación de cargas E.060 para diseño N°1.

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

Ecuación N° 12. Combinación de cargas E.060 para diseño N°2.

$$U = 0.9 CM \pm CS$$

Ecuación N° 13. Combinación de cargas E.060 para diseño N°3.

Consideraciones en el acero:

- Para barras de refuerzo con f_y mayor que 420 MPa, la resistencia a la fluencia debe tomarse como el refuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.35%.
- Las barras deben de cumplir con las NTP 341.031 o NTP 339.186.
- El alambre corrugado para el refuerzo del concreto debe cumplir con la NTP 341.068.
- Las mallas electrosoldadas de alambre liso deben de cumplir con la NTP 350.002
- Las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400 mm.

Gancho estándar:

El término gancho estándar se usa en esta norma con uno de los siguientes significados:

- Un dobléz de 180° más una extensión de 4db (diámetros de barra), pero no menor de 65 mm hasta el extremo libre de la barra.
- Un dobléz de 90° más una extensión de 12db hasta el extremo de la barra.
- Para ganchos de estribos y ganchos de grapas suplementarias.
- Para barras de $5/8''$ y menores de un dobléz de 90° más una extensión de 6db al extremo libre de la barra.
- Para barras de $3/4$ hasta $1''$ inclusive, un dobléz de 90° más una extensión de 12db, al extremo libre de la barra.
- Para barras de $1''$ y menores, un dobléz de 135° más una extensión de 6db al extremo libre de la barra.

Diseño estructural de concreto

Resistencia:

Es necesario comprobar que las respuestas de la estructura (deflexiones, agrietamiento, vibraciones, etc.) queden limitadas a valores tales que el funcionamiento en condiciones de servicio sea satisfactorio.

En vigas:

Área Axial; en caso de considerar deformaciones axiales se puede asumir que la rigidez axial es aportada por toda la sección de la viga. En caso de vigas con alas o patines se puede tomar adicionalmente, a cada lado un ancho de los patines entre 3 a 4 veces de su espesor o su ancho real efectivo, el que fuere menor.

Inercia para Flexión; para la rigidez a flexión se puede tomar una inercia que varía entre el 50% al 80% de la inercia total.

En columnas:

Área axial; para la rigidez axial se considera el 100% del área de la columna.

Inercia para Flexión; la inercia se considera el 100% de la sección bruta de la columna, esto debido a que las columnas se encuentran sometidas a grandes fuerzas de compresión.

Área Cortante; en caso de considerar deformaciones por corte, se puede tomar una que corresponde a toda la sección transversal.

Resistencia Mínima:

- Se fija la Resistencia mínima del Concreto con fines estructurales en 175 kg/cm².
- Concreto Estructural Simple 140 kg/cm² (Cap. 22)
- Elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21) 210 kg/cm²
- Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (Cap. 21) 175 kg/cm²
- Elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21) 4,200 kg/cm²
- Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (Cap. 21) Se permiten mallas electrosoldadas.

Resistencia máxima:

No se fija un valor máximo para f'_c , salvo para elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21) $f'_c \text{ max} = 550 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia de Diseño para el Refuerzo de Acero:

- f_y, f_{yt} max. 5,500 kg/cm²
- Espirales f_{yt} max 7,000 kg/cm² (Cap. 10)
- f_y, f_{yt} max. Cortante 4,200 kg/cm² (Cap. 11)
- f_y, f_{yt} max. Torsion 4,200 kg/cm² (Cap. 11)
- Elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21) 4,200 kg/cm.
- Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (Cap. 21) Se permiten mallas electrosoldadas.

Se ha observado en las investigaciones mencionadas que, varios autores comparan diferentes normativas donde el problema final en común es en el diseño de elementos estructurales la cantidad de acero a colocar en cada uno de ellos, como en vigas, columnas, zapatas, etc.

Por lo que en esta investigación se estudió la optimización del área de acero para los elementos estructurales de una edificación multifamiliar de 6 niveles. Para ello se diseñó la edificación, la cual el primer nivel está destinado a oficinas y del segundo al sexto nivel con características típicas de una vivienda multifamiliar; presenta un frontis de 10 m y un largo de 20 m, con un área total de 200 m² y un perímetro de 60 metros lineales, considerando un suelo con una capacidad portante promedio (0.90 kg/cm²) dentro de la ciudad de Cajamarca. Se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales como zapatas, columnas, placas y vigas; el diseño de las áreas de acero fue realizado con la Norma E.060 y el Código ACI 318-19, respectivamente, para posteriormente modelarse en el software ETABS V19.0 y verificar el cumplimiento con la normativa E.030. Al final se compararon entre sí los diseños de los elementos estructurales con el Código ACI 318 – 19 y la Norma E.060 para así obtener las ratios de optimización del área de acero.

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto se optimiza el área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la ratio de optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar el área de acero de los elementos estructurales con el Código ACI 318-19 y la Norma E.060.
- Comparar el acero de diseño de los elementos estructurales entre el Código ACI318-19 y la Norma E.060:
- Proponer consideraciones para el diseño de áreas de acero en viviendas multifamiliares.

1.4. Hipótesis

El área de acero se optimiza en un 20 % con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Enfoque

El enfoque considerado para esta investigación es el cuantitativo, el cual según Borja (2012) *“Plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de investigación y probar las hipótesis a través de una medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población...”*, ya que obtendremos resultados mediante cálculos numéricos y la obtención de cantidades exactas de acuerdo a las normativas vigentes.

2.1.2. Tipo

Las investigaciones tienen diferentes caracteres según Hernández Sampieri (2016) *“La investigación descriptiva es aquella donde describe lo que ocurre en base a un conocimiento o base científica donde puede ser normativa, metodología, etc.; por lo cual el investigador describirá los resultados encontrados a partir de la base científica aplicada a una variable dependiente...”*, por lo que en base a nuestra metodología de la investigación científica se tiene un carácter DESCRIPTIVO, ya que se busca describir lo que ocurre al aplicar la normativa E.060 y ACI 318 -19 en el diseño y optimización del área de acero de los elementos estructurales.

2.1.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es transversal; según Hernández Sampieri (2016) *“Se desarrolla la investigación bajo cierto tiempo o condiciones que hacen cambiante una de las variables, por lo general suelen ser normativas, estatutos o códigos, etc.; que son asociados a otras normativas, dicho de otra manera la investigación y los resultados obtenidos son para determinado tiempo ...”* ya que al obtener resultados de los cálculos y cantidades a través de Microsoft Excel y Etabs V19.0, serán descritas para este tiempo con las normativas vigentes del Código ACI 318-19 y la Norma E.060.

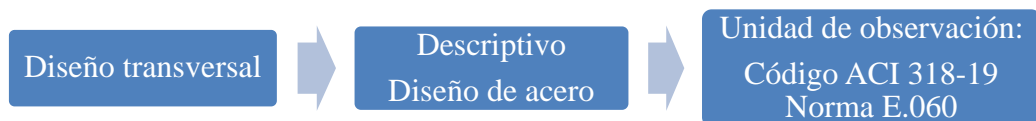
Esquema de un diseño transversal:



donde:

M (muestra): La muestra es la edificación de 6 niveles (ver anexo 4)

O (Observación): Describir el diseño de acero según E.060 y ACI 318-19



2.2. Variables de Estudio

Independiente: Por el carácter de investigación descriptiva que se basa en un conocimiento existente tenemos como variables independientes:

- Código ACI 318-19
- Norma E.060

Dependiente: Sobre la base de conocimiento se manipula o aplica las normativas, siendo la variable dependiente:

- Área de acero

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Dentro de la población están todas las edificaciones que se pueden diseñar en la ciudad de Cajamarca con la Norma E.060, con el tipo de suelo y capacidad portante promedio (0.90 kg/cm^2) y tipo de material de construcción concreto armado.

2.3.2. Muestra

Para la presente investigación se consideró una muestra no probabilística por conveniencia del investigador, por lo que dentro de todas las edificaciones que se pueden diseñar en la ciudad de Cajamarca, se seleccionó a una edificación de 6 niveles, de concreto armado, con un suelo de capacidad portante promedio (0.90 kg/cm^2), ubicada en la Av. Prolongación de vía (ver anexo 3), diseñada con las normativas E.020, E.030 y E.060, con un área de 200 m^2 en los cuales el primer nivel está destinado a oficinas y del segundo al sexto nivel con características típicas de una vivienda multifamiliar (ver anexo 4).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada en esta investigación para la recolección de datos fue:

- Recopilación de datos, con la cual se obtuvo las características arquitectónicas generales de la edificación y su estructuración inicial.

Los instrumentos que nos permitieron recoger los datos generales de la edificación fueron:

- Formato de recolección de datos arquitectónicos de la edificación, en el cual se contempla el nombre del proyecto, la ubicación, el número de niveles, área, perímetro, uso de la edificación y la capacidad portante del terreno para la ciudad de Cajamarca (ver anexo 6).
- Formato de recolección de datos estructurales iniciales de la edificación, en el cual se contempla la información obtenida de la estructuración inicial, tal como el tipo de estructura de la edificación, las secciones asignadas para las columnas, vigas y placas, el espesor para la losa aligerada y para la losa maciza (ver anexo 6).

2.4.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.

La técnica utilizada en esta investigación para el análisis de datos fue:

- Comparación, con la cual se analizaron las áreas de acero diseñadas para cada elemento estructural y así obtener las ratios de optimización de las mismas entre cada normativa.

Los instrumentos que nos permitieron saber la diferenciación del área de acero entre normativas fueron Microsoft Excel y Etabs V19.0; ya que a través de ellos se recolectó la información mediante:

- Cuadros de datos obtenidos de Microsoft Excel y el software Etabs. V19.0, de los cuales se obtuvo la información necesaria para dar por válido el modelamiento de la estructura; tales como: periodo fundamental y masas participativas, peso de la edificación, rigidez lateral, cortante

estática, dinámica y de diseño, derivas, porcentaje de cortante basal asumida por elemento estructural, torsión en el diafragma, etc.

- Cuadros de comparación de esfuerzos y cortantes por elemento estructural, para determinar con cual diseño cada elemento trabaja mejor y, por lo tanto, su nivel de estrés y exigencia es menor.
- Tablas de comparación para las áreas de acero de los elementos estructurales, donde se obtuvo la diferencia de acero requerido según cada normativa y, así mismo, el porcentaje promedio de optimización que se puede obtener por elemento estructural.

2.4.3. Análisis de datos

- Se realizó una recolección de la información necesaria para iniciar el diseño de la edificación.
- Se procedió a proponer una estructuración en base a la arquitectura inicial y realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales.
- Obtenido el modelo base se analizó la edificación estáticamente obteniendo su cortante basal para cumplir con la normativa E.030.
- A partir del modelo se agregaron placas en dirección X e Y, para no malograr la arquitectura del diseño, agregar rigidez y cumplir con la normativa E.030.
- Se procedió a configurar el diseño en Etabs bajo las dos normativas E.060 y ACI 318-19, obteniendo información para trabajar en el gabinete.
- Se analizó las derivas obtenidas del diseño para cumplir la normativa E.030.
- Se analizó las cortantes y momento de las columnas, placas, zapatas y vigas con cada normativa para ser comparadas en Excel.
- Se obtuvieron gráficos de las comparaciones de los elementos estructurales, así como del área de acero requerido por los mismos en cada normativa.

Figura 3

Distribución arquitectónica Segundo - Sexto Nivel

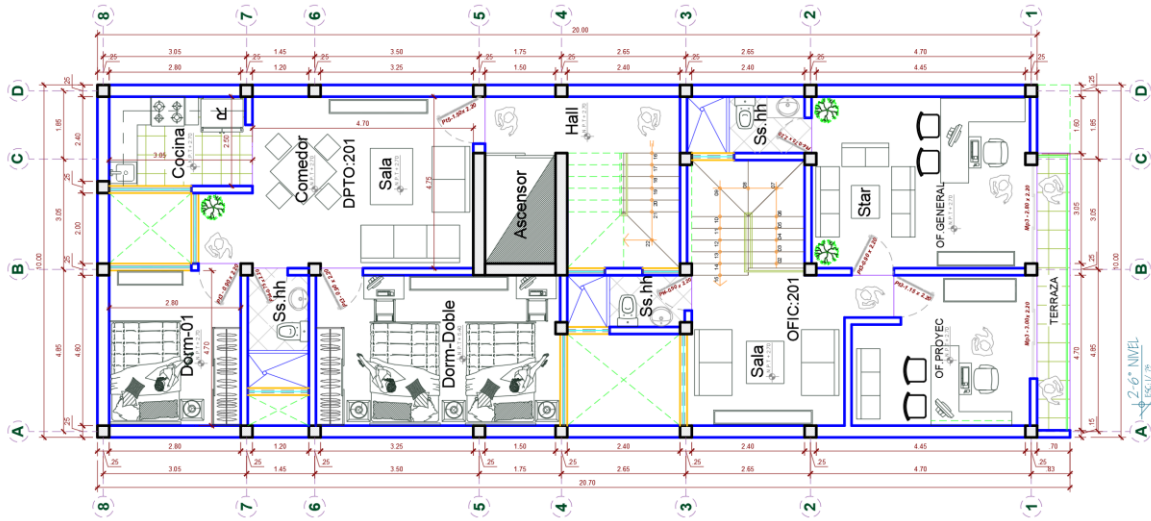
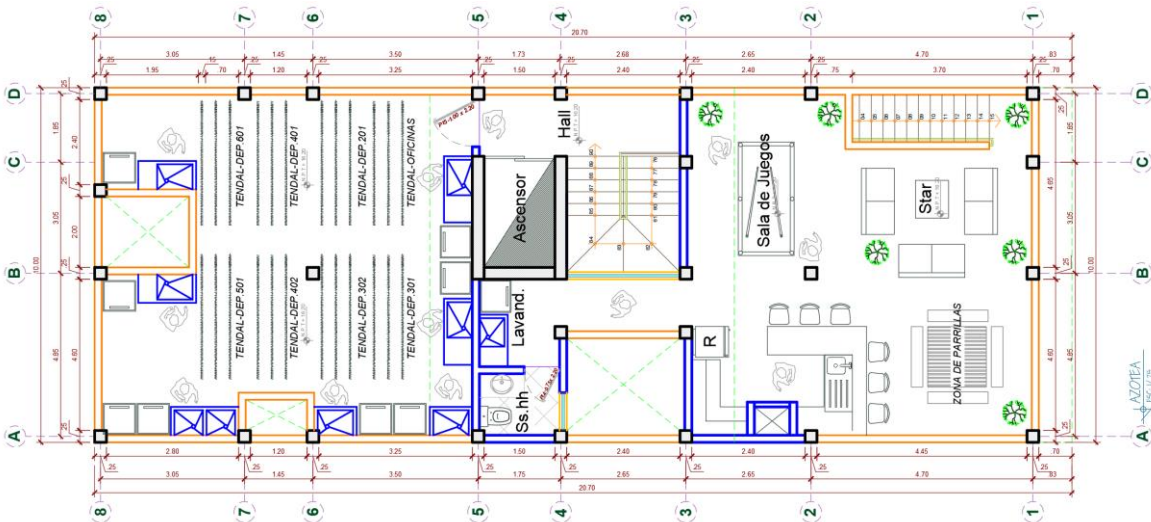


Figura 4

Distribución arquitectónica Azotea

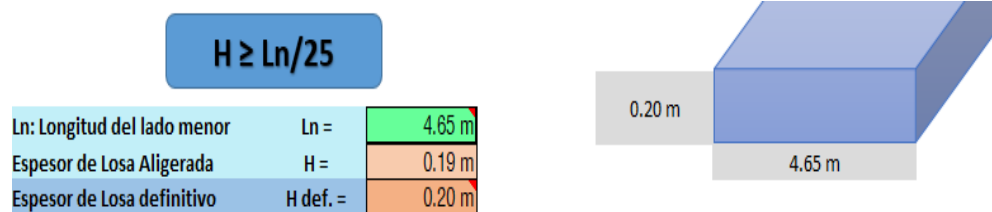


Teniendo estos planos se procedió con el predimensionamiento de los elementos de la estructura (losa, columnas, placas, vigas y zapatas) y el metrado de cargas (carga muerta y viva distribuida) con la Norma E.060 y E.020 respectivamente.

Para el predimensionamiento de la losa aligerada estimamos el peralte de losa adecuado considerando las luces libres de los paños a dimensionar. Se definió el peralte típico del aligerado usando la dimensión de la luz libre en la dirección más corta del paño. Así se definió una losa aligerada de 20 cm.

Figura 5

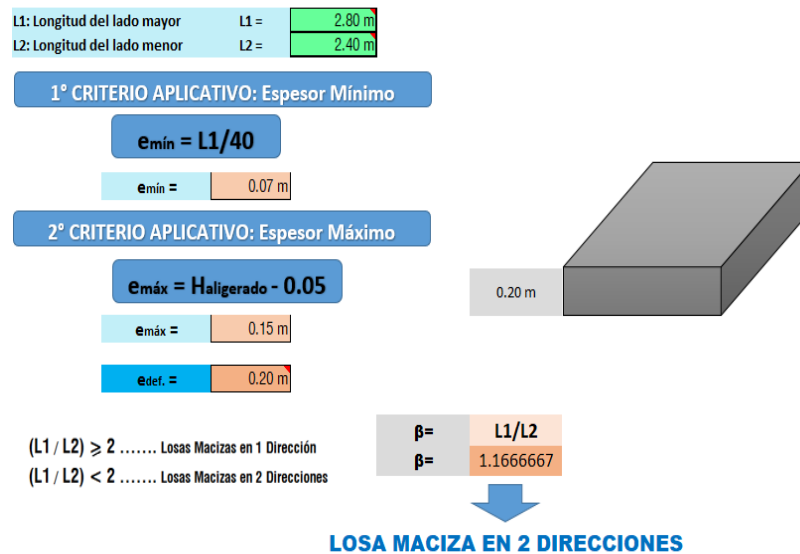
Predimensionamiento de losa aligerada



Se establecieron losas macizas en los sitios cercanos a los ductos, escalera y caja de ascensor, ya que en estos lugares por lo general se pierde rigidez en el diafragma y las losas macizas nos aportan rigidez. Para ello primero se necesitó saber si su comportamiento es unidireccional o en ambas direcciones; por ello se calculó la relación entre la luz mayor y menor del paño, estableciendo que si es menor a 2 tendrá una distribución bidireccional y caso contrario se opta por la de una dirección. Además, se deberá tener en cuenta las cargas que éstas reciban, así como la continuidad del diafragma y un correcto amarre del mismo, por ello se optó por losas macizas de 20 cm de espesor.

Figura 6

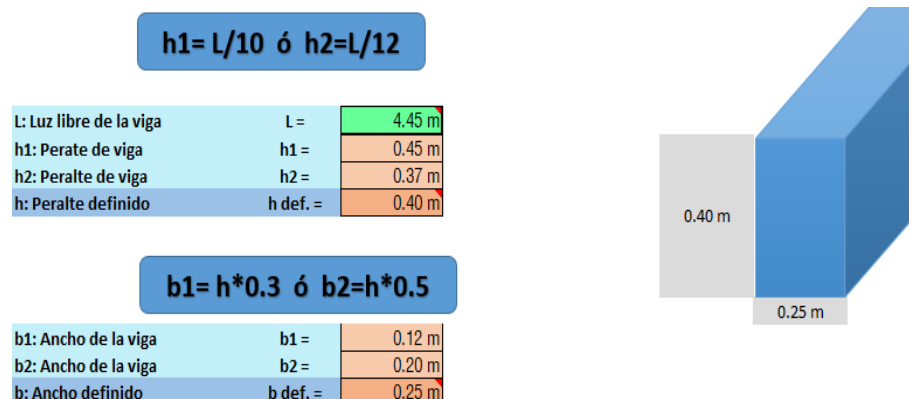
Predimensionamiento de losa maciza



Para el predimensionamiento de las vigas se tomaron las luces máximas en cada dirección, estableciendo un peralte de L/10 o L/12. Así mismo, se tuvo en cuenta lo indicado por la Norma E.060 la cual indica que las vigas que formen pórticos sismorresistentes deben tener un ancho mínimo de 25 cm. Tomando en cuenta estos parámetros se establecieron vigas de 25x40 cm en ambas direcciones.

Figura 7

Predimensionamiento de vigas



Para predimensionar las columnas se consideró la carga axial y el área tributaria, teniendo en cuenta cada tipo de columna (centrada, excéntrica o esquinada) y la sección mínima recomendada de 25x25 cm.

Figura 8

Predimensionamiento para columnas centradas

$$\text{Área Columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 * f'c}$$

P(servicio)=	P*Atribut.*Npisos	f'c =	210 kg/cm ²
P: Carga en kg/m ²	P=		1000 kg/m ²
Atribut: Área Tributaria	At=		6.94 m ²
Npisos: Número de pisos	N =		6
P(servicio): Carga servicio	P(serv) =		41640 kg
Ac: Área columna requerido	Ac =		440.63 cm ²

Figura 9

Predimensionamiento para columnas excéntricas y esquinadas

$$\text{Área Columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 * f'c}$$

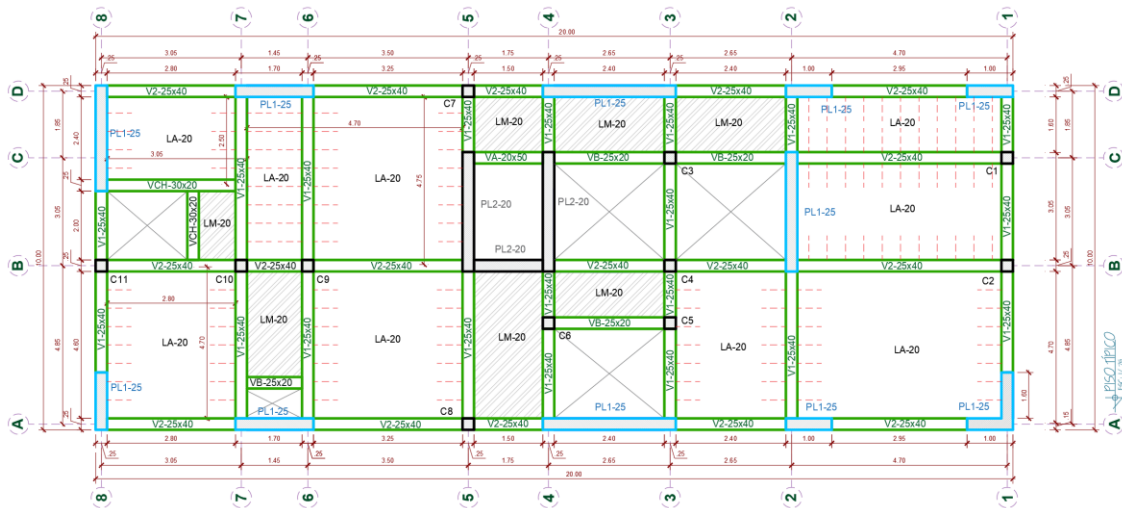
P: Carga en kg/m²	P=		1000 kg/m ²
Atribut: Área Tributaria	At=		3.44 m ²
Npisos: Número de pisos	N =		6
P(servicio): Carga servicio	P(serv) =		20640 kg
Ac: Área columna requerido	Ac =		280.82 cm ²

Para las placas se tomó un espesor inicial de 25 cm para la estructura y de 20 cm en la caja del ascensor ya que sería necesario realizar un análisis sísmico previo para obtener las fuerzas cortantes basales y determinar el porcentaje de cortante total que absorberán.

A partir del predimensionamiento se realizó una estructuración inicial de la edificación utilizando el piso típico de la arquitectura del edificio, ubicando los elementos estructurales y las secciones correspondientes a cada uno de ellos, teniendo en cuenta criterios tales como simplicidad y simetría, resistencia y ductilidad, uniformidad y continuidad de la estructura, la rigidez lateral y el diafragma rígido.

Figura 10

Estructuración inicial de la edificación



Se procedió con el modelamiento de la edificación, con los análisis modal y estático en el software Etabs V19.0 agregando la información del predimensionamiento de los elementos estructurales desde la designación de materiales y la sección de los mismos en base a los ejes obtenidos a partir de la arquitectura (ver anexo 9); los datos brindados en este análisis fueron procesados en Microsoft Excel para que cumpla con la normativa E.020

La propiedad presenta buenas condiciones para la utilización de muros de concreto armado, en las direcciones X-Y, para así optimizar el diseño y

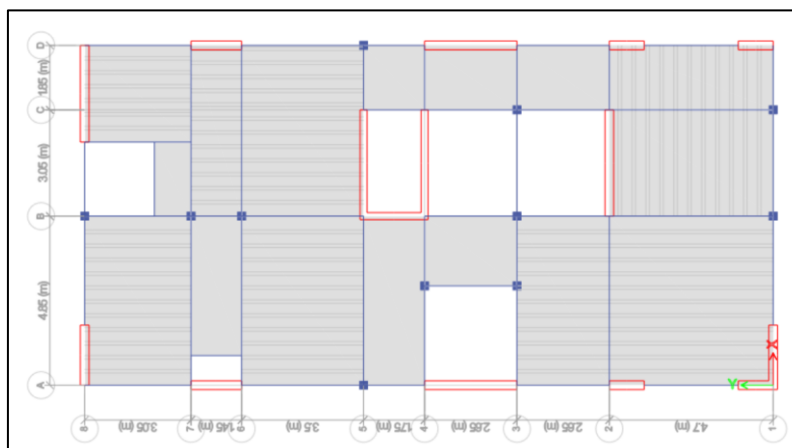
aportar rigidez a la estructura; con ello se consideró un sistema estructural de muros estructurales para el diseño, el cual fue verificado posteriormente.

En esa etapa se definieron los ejes de la estructura donde se ubicaron las columnas y placas del edificio, en donde a su vez se apoyan las vigas principales, esto para definir los sentidos donde descansan las viguetas del techo aligerado o macizo del edificio, generalmente en el sentido más corto del paño. Adicionalmente se recurrió al uso de vigas chatas en los casos donde existen tabiques importantes en la dirección paralela del aligerado y en las zonas donde había discontinuidades en el techo por la presencia de ductos de ventilación y de instalaciones sanitarias.

Para asegurar la continuidad del diafragma rígido en la zona central de los pisos se utilizaron losas macizas del mismo espesor del aligerado. Así mismo se utilizaron losas aligeradas para los diferentes niveles ya que no cuentan con equipos o maquinarias que soporten gran peso.

Figura 11

Modelado en planta de la edificación



A partir del análisis inicial todos los datos fueron analizados en Microsoft Excel, empezando por el análisis de corte basal para el ajuste de diseño como también los parámetros del periodo en T_x y T_y y obtener el coeficiente K .

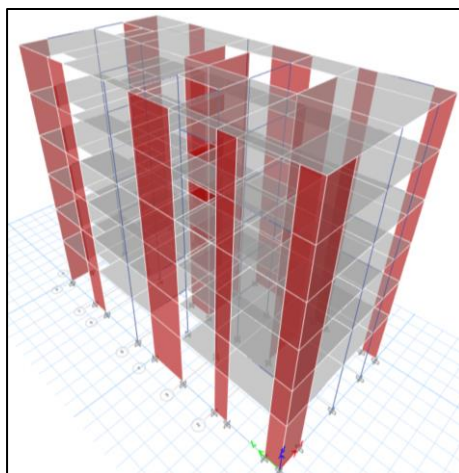
Se analizó los parámetros para la obtención del espectro de respuesta o sismo con un factor R inicial del sistema estructural, donde se procedió en base a la Normativa E.030, analizando las irregularidades de altura y planta, factor de zona, uso de la edificación y suelo.

Obtenido los parámetros para la generación del espectro se procedió a generar el sismo, observando que las derivas están dentro del rango permitido por la norma E.030 de no superar un valor de 0.007.

Una vez obtenido el modelo cumpliendo con las derivas se procedió a insertar y analizar los combos de diseño de los elementos estructurales en base a la normativa E.060 y ACI 318-19, para los parámetros establecidos en zapatas, columnas, placas y vigas, se configuró un modelo con la normativa E.060 y otro con el ACI 318-19 para luego analizar los resultados obtenidos con cada configuración.

Figura 12

Modelo final de la edificación



Verificados los diseños se procedió a calcular las áreas de acero según cada normativa, luego se comparó la cantidad de acero mínimo y máximo en cada caso; llevando a tablas en Microsoft Excel para comparar, en porcentaje, las áreas de acero entre cada elemento estructural diseñado con cada normativa y así tener una mejor perspectiva del análisis realizado.

Con los datos procesados y cuantificados se procedió a dar las conclusiones y recomendaciones, en base a la información obtenida.

2.5.3. Aspectos éticos

Esta investigación se siguió estrictamente bajo los parámetros profesionales de diseño sismorresistente, respetando la condición de cargas de la Norma E.020, parámetros sísmicos de la Norma E.030 y los factores de diseño establecidos en la Norma E.060 y el Código ACI 318-19, para así obtener una edificación segura que cumpla las condiciones éticas y profesionales que exige la normativa peruana y el código de ética del CIP, las cuales priorizan la vida de las personas sobre cualquier otra circunstancia.

Se han citado todas las fuentes consultadas y consideradas en esta investigación, siendo conscientes de la presentación de datos reales (sin alterar) y siguiendo una directriz anti plagio.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se observó que la mayor parte de la cortante absorbida se encuentran en el nivel 1 y 2, en los demás niveles no es tan significativo por lo que se analiza y presenta los resultados en esos niveles.

Tabla 2

Cortante absorbida en los niveles

Story	Elevation (cm)	Location	VX tonf	VY tonf
Story6	1740	Top	39.8605	37.3658
		Bottom	39.8605	37.3658
Story5	1470	Top	80.3314	77.3522
		Bottom	80.3314	77.3522
Story4	1200	Top	110.2479	108.2132
		Bottom	110.2479	108.2132
Story3	930	Top	132.3416	131.4266
		Bottom	132.3416	131.4266
Story2	660	Top	147.4378	147.2747
		Bottom	147.4378	147.2747
Story1	390	Top	155.7292	155.7291
		Bottom	155.7292	155.7291

De acuerdo a los resultados observados en la tabla 2, se analizó el estrés y área de acero requerido en columnas, placas y vigas del nivel 1 y 2, ya que en estos niveles se dan la mayor parte de absorción de la cortante.

Tabla 3
Estrés de columnas Nivel 1

Label	Story	Section	ESTRÉS ACI 318-19 (%)	ESTRÉS E.060 (%)	DIFERENCIA (%)
C-1	NIVEL 1	C-25x25cm	85.56	90.12	4.56
C-2	NIVEL 1	C-25x25cm	87.23	92.23	5.00
C-3	NIVEL 1	C-25x25cm	85.52	91.25	5.73
C-4	NIVEL 1	C-25x25cm	86.53	92.23	5.70
C-5	NIVEL 1	C-25x25cm	89.56	92.56	3.00
C-6	NIVEL 1	C-25x25cm	84.56	94.23	9.67
C-7	NIVEL 1	C-25x25cm	82.23	92.15	9.92
C-8	NIVEL 1	C-25x25cm	85.36	92.15	6.79
C-9	NIVEL 1	C-25x25cm	81.23	90.26	9.03
C-10	NIVEL 1	C-25x25cm	81.23	89.56	8.33
C-11	NIVEL 1	C-25x25cm	81.56	89.45	7.89

Se observó en la tabla 3, que la cantidad de estrés en las columnas con la normativa E.060 es mayor que con el Código ACI 318-19, siendo la mayor diferencia en estrés de trabajo 9.92%.

Tabla 4
Estrés de columnas Nivel 2

Label	Story	Section	ESTRÉS ACI 318-19 (%)	ESTRÉS E.060 (%)	DIFERENCIA (%)
C-1	NIVEL 2	C-25x25cm	83.56	86.07	2.51
C-2	NIVEL 2	C-25x25cm	81.25	83.69	2.44
C-3	NIVEL 2	C-25x25cm	81.25	83.69	2.44
C-4	NIVEL 2	C-25x25cm	82.56	85.04	2.48
C-5	NIVEL 2	C-25x25cm	80.26	82.67	2.41
C-6	NIVEL 2	C-25x25cm	80.25	82.66	2.41
C-7	NIVEL 2	C-25x25cm	80.25	82.66	2.41
C-8	NIVEL 2	C-25x25cm	80.56	82.98	2.42
C-9	NIVEL 2	C-25x25cm	80.56	82.98	2.42
C-10	NIVEL 2	C-25x25cm	80.25	82.66	2.41
C-11	NIVEL 2	C-25x25cm	80.42	82.83	2.41

En la tabla 4, se mostró que el porcentaje de estrés al que es sometido la columna es mucho menor al primer nivel, dado que este absorbe mayor cantidad de fuerzas y en el segundo nivel la estructura trata de estabilizarse, por lo que la diferencia de estrés no es muy significativa.

Tabla 5

Acero requerido en columnas Nivel 1

Label	Story	Section	ACERO REQUERIDO ACI 318-19 (cm ²)	ACERO REQUERIDO E.060 (cm ²)	DIFERENCIA (cm ²)
C-1	Story1	C-25x25cm	13.42	15.41	1.99
C-2	Story1	C-25x25cm	12.26	14.47	2.21
C-3	Story1	C-25x25cm	12.25	14.82	2.57
C-4	Story1	C-25x25cm	13.97	16.26	2.29
C-5	Story1	C-25x25cm	13.25	17.44	3.58
C-6	Story1	C-25x25cm	15.36	18.97	3.61
C-7	Story1	C-25x25cm	12.23	14.55	2.32
C-8	Story1	C-25x25cm	10.25	13.15	2.90
C-9	Story1	C-25x25cm	14.38	17.44	3.06
C-10	Story1	C-25x25cm	12.25	15.19	2.94
C-11	Story1	C-25x25cm	14.23	18.07	3.84

Se observó en la tabla 5, que en el acero requerido entre la normativa ACI 318-19 y la E.060 existe una diferencia no muy elevada, pero igual es considerable, siendo la mayor cantidad de 3.84 cm².

Tabla 6

Acero requerido en columnas Nivel 2

Label	Story	Section	ACERO REQUERIDO ACI 318-19 (cm ²)	ACERO REQUERIDO E.060 (cm ²)	DIFERENCIA (cm ²)
C-1	NIVEL 2	C-25x25cm	12.23	14.56	2.33
C-2	NIVEL 2	C-25x25cm	10.23	13.96	3.73
C-3	NIVEL 2	C-25x25cm	11.56	13.02	1.46
C-4	NIVEL 2	C-25x25cm	12.99	15.45	2.46
C-5	NIVEL 2	C-25x25cm	12.56	10.83	2.90
C-6	NIVEL 2	C-25x25cm	14.56	15.23	0.67
C-7	NIVEL 2	C-25x25cm	12.03	14.02	1.99
C-8	NIVEL 2	C-25x25cm	10.52	14.03	3.51
C-9	NIVEL 2	C-25x25cm	9.53	10.83	1.30
C-10	NIVEL 2	C-25x25cm	11.96	14.36	2.40
C-11	NIVEL 2	C-25x25cm	13.86	14.01	0.15

Se observó en la tabla 6, que en el acero requerido entre el Código ACI 318-19 y la Norma E.060 existe una diferencia no muy elevada, dado que en el primer nivel se absorbe la mayor parte de la cortante y en los siguientes niveles la edificación trata de estabilizarse; pero la sección de acero no es muy significativa, pero es considerable, siendo la mayor cantidad de 3.51 cm².

Figura 13

Vista modelo para áreas de acero en columnas y vigas

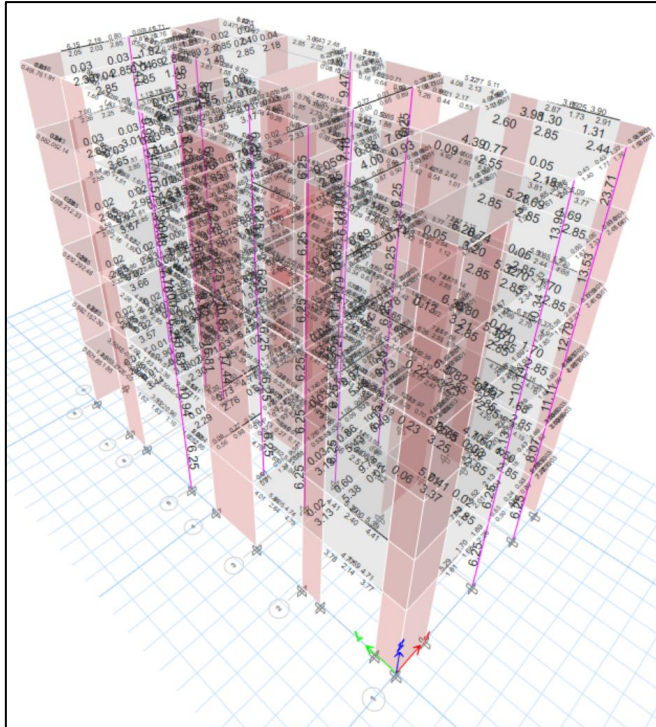


Tabla 7

Porcentaje de estrés en placas Nivel 1

Label	Story	Section	ESTRÉS ACI 318-19 (%)	ESTRÉS E.060 (%)	DIFERENCIA (%)
P-1	NIVEL 1	PLACA C-1	85.56	96.45	10.89
P-2	NIVEL 1	PLACA C-2	83.25	90.14	6.89
P-3	NIVEL 1	PLACA C-3	80.23	90.15	9.92
P-4	NIVEL 1	PLACA C-4	84.23	90.23	6.00
P-5	NIVEL 1	PLACA C-5	85.86	98.56	12.70
P-6	NIVEL 1	PLACA C-6	85.45	90.58	5.13
P-7	NIVEL 1	PLACA C-7	87.56	92.81	5.25
P-8	NIVEL 1	PLACA C-8	89.56	94.93	5.37
P-9	NIVEL 1	PLACA C-9	80.23	96.53	16.30
P-10	NIVEL 1	PLACA C-10	85.56	90.69	5.13
P-11	NIVEL 1	PLACA C-11	81.23	86.10	4.87
P-12	NIVEL 1	PLACA C-12	85.56	90.69	5.13

Se observó en la tabla 7, que el porcentaje de estrés de las placas es mayor que en las columnas, siendo una diferencia tope de 16.30 %, por lo que se debe tener a consideración para el diseño de este tipo de elemento estructural.

Tabla 8

Porcentaje de estrés en placas Nivel 2

Label	Story	Section	ESTRÉS ACI 318-19 (%)	ESTRÉS E.060 (%)	DIFERENCIA (%)
P-1	NIVEL 2	PLACA C-1	83.56	87.56	4.00
P-2	NIVEL 2	PLACA C-2	84.52	85.45	0.93
P-3	NIVEL 2	PLACA C-3	80.00	85.23	5.23
P-4	NIVEL 2	PLACA C-4	82.25	84.86	2.61
P-5	NIVEL 2	PLACA C-5	85.86	90.56	4.70
P-6	NIVEL 2	PLACA C-6	85.45	90.58	5.13
P-7	NIVEL 2	PLACA C-7	87.56	92.81	5.25
P-8	NIVEL 2	PLACA C-8	89.56	94.93	5.37
P-9	NIVEL 2	PLACA C-9	80.23	85.04	4.81
P-10	NIVEL 2	PLACA C-10	85.56	90.69	5.13
P-11	NIVEL 2	PLACA C-11	81.23	86.10	4.87
P-12	NIVEL 2	PLACA C-12	85.56	90.69	5.13

Para el nivel 2 se observó que la diferencia de estrés ha disminuido, pero es considerable todavía siendo 5.37%, por lo que es necesario tener a consideración para el diseño.

Tabla 9

Acero requerido en placas Nivel 1

Label	Story	Section	ACERO REQUERIDO ACI 318-19 (cm ²)	ACERO REQUERIDO E.060 (cm ²)	DIFERENCIA (cm ²)
P-1	NIVEL 1	PLACA C-1	18.56	26.00	7.44
P-2	NIVEL 1	PLACA C-2	22.56	28.23	5.67
P-3	NIVEL 1	PLACA C-3	23.56	29.23	5.67

P-4	NIVEL 1	PLACA C-4	23.56	27.56	4.00
P-5	NIVEL 1	PLACA C-5	22.56	30.12	7.56
P-6	NIVEL 1	PLACA C-6	24.53	29.56	5.03
P-7	NIVEL 1	PLACA C-7	24.23	28.56	4.33
P-8	NIVEL 1	PLACA C-8	18.23	25.56	7.33
P-9	NIVEL 1	PLACA C-9	17.89	29.00	11.11
P-10	NIVEL 1	PLACA C-10	22.23	26.89	4.66
P-11	NIVEL 1	PLACA C-11	25.56	28.56	3.00
P-12	NIVEL 1	PLACA C-12	23.56	29.53	5.97

Se observó en la tabla 9, que la diferencia de acero requerido para las placas del nivel 1 es significativo, con 11.11 cm², por lo que se tiene que tener a consideración para el diseño del elemento estructural.

Tabla 10

Acero requerido en placas Nivel 2

Label	Story	Section	ACERO REQUERIDO ACI 318-19 (cm ²)	ACERO REQUERIDO E.060 (cm ²)	DIFERENCIA (cm ²)
P-1	NIVEL 2	PLACA C-1	17.46	25.56	8.00
P-2	NIVEL 2	PLACA C-2	20.23	27.56	7.33
P-3	NIVEL 2	PLACA C-3	20.25	28.56	8.31
P-4	NIVEL 2	PLACA C-4	20.53	26.53	6.00
P-5	NIVEL 2	PLACA C-5	20.56	29.56	9.00
P-6	NIVEL 2	PLACA C-6	20.45	28.53	8.08
P-7	NIVEL 2	PLACA C-7	22.23	27.42	5.19
P-8	NIVEL 2	PLACA C-8	18.23	24.56	6.33
P-9	NIVEL 2	PLACA C-9	16.52	28.53	12.01
P-10	NIVEL 2	PLACA C-10	20.23	26.33	6.10
P-11	NIVEL 2	PLACA C-11	20.53	25.32	4.79
P-12	NIVEL 2	PLACA C-12	22.36	28.53	6.17

Se observó en la tabla 10, que la diferencia de acero requerido en las placas para el nivel 2 es significativo, con un máximo de 12.01 cm², por lo que se tiene que tener a consideración para el diseño del elemento estructural.

Figura 14

Vista del modelo para áreas de acero en placas

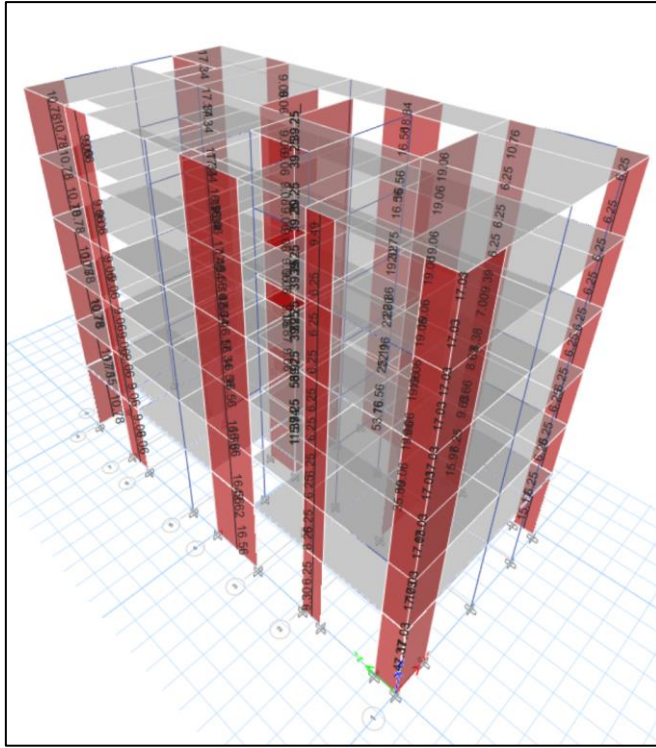


Tabla 11

Porcentaje de estrés en vigas con la Norma E.060, Nivel 1

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-01	NIVEL 1	V-25x40	95.56	98.56	98.52
V-02	NIVEL 1	V-25x40	98.96	80.57	35.68
V-03	NIVEL 1	V-25x40	98.56	80.57	85.76
V-04	NIVEL 1	V-25x40	91.67	80.57	93.25
V-05	NIVEL 1	V-25x40	82.45	75.25	92.53
V-06	NIVEL 1	V-25x40	91.54	61.90	80.67
V-07	NIVEL 1	V-25x40	95.45	61.90	52.00
V-08	NIVEL 1	V-25x40	71.09	80.57	83.68
V-09	NIVEL 1	V-25x40	53.66	80.57	80.32
V-10	NIVEL 1	V-25x40	66.04	80.57	80.51
V-11	NIVEL 1	V-25x40	82.45	61.90	83.68
V-12	NIVEL 1	V-25x40	57.07	61.71	80.00
V-13	NIVEL 1	V-25x40	53.66	80.57	36.80
V-14	NIVEL 1	V-25x40	53.41	42.48	67.68
V-15	NIVEL 1	V-25x40	57.07	23.81	67.68

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-16	NIVEL 1	V-25x40	53.41	42.48	83.68
V-17	NIVEL 1	V-25x40	78.66	61.90	37.60
V-18	NIVEL 1	V-25x40	78.66	42.48	35.68
V-19	NIVEL 1	V-25x40	78.28	80.57	51.84
V-20	NIVEL 1	V-25x40	53.41	98.56	38.88
V-21	NIVEL 1	V-25x40	66.04	78.48	52.00
V-22	NIVEL 1	V-25x40	94.95	61.90	52.16
V-23	NIVEL 1	V-25x40	91.29	78.48	52.16
V-24	NIVEL 1	V-25x40	78.66	99.62	52.16
V-25	NIVEL 1	V-25x40	55.81	42.48	67.68
V-26	NIVEL 1	V-25x40	57.07	44.76	67.68
V-27	NIVEL 1	V-25x40	53.41	44.76	35.68
V-28	NIVEL 1	V-25x40	78.66	59.43	83.68
V-29	NIVEL 1	V-25x40	66.04	42.48	99.68
V-30	NIVEL 1	V-25x40	53.41	80.57	52.16
V-31	NIVEL 1	V-25x40	73.99	42.48	65.92

En la tabla 11 se pudo observar que algunas vigas están llegando al límite de estrés que pueden soportar, se recomienda por lo general que un elemento estructural llegue como máximo al 0.85% de su capacidad para darle un 0.15% de resguardo o factor de seguridad.

Tabla 12

Porcentaje de estrés en vigas con el Código ACI 318-19, Nivel 1

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-01	NIVEL 1	V-25x40	90.26	93.00	92.52
V-02	NIVEL 1	V-25x40	92.96	74.57	29.68
V-03	NIVEL 1	V-25x40	93.56	75.57	80.76
V-04	NIVEL 1	V-25x40	87.67	76.57	87.25
V-05	NIVEL 1	V-25x40	77.45	69.25	84.53
V-06	NIVEL 1	V-25x40	85.54	53.90	74.67
V-07	NIVEL 1	V-25x40	90.45	55.90	44.00
V-08	NIVEL 1	V-25x40	65.09	72.57	74.68
V-09	NIVEL 1	V-25x40	47.66	74.57	72.32
V-10	NIVEL 1	V-25x40	61.04	75.57	76.51
V-11	NIVEL 1	V-25x40	76.45	55.90	78.68
V-12	NIVEL 1	V-25x40	52.07	57.71	72.00

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-13	NIVEL 1	V-25x40	47.66	74.57	31.80
V-14	NIVEL 1	V-25x40	48.41	37.48	59.68
V-15	NIVEL 1	V-25x40	53.07	19.81	62.68
V-16	NIVEL 1	V-25x40	47.41	36.48	78.68
V-17	NIVEL 1	V-25x40	73.66	56.90	33.60
V-18	NIVEL 1	V-25x40	74.66	38.48	30.68
V-19	NIVEL 1	V-25x40	73.28	74.57	47.84
V-20	NIVEL 1	V-25x40	49.41	96.56	33.88
V-21	NIVEL 1	V-25x40	61.04	76.48	50.00
V-22	NIVEL 1	V-25x40	88.95	60.90	49.16
V-23	NIVEL 1	V-25x40	85.29	76.48	50.16
V-24	NIVEL 1	V-25x40	72.66	98.62	48.16
V-25	NIVEL 1	V-25x40	47.81	40.48	66.68
V-26	NIVEL 1	V-25x40	51.07	43.76	65.68
V-27	NIVEL 1	V-25x40	45.41	42.76	34.68
V-28	NIVEL 1	V-25x40	71.66	58.43	81.68
V-29	NIVEL 1	V-25x40	60.04	40.48	97.68
V-30	NIVEL 1	V-25x40	45.41	79.57	47.16
V-31	NIVEL 1	V-25x40	67.99	41.48	62.92

Se pudo observar en la tabla 12, que el estrés de las vigas en el diseño del Código ACI 318-19 es menor al de la Norma E.060. Solo en algunos elementos estructurales está superando el 85% por lo que se recomienda aumentar la sección.

Tabla 13

Porcentaje de estrés en vigas con la Norma E.060, Nivel 2

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-01	NIVEL 2	V-25x40	89.77	95.56	92.56
V-02	NIVEL 2	V-25x40	94.08	88.50	43.81
V-03	NIVEL 2	V-25x40	95.08	88.51	95.81
V-04	NIVEL 2	V-25x40	91.87	87.50	96.35
V-05	NIVEL 2	V-25x40	89.77	82.50	91.23
V-06	NIVEL 2	V-25x40	91.88	72.50	91.81
V-07	NIVEL 2	V-25x40	93.08	68.61	64.10
V-08	NIVEL 2	V-25x40	78.88	87.50	96.12

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-09	NIVEL 2	V-25x40	53.05	83.50	90.92
V-10	NIVEL 2	V-25x40	61.77	86.61	89.81
V-11	NIVEL 2	V-25x40	81.78	68.48	94.01
V-12	NIVEL 2	V-25x40	59.75	67.48	90.21
V-13	NIVEL 2	V-25x40	56.75	87.50	52.12
V-14	NIVEL 2	V-25x40	59.76	53.48	76.81
V-15	NIVEL 2	V-25x40	60.75	35.50	75.81
V-16	NIVEL 2	V-25x40	60.94	56.50	92.12
V-17	NIVEL 2	V-25x40	84.77	65.48	50.80
V-18	NIVEL 2	V-25x40	79.75	55.50	45.81
V-19	NIVEL 2	V-25x40	80.77	90.50	62.41
V-20	NIVEL 2	V-25x40	59.88	57.81	45.81
V-21	NIVEL 2	V-25x40	70.77	86.50	65.12
V-22	NIVEL 2	V-25x40	96.15	75.50	61.82
V-23	NIVEL 2	V-25x40	92.77	85.48	60.79
V-24	NIVEL 2	V-25x40	80.77	106.48	60.81
V-25	NIVEL 2	V-25x40	54.77	56.60	74.81
V-26	NIVEL 2	V-25x40	65.94	55.50	75.92
V-27	NIVEL 2	V-25x40	59.75	56.37	45.81
V-28	NIVEL 2	V-25x40	79.77	65.55	96.01
V-29	NIVEL 2	V-25x40	69.77	56.50	92.35
V-30	NIVEL 2	V-25x40	59.94	90.48	75.56
V-31	NIVEL 2	V-25x40	78.77	55.26	80.40

Se pudo observar en la tabla 13, que en el estrés de las vigas con el diseño de la Norma E.060 existen elementos estructurales que están sobre el 85% y se necesita aumentar su sección para tener un grado de seguridad.

Tabla 14

Porcentaje de estrés en vigas con el Código ACI 318-19, Nivel 2

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-01	NIVEL 2	V-25x40	80.25	85.25	90.56
V-02	NIVEL 2	V-25x40	83.56	89.56	81.25
V-03	NIVEL 2	V-25x40	84.56	90.56	81.26
V-04	NIVEL 2	V-25x40	82.35	87.35	80.25
V-05	NIVEL 2	V-25x40	80.25	85.25	75.25

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (%)	MID (%)	END - I (%)
V-06	NIVEL 2	V-25x40	82.36	87.36	65.25
V-07	NIVEL 2	V-25x40	82.56	88.56	61.36
V-08	NIVEL 2	V-25x40	69.36	74.36	80.25
V-09	NIVEL 2	V-25x40	42.53	48.53	76.25
V-10	NIVEL 2	V-25x40	52.25	57.25	79.36
V-11	NIVEL 2	V-25x40	75.26	77.26	61.23
V-12	NIVEL 2	V-25x40	50.23	55.23	60.23
V-13	NIVEL 2	V-25x40	51.23	52.23	80.25
V-14	NIVEL 2	V-25x40	50.24	55.24	46.23
V-15	NIVEL 2	V-25x40	50.23	56.23	28.25
V-16	NIVEL 2	V-25x40	50.42	56.42	49.25
V-17	NIVEL 2	V-25x40	75.25	80.25	58.23
V-18	NIVEL 2	V-25x40	70.23	75.23	48.25
V-19	NIVEL 2	V-25x40	70.25	76.25	83.25
V-20	NIVEL 2	V-25x40	50.36	55.36	50.56
V-21	NIVEL 2	V-25x40	60.25	66.25	79.25
V-22	NIVEL 2	V-25x40	85.63	91.63	68.25
V-23	NIVEL 2	V-25x40	83.25	88.25	78.23
V-24	NIVEL 2	V-25x40	70.25	76.25	99.23
V-25	NIVEL 2	V-25x40	45.25	50.25	49.35
V-26	NIVEL 2	V-25x40	55.42	61.42	48.25
V-27	NIVEL 2	V-25x40	50.23	55.23	49.12
V-28	NIVEL 2	V-25x40	70.25	75.25	58.32
V-29	NIVEL 2	V-25x40	60.25	65.25	49.25
V-30	NIVEL 2	V-25x40	50.42	55.42	83.23
V-31	NIVEL 2	V-25x40	70.25	74.25	48.01

Se observó en la tabla 14, que en el segundo nivel las vigas se empiezan a estabilizar y por lo tanto su nivel de estrés es menor.

Tabla 15

Acero requerido en vigas con la Norma E.060

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (cm ²)	MID (cm ²)	END – I (cm ²)
V-01	NIVEL 1	V-25x40	7.89	6.25	7.02
V-02	NIVEL 1	V-25x40	7.61	5.88	6.23
V-03	NIVEL 1	V-25x40	6.52	4.74	6.25
V-04	NIVEL 1	V-25x40	6.53	4.74	6.24
V-05	NIVEL 1	V-25x40	6.53	4.74	6.23
V-06	NIVEL 1	V-25x40	7.20	2.60	6.23
V-07	NIVEL 1	V-25x40	7.32	3.64	5.23
V-08	NIVEL 1	V-25x40	7.32	3.64	6.20
V-09	NIVEL 1	V-25x40	6.23	4.74	6.23
V-10	NIVEL 1	V-25x40	6.23	4.74	6.02
V-11	NIVEL 1	V-25x40	7.25	4.74	6.23
V-12	NIVEL 1	V-25x40	7.25	3.64	6.14
V-13	NIVEL 1	V-25x40	8.23	3.63	6.25
V-14	NIVEL 1	V-25x40	8.23	4.74	6.24
V-15	NIVEL 1	V-25x40	7.23	2.50	6.23
V-16	NIVEL 1	V-25x40	7.25	1.40	6.24
V-17	NIVEL 1	V-25x40	7.23	2.50	6.01
V-18	NIVEL 1	V-25x40	7.23	3.64	6.23
V-19	NIVEL 1	V-25x40	7.24	2.50	6.01
V-20	NIVEL 1	V-25x40	7.01	4.74	6.15
V-21	NIVEL 1	V-25x40	7.25	5.96	6.75
V-22	NIVEL 1	V-25x40	7.23	4.61	6.99
V-23	NIVEL 1	V-25x40	6.25	3.64	6.25
V-24	NIVEL 1	V-25x40	6.25	4.61	6.24
V-25	NIVEL 1	V-25x40	7.25	5.86	6.12
V-26	NIVEL 1	V-25x40	7.24	2.50	5.23
V-27	NIVEL 1	V-25x40	7.24	2.63	4.23
V-28	NIVEL 1	V-25x40	7.24	2.63	5.23
V-29	NIVEL 1	V-25x40	7.25	3.49	5.23
V-30	NIVEL 1	V-25x40	7.23	2.50	5.24
V-31	NIVEL 1	V-25x40	7.25	4.74	5.41

Se observó en la tabla 15, que el acero requerido en las vigas con la Norma E.060 llega casi al punto límite, siendo esta una edificación dual por las placas colocadas, se debe aumentar la sección de aquellas vigas que superan el 85% de estrés para aumentar su capacidad a las fuerzas.

Tabla 16

Acero requerido en vigas con el Código ACI 318-19

VIGA	Story	Section	Location		
			END -J (cm ²)	MID (cm ²)	END – I (cm ²)
V-01	NIVEL 1	V-25x40	7.25	5.25	6.25
V-02	NIVEL 1	V-25x40	4.25	4.23	2.23
V-03	NIVEL 1	V-25x40	8.26	4.23	5.36
V-04	NIVEL 1	V-25x40	7.26	4.23	6.35
V-05	NIVEL 1	V-25x40	6.53	0.23	6.35
V-06	NIVEL 1	V-25x40	7.25	3.25	5.00
V-07	NIVEL 1	V-25x40	7.56	3.25	3.25
V-08	NIVEL 1	V-25x40	5.63	4.23	5.23
V-09	NIVEL 1	V-25x40	4.25	4.23	5.02
V-10	NIVEL 1	V-25x40	5.23	4.23	5.03
V-11	NIVEL 1	V-25x40	6.53	3.25	5.23
V-12	NIVEL 1	V-25x40	4.52	3.24	5.00
V-13	NIVEL 1	V-25x40	4.25	4.23	2.30
V-14	NIVEL 1	V-25x40	4.23	2.23	4.23
V-15	NIVEL 1	V-25x40	4.52	1.25	4.23
V-16	NIVEL 1	V-25x40	4.23	2.23	5.23
V-17	NIVEL 1	V-25x40	6.23	3.25	2.35
V-18	NIVEL 1	V-25x40	6.23	2.23	2.23
V-19	NIVEL 1	V-25x40	6.20	4.23	3.24
V-20	NIVEL 1	V-25x40	4.23	5.32	2.43
V-21	NIVEL 1	V-25x40	5.23	4.12	3.25
V-22	NIVEL 1	V-25x40	7.52	3.25	3.26
V-23	NIVEL 1	V-25x40	7.23	4.12	3.26
V-24	NIVEL 1	V-25x40	6.23	5.23	3.26
V-25	NIVEL 1	V-25x40	4.42	2.23	4.23
V-26	NIVEL 1	V-25x40	4.52	2.35	4.23
V-27	NIVEL 1	V-25x40	4.23	2.35	2.23
V-28	NIVEL 1	V-25x40	6.23	3.12	5.23
V-29	NIVEL 1	V-25x40	5.23	2.23	6.23
V-30	NIVEL 1	V-25x40	4.23	2.23	3.26
V-31	NIVEL 1	V-25x40	5.86	2.23	4.12

Se observó en la tabla 16, que el acero requerido es menor al que se requiere con la Norma E.060; pero también existen algunas vigas que se encuentran al límite de diseño y que se tiene que aumentar la sección para aumentar su capacidad.

Figura 15

Vista del modelo para áreas de acero en vigas

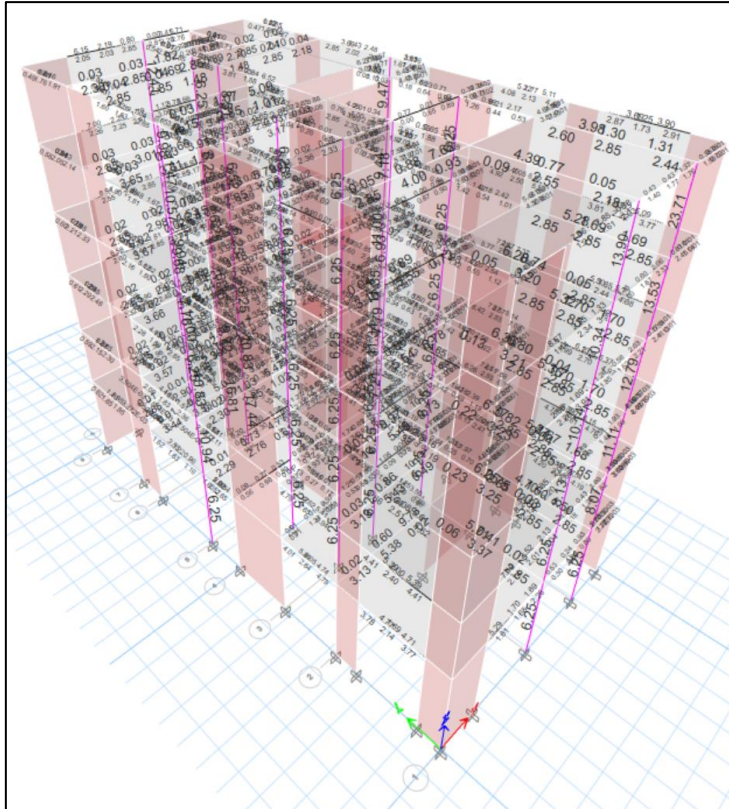


Tabla 17

Acero requerido en zapatas con el Código ACI 318-19

ZAPATA	ANCHO (m)	LARGO (m)	ACERO REQUERIDO (cm ²)
Z-1	0.60	0.90	20.50
Z-2	0.50	0.70	17.17
Z-3	0.60	0.60	17.50
Z-4	0.60	0.55	17.00
Z-5	0.50	0.60	16.17
Z-6	0.50	0.55	15.67
Z-7	0.60	0.65	18.00
Z-8	0.55	0.60	16.83
Z-9	0.65	0.60	18.17
Z-10	0.60	0.60	17.50
Z-11	0.55	0.55	16.33

Se observó en la tabla 17, que las secciones de diseño no son muy exageradas, tampoco las cantidades de acero en las zapatas debido a la cantidad de placas existentes que colaboran.

Tabla 18

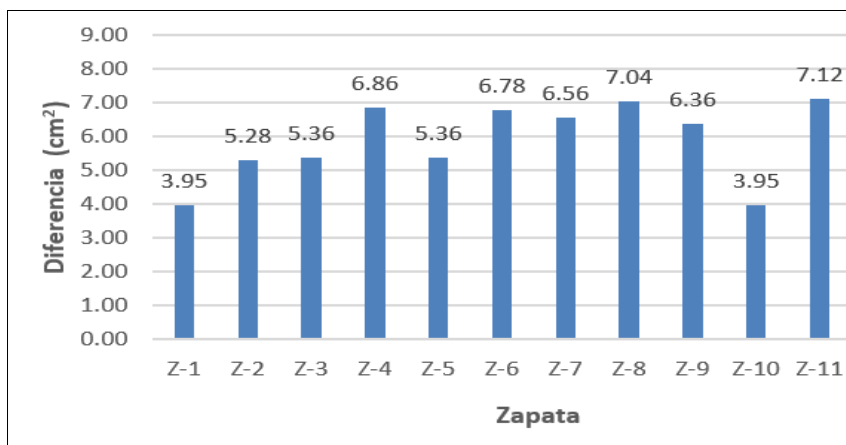
Acero requerido en zapatas con la Norma E.060

ZAPATA	ANCHO (m)	LARGO (m)	ACERO REQUERIDO (cm ²)
Z-1	0.60	0.90	24.45
Z-2	0.50	0.70	22.45
Z-3	0.60	0.60	22.86
Z-4	0.60	0.55	23.86
Z-5	0.50	0.60	21.53
Z-6	0.50	0.55	22.45
Z-7	0.60	0.65	24.56
Z-8	0.55	0.60	23.87
Z-9	0.65	0.60	24.53
Z-10	0.60	0.60	21.45
Z-11	0.55	0.55	23.45

En la tabla 18, se observó que las áreas de acero son mayores a las del Código ACI 318-19.

Figura 16

Diferencia de acero requerido en zapatas con ACI 318-19 y E.060



Se observó en la figura 16, que la diferencia de acero requerido es significativa por lo que se tiene que tener a consideración a la hora de diseñar los elementos estructurales.

Tabla 19

Ratios promedio del área de acero en zapatas, columnas y placas

NIVEL	ZAPATAS	COLUMNAS	PLACAS
1	5.11 cm ²	2.60 cm ²	6.06 cm ²
2	-	1.95 cm ²	5.28 cm ²

En la tabla 19 se observó que las ratios promedio en el área de acero entre la Norma E0.60 y el Código ACI 318-19 son significativas, teniendo como diferencia mayor un 7.28 cm² en las placas del segundo nivel.

Tabla 20

Porcentaje de optimización del área de acero en zapatas, columnas y placas

NIVEL	ZAPATAS	COLUMNAS	PLACAS
1	18.36 %	17.24 %	19.43 %
2	-	13.41 %	18.58 %

En la tabla 20 se observó que el porcentaje de optimización del área de acero en los elementos estructurales analizados es muy considerable, superando el 25% en zapatas y placas.

Tabla 21

Ratios promedio del área de acero en vigas

END -J	
	1.47 cm ²
MID	
	0.67 cm ²
END -I	
	1.85 cm ²

En la tabla 21 se observó que las ratios promedio en el área de acero para vigas entre la Norma E.060 y el Código ACI 318-19 son significativas, teniendo como mayor diferencia un 1.85 cm².

Tabla 22

Porcentaje de optimización del área de acero en vigas

END -J	
	19.87 %
MID	
	11.04 %
END -I	
	18.50 %

En la tabla 22 se observó que el porcentaje de optimización del área de acero en las vigas es muy considerable, llegando a un 30.50 % en el acero requerido para el momento derecho.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

- Se puede observar en la tabla 3 que el nivel de estrés de las columnas aumenta con la normativa E.060 con respecto al ACI 318-19, pero solo se presenta en el primer nivel por lo que la mayor parte de fuerzas es absorbida en la base y el primer nivel, para el segundo nivel se observa que se estabiliza y que la diferencia de estrés no es muy considerable a diferencia del primer nivel.
- La diferencia de acero requerido para las columnas en el nivel 1, tabla 5, con las normativas ACI 318-19 y E.060 es de 3.84 cm^2 , el cual es un valor considerable y nos muestra que con la Norma E.060 se requiere mayor cantidad de acero que con el Código ACI 318-19.
- En las placas se observa en las tablas 7-8, que existe una gran diferencia de estrés entre el Código ACI 318-19 y la Norma E.060, donde la normativa E.060 presenta una diferencia de 16.30% de estrés en sus placas; que es un valor considerable de fuerza sometida en la estructura, por tanto, requiere mayor cantidad de acero y sección en el elemento estructural.
- Respecto a la diferencia de acero en placas se observa en las tablas 9-10, que la mayor ratio se presenta en el segundo nivel siendo esta de 12.01 cm^2 entre el Código ACI 318-19 y la Norma E.060, por lo que es necesario tener a consideración y revisar el diseño, por ser una cantidad considerable de acero.
- En las vigas se puede observar en la tabla 11, que están sometidas a un estrés superior al 95% con la Norma E.060, por lo que no es recomendable tener a un elemento estructural sometido a esos valores, recomendando aumentar las secciones. Con el Código ACI 318-19 mostrado en la tabla 12, los elementos bajan

de estrés hasta un 65% por lo que ya no es necesario aumentar su sección en algunos elementos estructurales en comparación a la Norma E.060.

- En tabla 15, se observa que el acero está llegando al límite tal como mostró las tablas en su estrés por lo que es necesario aumentar sección en algunas vigas que están llegando a su límite.
- Para el segundo nivel se observa que la mayor parte de las fuerzas han sido absorbidas en el primer nivel, por lo que en las tablas 15-16 se muestra que tienen un acero máximo promedio con la Norma E0.60 y el Código ACI 318-19 de 7.14 cm² y 5.66 cm², respectivamente.
- En las zapatas se observa en las tablas 17-18, que el diseño con la Norma E.060 presenta una diferencia significativa hasta de 7.74 cm² con respecto al Código ACI 318-19 y es necesario revisar su diseño.
- Con la normativa E.060 siempre requerirá mayor acero, dado que sus coeficientes son mayores con respecto al Código ACI 318-19, pero la misma normativa establece que no debe superara el 5% como acero máximo en los resultados y observamos que las ratios son superiores a ese valor.
- En la investigación de Escudero (2018), se observa que existen deficiencias en la normativa E.060 con respecto al Código ACI 318, en esta investigación se observa que los factores de la carga muerta y carga viva son mayores con respecto al Código ACI 318-19, por lo que aumenta el momento y la cortante haciendo que el elemento estructural sufra más estrés y este sometido a mayores cargas, considerando que la normativa E.060 no ha sido actualizada desde el año 2009 y ésta presenta una sobreestructuración.
- En la investigación de Huamán (2013), se observa que la normativa AASHTO LRFD con respecto a la E.060 presenta factores que pudieron optimizar su diseño

y mejorar el costo el proyecto, en esta investigación se ha encontrado dos factores importantes en la amplificación sísmica insertada para el diseño de los elementos estructurales (columnas, placas, vigas) y los factores de diseño que hacen aumentar los momentos y cortantes.

- En la investigación de Chorro (2014), diseñó con el código ACI 318-02 elementos estructurales de una edificación reforzada, al realizar su análisis concluye que existe una sobre estructuración con esa normativa por lo que plantea que deben obtener valores más ajustados, en esta investigación se ha observado que la normativa E.060 en el diseño de sus elementos estructurales para esta edificación requiere mayor cantidad de acero que la normativa ACI 318-19.
- Se observa la existencia de elementos estructurales que estuvieron al límite de su esfuerzo por lo que se tiene que trabajar en el rango de menor o igual al 85% de su capacidad.
- Esta investigación tuvo como limitación la realización del estudio de suelos ya que fue desarrollada durante la época de cuarentena en el país; por lo cual se asumió el dato de la capacidad portante del terreno, tomando el promedio según la zonificación y uso de suelo para la ciudad de Cajamarca.
- La investigación también tuvo como limitación la realización de los análisis por cortante y torsión de los elementos estructurales, ya que solo se hizo el diseño por flexo-compresión y flexión en el software Etabs V19.0.
- La presente investigación se delimita al diseño y comparación de las áreas de acero requeridas en cada elemento estructural de una edificación según lo establecido en la Norma E0.60 y el Código ACI 318-19, y la obtención de resultados mediante el software Etabs V19.0; por lo que se deja constancia para futuras investigaciones,

las cuales propondrían verificar los resultados obtenidos mediante ensayos estructurales.

Se tiene como implicancia teórica:

- En el diseño de áreas de acero para los elementos estructurales se ha observado que con la Norma E.060 requieren mayor acero que con el Código ACI 318-19, incluso algunos llegan al límite de su estrés. Debido a estas estimaciones podemos decir que la Norma E.060 requiere mayor acero y sección en los elementos estructurales; así como que sus coeficientes y parámetros son mayores a los del Código ACI 318-19, por tal motivo se debería realizar un ajuste a los mismos.

4.2. Conclusiones

- El área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060, según cada tipo de elemento estructural, se ha optimizado en valores de porcentajes muy cercanos al 20%; por lo cual damos como válida la hipótesis planteada.
- Se ha observado que las ratios máximas en porcentaje de optimización en el diseño de acero de cada elemento estructural van de la siguiente manera: en columnas 17.24%, en vigas en el momento izquierdo, central y derecho tenemos 19.87%, 11.04% y 18.50% respectivamente, en placas 18.58% y en zapatas 18.36% con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060.
- Se diseñaron las áreas de acero de los elementos estructurales según cada normativa, donde se ha observado que los valores en los coeficientes de diseño en la Norma E.060 son mayores a los propuestos por el Código ACI 318-19; teniendo así en Φ (Compression Controlled tied) valores de 0.70 y 0.65 respectivamente,

en Phi (Shear and/or Torsion) 0.85 y 0.75 respectivamente y en Phi (Shear Seismic) 0.85 y 0.60 respectivamente.

- Al comparar el acero de diseño de los elementos estructurales entre cada normativa, se ha observado que las ratios máximas van de la siguiente manera: en columnas 2.60 cm^2 , en vigas en el momento izquierdo, central y derecho tenemos 1.47 cm^2 , 0.67 cm^2 y 1.85 cm^2 respectivamente, en placas 6.06 cm^2 y en zapatas 5.11 cm^2 ; teniendo el Código ACI 318-19 el menor requerimiento de acero.
- Se propone las siguientes consideraciones: (a) Tener cuidado con los factores de amplificación sísmica y factores de diseño al momento de introducir al Etabs, ya que estos aumentan la cortante y el momento; además de comparar los cálculos obtenidos en el programa con una hoja de cálculo y así no tener valores sobreestructurados. (b) Se debe recordar que el programa solos nos muestra resultados, es criterio del ingeniero observar el comportamiento de la edificación, cortantes, acero, etc.; y si esos valores son adecuados para la edificación. (c) Los diseños de área de acero se deberían realizar bajo los parámetros de secciones controladas o ductilidad limitada recomendada por el Código ACI 318-19.

REFERENCIAS

- Agurto Mogollón, O. M. (2014). *Comparación estructural y económica al diseñar un edificio de 5 niveles con 1 sótano, usando acero estructural y concreto armado.*
- American Concrete Institute ACI 318-19, *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*, Comité de Diseño 318-19.
- Amer, D. N., & Altamirano Matamoros, J. C. (2017). *Compendio de Criterios de Análisis y Diseño de Escaleras de Concreto Reforzado Basado en los Códigos Constructivos que Rigen las Estructuras de Concreto.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Avilés, J. (1999). *Interacción Suelo-Estructura: Concepto de Diseño.* *Revista de Ingeniería Sísmica*, 61, 23–55.
- Caceres, D., Jair, E., & Niño Alvarez, L. H. (2016). *Optimización Del Dimensionamiento Estructural De Un Portico Plano De Concreto Reforzado, Destinado A Almacenamiento De Archivos.* Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Civil.
- Cordero Montoya, F. A., & Estrada Rivera, J. C. (2013). *Análisis de respuesta sísmica local de sitio considerando condiciones de saturación en el Puerto de Bilwi, Región Autónoma Atlántico Norte, Nicaragua.* Universidad Centroamericana.
- Culqui Huaman, J. A. (2013). *Estudio del Puente San Juan.*
- Escudero, S., Escudero, V., & Vargas Sánchez, R. M. (2018). *Análisis y diseño de edificios de concreto armado considerando la rigidez efectiva de sus elementos estructurales.*
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la Investigación.* Bogotá: McGraw Hill.
- Montoya Coronado, L. A. (2013). *Influencia de flexibilidad de las conexiones en el comportamiento sísmico de edificios metálicos.* Universitat Politècnica de Catalunya.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060 (2009), *Concreto Armado.* Comité Técnico Especializado Peruano.
- Ottazzi Pasino, G. A. (2004). *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado.*

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 23

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN DE VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Independiente: - Código ACI 318-19 - Norma E.060	Conjunto de reglas y estatutos mínimos para garantizar la filosofía de diseño de una edificación o sus elementos estructurales.	-Cortante máxima. -Momento último. -Momento de diseño.	Kg/cm ²
Dependiente: - Área de acero	Edificación diseñada de concreto armado, ante un sismo debe garantizar la vida de sus habitantes.	-Área de acero	Acero por cm ²

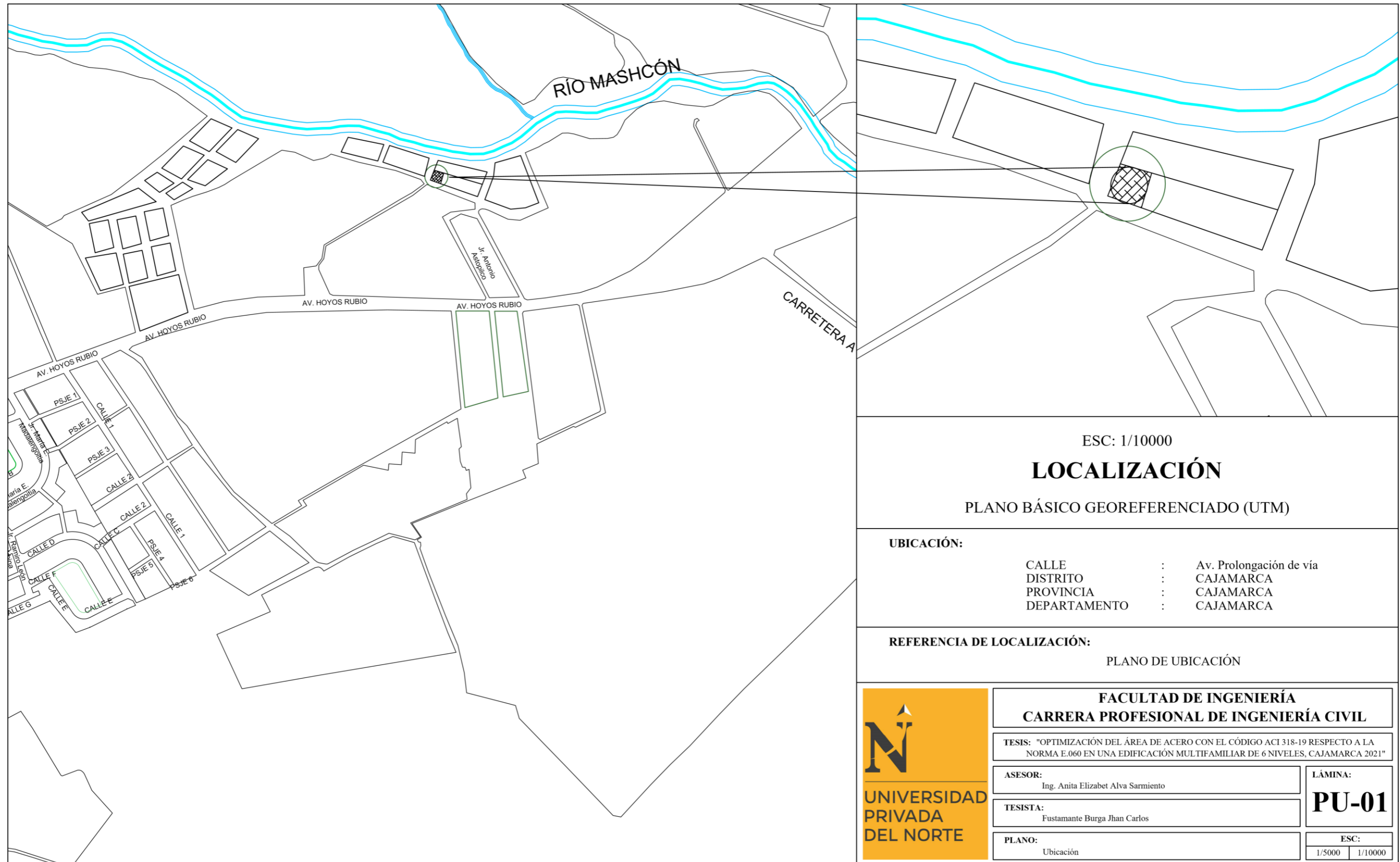
ANEXO 2: Matriz de consistencia

Tabla 24

Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
¿En cuánto se optimiza el área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles?	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la ratio de optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseñar el área de acero de los elementos estructurales con el Código ACI 318-19 y la Norma E.060. -Comparar la cortante última en vigas y columnas con el Código ACI 318-19 y la Norma E.060. -Comparar la comprensión última y volteo en las zapatas diseñadas con el Código ACI 318-19 y la Norma E.060. 	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El área de acero se optimiza en un 20% con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E.060 en una edificación multifamiliar de 6 niveles. 	<p>Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Código ACI 318 – 19 Norma E.060 <p>Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Área de acero 	<ul style="list-style-type: none"> - Cortante máxima. - Esfuerzo máximo. - Acero por cm²

ANEXO 3: Plano de ubicación



ESC: 1/10000

LOCALIZACIÓN

PLANO BÁSICO GEOREFERENCIADO (UTM)

UBICACIÓN:

CALLE : Av. Prolongación de vía
 DISTRITO : CAJAMARCA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

REFERENCIA DE LOCALIZACIÓN:

PLANO DE UBICACIÓN



**FACULTAD DE INGENIERÍA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"

ASESOR:
 Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

LÁMINA:

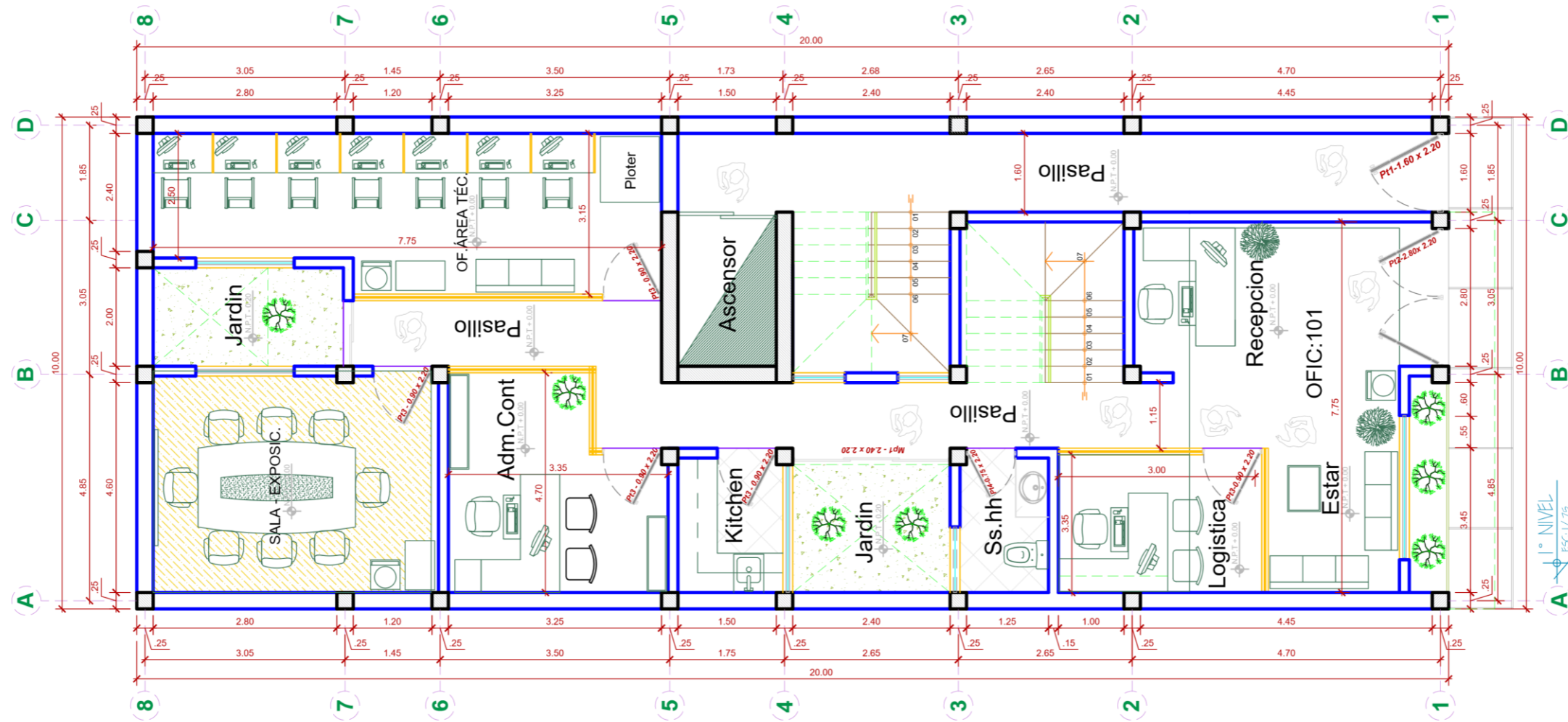
PU-01

TESISTA:
 Fustamante Burga Jhan Carlos


PLANO:
 Ubicación

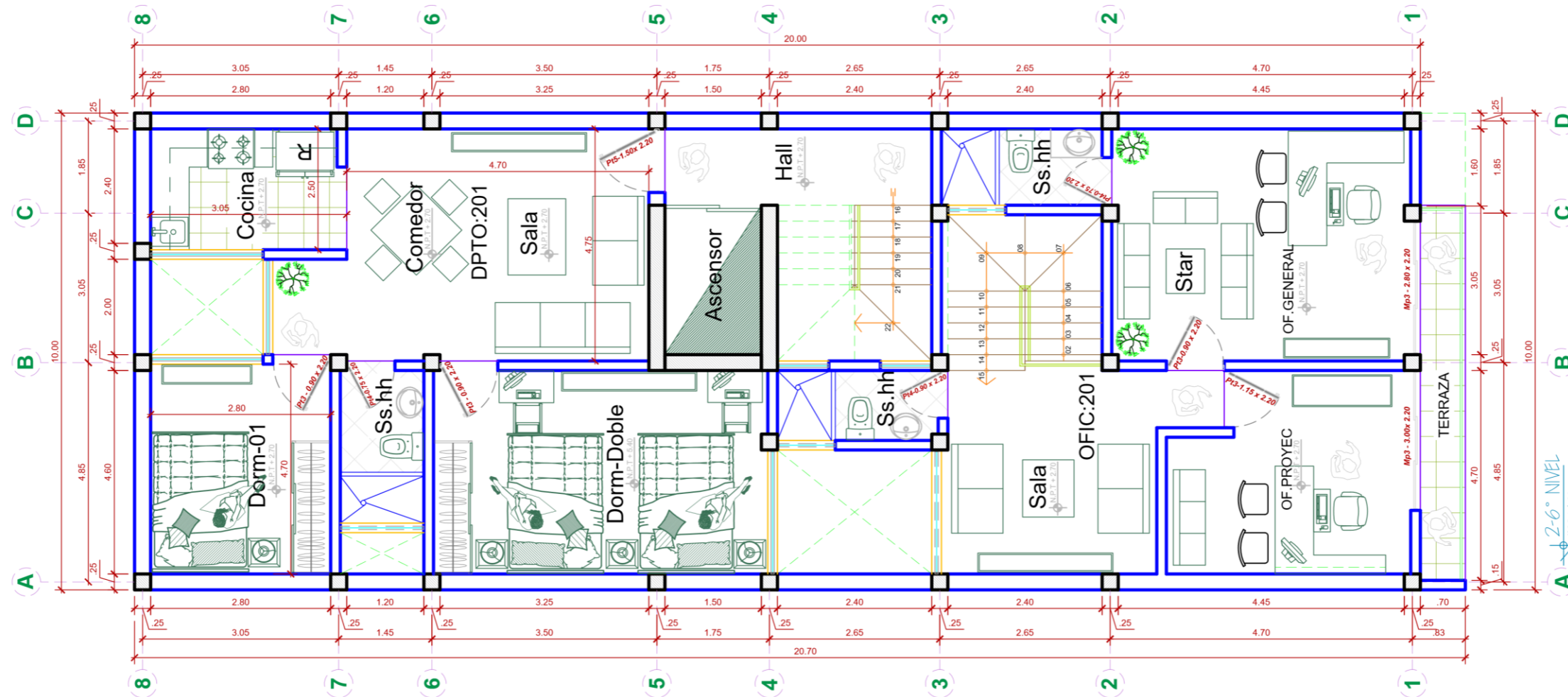
ESC:
 1/5000 | 1/10000


ANEXO 4: Planos de distribución arquitectónica

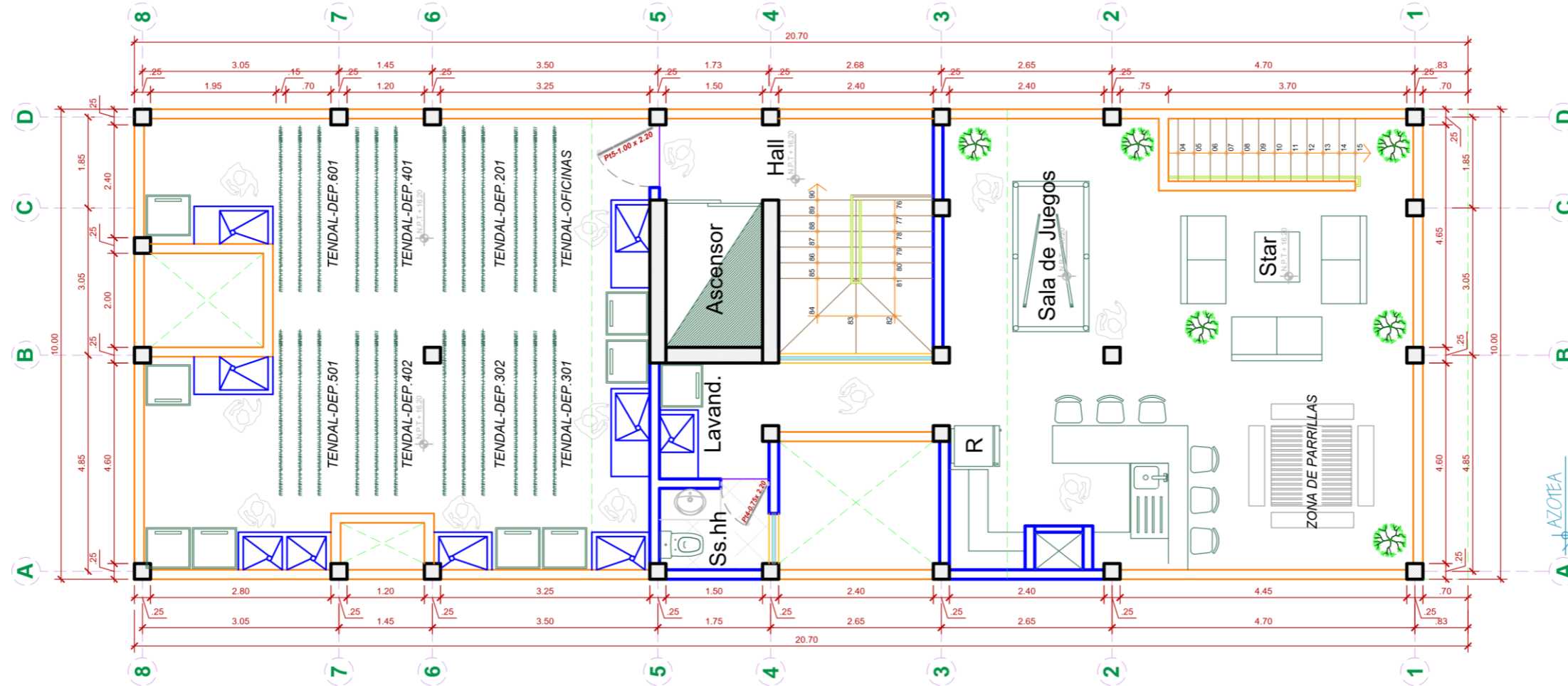



CALLE PRINCIPAL

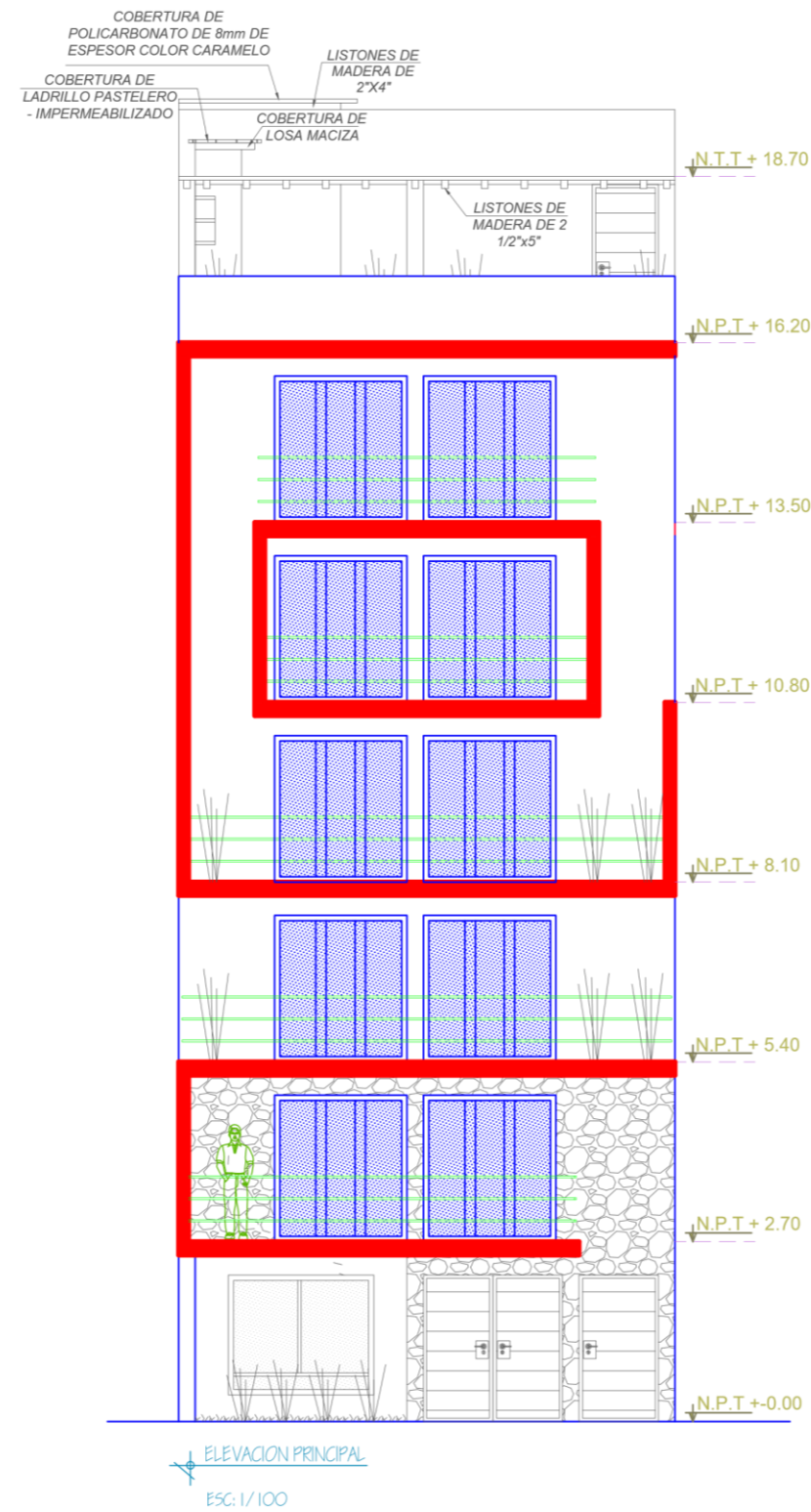
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
	ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	LÁMINA: <h1 style="font-size: 2em;">A-01</h1>
	TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos	ESC: 1/75
PLANO: Arquitectura Inicial - Primer Nivel		




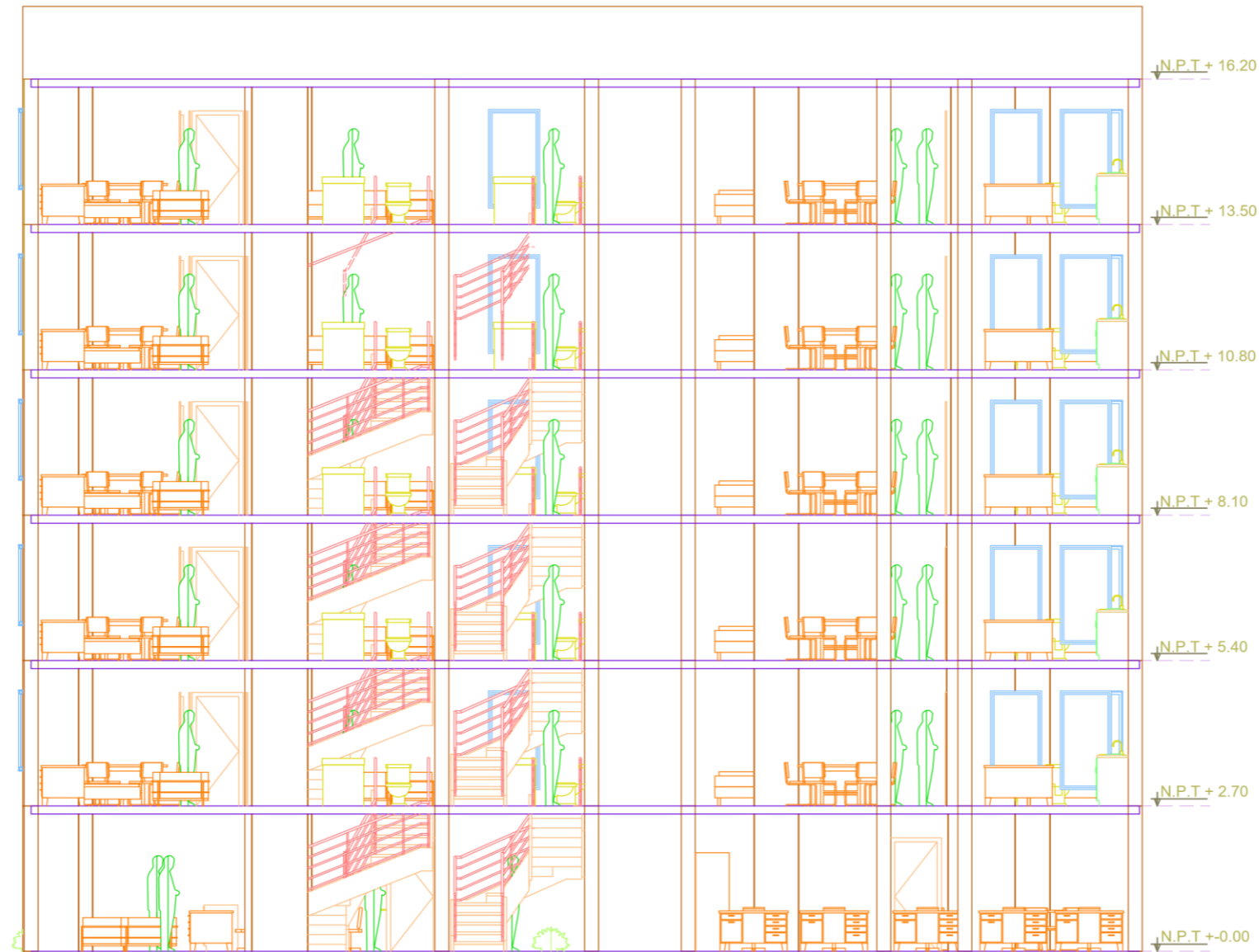
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<small>TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"</small>	
	<small>ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento</small>	<small>LÁMINA: A-02</small>
	<small>TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos</small>	<small>ESC: 1/75</small>
<small>PLANO: Arquitectura Inicial - 2° a 6° Nivel</small>		




 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
	ASESOR: Ing. Ania Elizabet Alva Sarmiento	LÁMINA: A-03
TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos	ESC: 1/75	
PLANO: Arquitectura Inicial - Azotea		

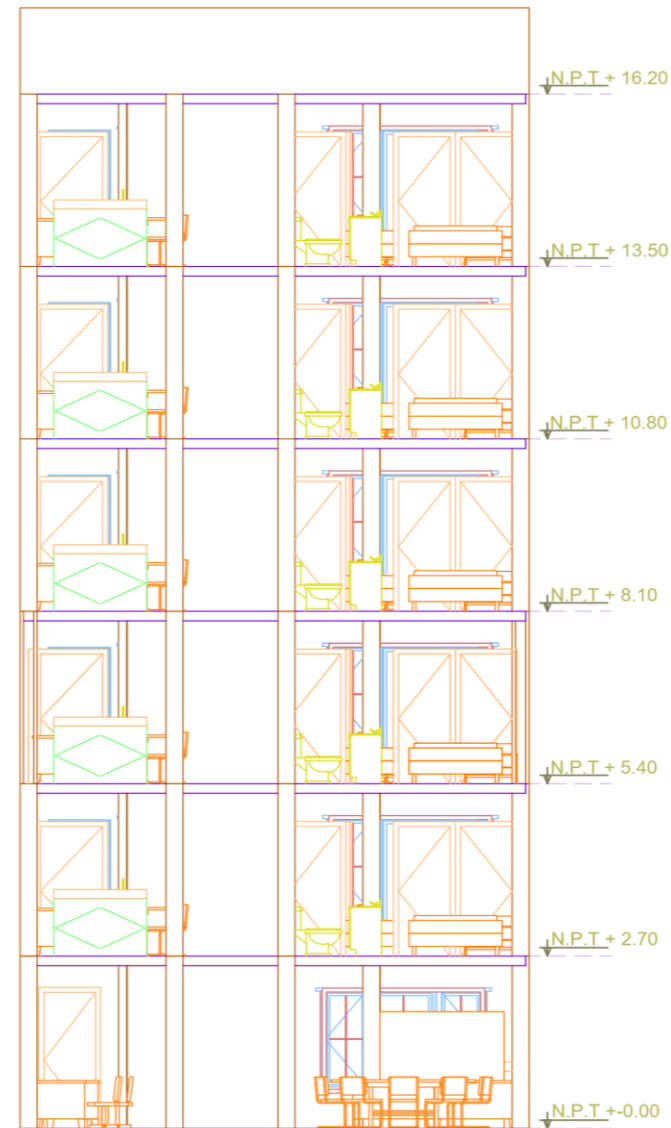


 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<small>TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"</small>	
	<small>ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento</small>	<small>LÁMINA: A-04</small>
	<small>TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos</small>	<small>ESC: 1/100</small>
<small>PLANO: Elevación</small>		




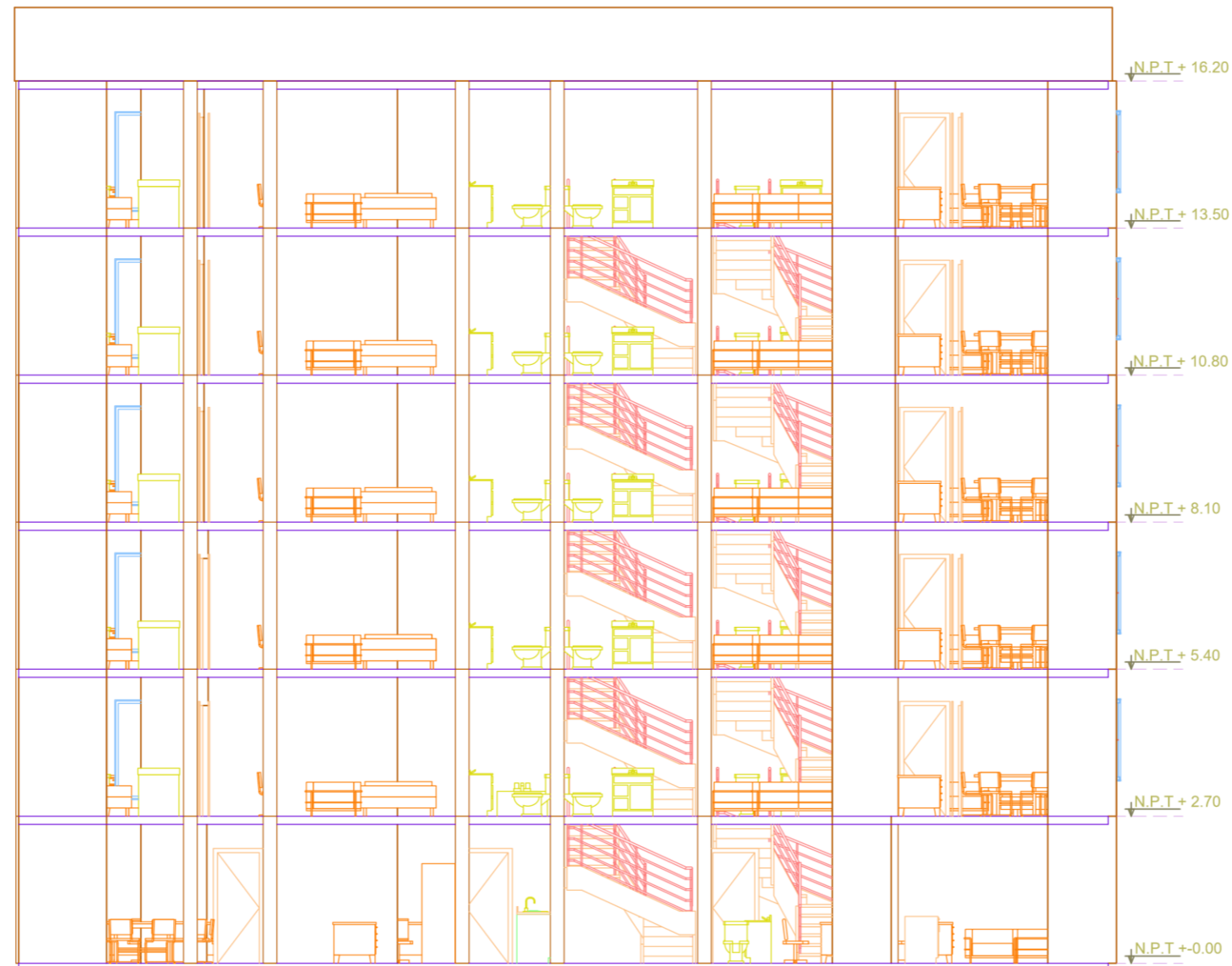
← CORTE I-I
 ESC: 1/100

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<small>TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"</small>	
	<small>ASESOR:</small> Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	<small>LÁMINA:</small> A-05
	<small>TESISTA:</small> Fustamante Burga Jhan Carlos	<small>ESC:</small> 1/100
<small>PLANO:</small> Corte I-I		




CORTE 2-2
 ESC: 1/100

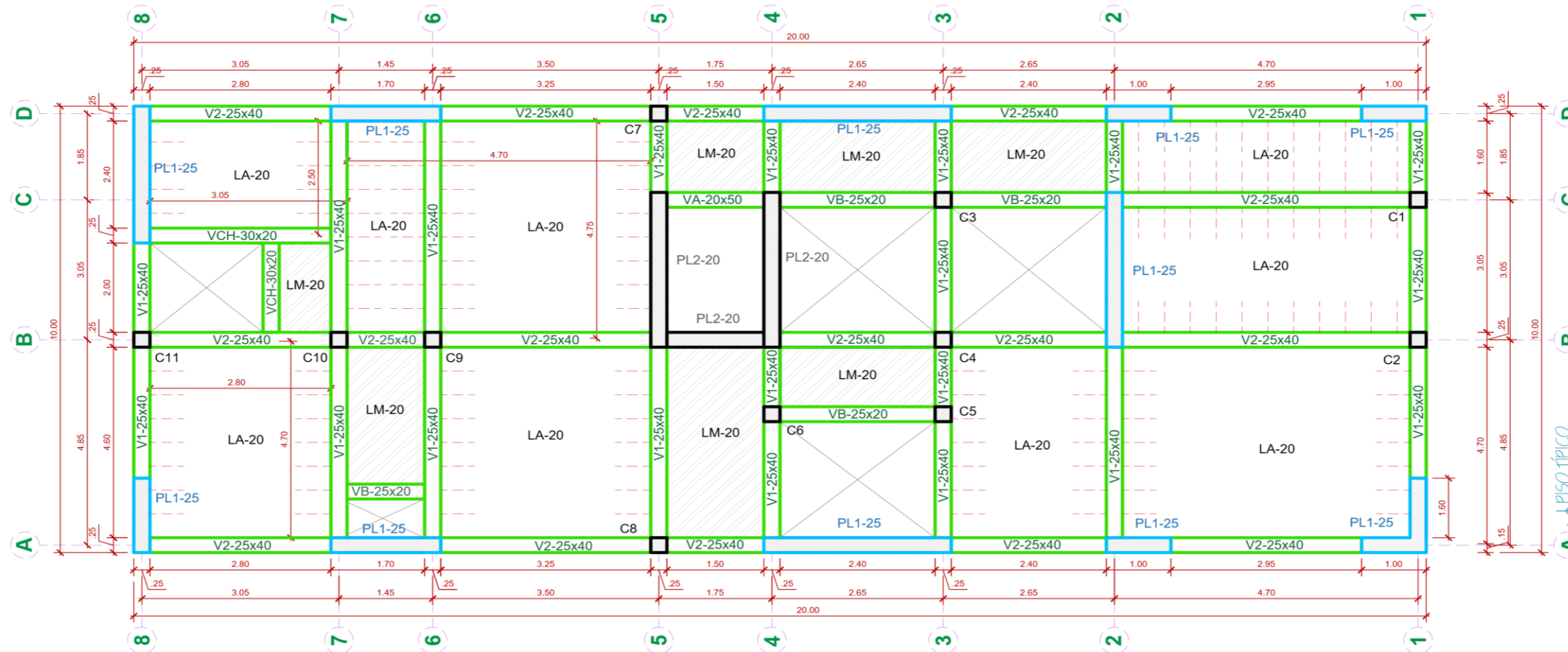
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
	ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	LÁMINA: A-06
	TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos	ESC: 1/100
PLANO: Corte 2-2		





CORTE 3-3
 ESC: 1/100


 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
		TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento		LÁMINA: A-07	
TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos		ESC: 1/100	
PLANO: Corte 3-3			

ANEXO 5: Plano de estructuración inicial de la edificación



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<small>TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"</small>	
	<small>ASESOR:</small> Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	<small>LÁMINA:</small> E-01
	<small>TESISTA:</small> Fustamante Burga Jhan Carlos	<small>ESC:</small> 1/75
<small>PLANO:</small> Estructuración Inicial de la Edificación		

ANEXO 6: Formatos de recolección de datos

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
	FICHA Registro de datos generales
	NORMA Reglamento nacional de edificaciones
	TESIS "Optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E-0.60 en una edificación multifamiliar de 6 niveles, Cajamarca 2021"
	ASESOR Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
	TESISTA Jhan Carlos Fustamante Burga

Datos arquitectónicos de la edificación

REGISTRO DE DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL PROYECTO	
UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	
NÚMERO DE NIVELES	
ÁREA DE LA EDIFICACIÓN	
PERÍMETRO DE LA EDIFICACIÓN	
USO DE LA EDIFICACIÓN	
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
	FICHA	Registro de datos generales
	NORMA	Reglamento nacional de edificaciones
	TESIS	"Optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E-0.60 en una edificación multifamiliar de 6 niveles, Cajamarca 2021"
	ASESOR	Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
TESISTA	Jhan Carlos Fustamante Burga	

Datos estructurales iniciales de la edificación

REGISTRO DE DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL PROYECTO	
TIPO DE ESTRUCTURA	
SECCIÓN DE COLUMNAS	
SECCIÓN DE VIGAS	
SECCIÓN DE PLACAS	
ESPESOR DE LOSA ALIGERA	
ESPESOR DE LOSA MACIZA	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

ANEXO 7: Datos generales de la edificación

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
	FICHA Registro de datos generales
	NORMA Reglamento nacional de edificaciones
	TESIS "Optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E-0.60 en una edificación multifamiliar de 6 niveles, Cajamarca 2021"
	ASESOR Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
	TESISTA Jhan Carlos Fustamante Burga


Datos arquitectónicos de la edificación

REGISTRO DE DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL PROYECTO	Vivienda multifamiliar
UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Av. Prolongación de vía
NÚMERO DE NIVELES	6
ÁREA DE LA EDIFICACIÓN	200 m ²
PERÍMETRO DE LA EDIFICACIÓN	60 m
USO DE LA EDIFICACIÓN	Oficinas / Vivienda multifamiliar
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	0.90 kg/cm ²

NOTA: La capacidad portante del terreno se obtuvo del promedio según la zonificación y uso de suelo para Cajamarca.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE	ASESOR
	 Anita Elizabet Alva Sarmiento <small>Ingeniero Civil Reg. CIP N° 69250</small>
NOMBRE: Jhan Carlos Fustamante Burga	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 10/06/2021	FECHA: 10/06/2021

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
	FICHA	Registro de datos generales
	NORMA	Reglamento nacional de edificaciones
	TESIS	"Optimización del área de acero con el Código ACI 318-19 respecto a la Norma E-0.60 en una edificación multifamiliar de 6 niveles, Cajamarca 2021"
	ASESOR	Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
TESISTA	Jhan Carlos Fustamante Burga	

Datos estructurales iniciales de la edificación

REGISTRO DE DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL PROYECTO	Vivienda multifamiliar
TIPO DE ESTRUCTURA	Muros estructurales
SECCIÓN DE COLUMNAS	C-25x25 cm
SECCIÓN DE VIGAS	V1-25x40 cm
	V2-25x40 cm
	VCH-30x20 cm
	VB-25x20 cm
	VA-20x50 cm
SECCIÓN DE PLACAS	PL1-25 cm
	PL2-20 cm
ESPELOR DE LOSA ALIGERADA	20 cm
ESPELOR DE LOSA MACIZA	20 cm

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE	ASESOR
	
NOMBRE: Jhan Carlos Fustamante Burga	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 10/06/2021	FECHA: 10/06/2021

ANEXO 8: Metrado de cargas, predimensionamiento y cálculo de elementos estructurales

En base a la normativa E.020, se estableció el metrado de cargas de la edificación:

Tabla 25

Carga viva y muerta

WD	400 kg/m²
peso propio	300 kg/m ²
Piso Terminado	100 kg/m ²
WL	200 kg/m²
Sobrecarga	200 kg/m ²

Para el predimensionamiento de los elementos estructurales se empezó por la losa, aplicando la luz menor del paño más grande.

Tabla 26

Predimensionamiento de losa aligerada

Ln=	4,65
h=	0,19
USAR h=	0,20

Para el predimensionamiento se utilizó la luz entre 25 como proceso inicial, en el análisis de la edificación se corrigió.

Para la losa maciza se tomó el criterio que establece el espesor de la misma en H del aligerado menos 0.05, con lo cual se consideró en el predimensionamiento un espesor de 15 cm para losa maciza. Sin embargo, por continuidad del diafragma y un correcto amarre de las vigas chatas y de borde, se tomó un espesor igual al del aligerado siendo de 20 cm.

Se obtuvo el área tributaria de los elementos estructurales columnas y placas inicialmente presentadas para el diseño de la edificación.

Tabla 27

Cálculo de área tributaria

Nº	ELEMENT STRUC.	Área tributaria
1	C-1	1.89
2	C-2	2.96
3	C-3	2.10
4	C-4	2.24
5	C-5	1.87
6	C-6	2.56
7	C-7	3.44
8	C-8	4.72
9	C-9	6.25
10	C-10	5.11
11	C-11	1.94

Para el predimensionamiento de vigas tomamos la las luces y las dividimos entre 10 y 12, para aproximar su valor a un múltiplo de 5.

Tabla 28

Predimensionamiento de vigas

LUZ	PERALTE	BASE
4.45	0.40	0.25
2.45	0.25	0.25
3.50	0.30	0.25
1.73	0.25	0.25
2.68	0.25	0.25
3.40	0.30	0.25
2.95	0.25	0.25
3.25	0.30	0.25
2.50	0.25	0.25
4.60	0.30	0.25
3.95	0.35	0.25
3.40	0.30	0.25
2.65	0.25	0.25
1.75	0.25	0.25
3.50	0.30	0.25
1.45	0.25	0.25
3.05	0.30	0.25
4.45	0.30	0.25

LUZ	PERALTE	BASE
1.50	0.25	0.25
2.50	0.25	0.25

Se observó que tenemos 3 tipos de vigas en el predimensionamiento, por lo que se uniformizó la base y peralte tomando en cuenta las luces más desfavorables en ambas direcciones, quedándonos:

- V1-25x40
- V2-25x40
- VCH-30x20
- VB-25x20

Para la viga en la puerta del ascensor se consideró VA-20x50 para evitar el fallo por viga de acoplamiento.

Para el primer predimensionamiento de las columnas en base a la carga axial y sus áreas tributarias tenemos:

Tabla 29

Predimensionamiento de columnas

ELEMENT STRUC.	CATEGORIA DE USO	Fc-kg/cm2	Área tributaria	Nº Pisos	Long. M	Anch. M
C-1	1	210	1.89	6.00	0.25	0.25
C-2	1	210	2.96	6.00	0.25	0.25
C-3	1	210	2.10	6.00	0.25	0.25
C-4	1	210	2.24	6.00	0.25	0.25
C-5	1	210	1.87	6.00	0.25	0.25
C-6	1	210	2.56	6.00	0.25	0.25
C-7	1	210	3.44	6.00	0.25	0.25
C-8	1	210	4.72	6.00	0.25	0.25
C-9	1	210	6.25	6.00	0.25	0.25
C-10	1	210	5.11	6.00	0.25	0.25
C-11	1	210	1.94	6.00	0.25	0.25

Para el predimensionamiento de placas se utilizó el criterio establecido en la Norma E.060, la cual nos da que como mínimo deben de ser de 15 cm en edificaciones no mayores a 3 niveles, entre 4 a 5 niveles de 20 cm y mayores a 5 niveles se recomienda utilizar 25 cm y con longitudes de 1.00 metros como mínimo, por lo cual se utilizó las placas de 25 cm excepto en la zona del ascensor donde se utilizaron placas de 20 cm.

Para el metrado de cargas en las losas se utilizó la norma E.020, siendo 200 kg/m² de carga repartida en los pisos.

Tabla 30

Cálculo de carga muerta y viva Nivel 1

1° NIVEL	Cantidad	Largo Y	Ancho X	Altura	Peso	Parcial	Unidad	Total
COL - 25x25 cm	25	0.25	0.25	3.7	2.4	13.88	tn	
C.M VIGA P. 25x40 cm	22	1.8	0.25	0.40	2.4	7.13	tn	37.4880
VIGA S. 25x40 cm	15	1.5	0.25	0.40	2.4	3.38	tn	
Losa	1	10	20	Espesor	0.20	12.00	tn	
C.V LOSA:	1	10	20	Espesor	0.20	10	tn	10

Tabla 31

Cálculo de carga muerta y viva Nivel 2-6

2° - 6° NIVEL	Cantidad	Largo Y	Ancho X	Altura	Peso	Parcial	Unidad	Total
COL - 25x25 cm	25	0.25	0.25	2.1	2.4	7.88	tn	
C.M VIGA P. 25x40 cm	22	1.8	0.25	0.40	2.4	7.13	tn	31.0080
VIGA S. 25x40 cm	15	1.5	0.25	0.40	2.4	3.38	tn	
Losa	1	10	20	Espesor	0.20	12.00	tn	
C.V LOSA:	1	10	20	Espesor	0.20	10	tn	10

La carga muerta total es de 192.52 Tn y 60 tn de carga viva, donde realizamos el predimensionamiento de la zapata más desfavorable.

Por lo que se dividió entre el número de elementos estructurales que nacen desde la fundación Columnas y placas para el diseño de zapatas.

Tabla 32

Parámetros para el Predimensionamiento de la zapata

$Pd =$	7700.25	Kg
$Pl =$	2000	Kg
$Df =$	1.20	m
$S/C =$	500	Kg/m ²
$t1 =$	0.25	m
$t2 =$	0.30	m
$hc =$	0.15	m
$\gamma_m =$	1800	Kg/m ³
$\sigma_t =$	0.90	Kg/cm ²
$f'c =$	210	Kg/cm ²
$f_y =$	4200	Kg/cm ²

$$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_{pom} \cdot h_f - h_z \cdot \gamma_c - S/C$$

Ecuación N° 14. Esfuerzo neto del terreno

$$\sigma_n = 0.60 \quad \text{Kg/cm}^2$$

Se calculó el área de la zapata:

$$\begin{aligned} \text{Área de la Zapata} & \quad T = S = 0.80 \times 0.80 \\ & \quad \text{m}^2 \\ \text{Azap} = & \quad 16221.1538 \text{ cm}^2 \quad 97150 \end{aligned}$$

Debe Cumplir que
 $Lv1 = Lv2:$

$$\begin{aligned} T = 1.24 \text{ m} & \quad \text{a} \quad 3.35 \text{ m} \\ S = 1.3 \text{ m} & \quad \text{a} \quad 2.90 \text{ m} \end{aligned}$$

Se calculó el esfuerzo neto del terreno.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_{zap}}$$

Ecuación N° 15. Esfuerzo neto del terreno.

Tabla 33

Reacción neta del terreno

$P_u =$	15150.375	Kg
$A_{zap} =$	97150	cm ²
$W_u =$	0.16	Kg/cm ²

Dimensionamiento de la altura de la zapata.

$$V_c = 1.06 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

Ecuación N° 16. Cortante por punzonamiento

$$V_u = 15150.375 - 0.16(25 + d)(30 + d)$$

Ecuación N° 17. Cortante última por punzonamiento

$$V_u = 15150 - 0.16(30 + d)(30 + d)$$

$$\phi V_c = 1.06 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$d = 8.07 \quad \text{cm}$$

$$r = 7.5 \quad \text{cm}$$

$$\text{Diametro de Varilla } \phi : 1/2''$$

$$d_{prom} = 21.23 \quad \text{cm}$$

$$\phi \cdot V_c = 0.53 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

Ecuación N° 18. Verificación de cortante por punzonamiento

Verificación por Cortante

$$\phi = 0.85$$

$$Vdu = 6064.10719$$

$$\phi Vc = 39592.0869$$

$$Vdu < \phi Vc \dots\dots\dots(\text{Conforme})$$

$$\rho = \frac{100 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot f_y - \sqrt{(100 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot f_y)^2 - 23600 \cdot \phi \cdot R_u \cdot f'_c \cdot f_y^2}}{118 \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

Ecuación N° 19. Cuantía para diseño

Diseño longitudinal.

Mu =	5258.689	Kg - m
Ru =	4.02	Kg/cm ²
ρ =	0.001078	
ρmin =	0.0018	
As =	15.7	cm ²
Av =	1.27	cm ²
# var =	12.3	
Esp. S =	3.7	cm

Varillas de 5/8 cada 15 cm.

Diseño transversal.

Ast =	18.09	cm ²
# var =	14.2	
Esp. S =	26.6	cm

Varilla de 5/8 cada 15 cm.

Resistencia al aplastamiento de la columna.

$$P_{nb} = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_c$$

Ecuación N° 20. Asentamiento requerido

$$P_n = \frac{P_U}{\phi}$$

Ecuación N° 21. Asentamiento obtenido

$\phi_n = 0.7$	
Sobre la Columna	P _n = 21642.9 Kg
De la Columna	P _{nb} = 160650 Kg
P_n < P_{nb} (No Necesita Dowels)	

$$A_{smin} = 4.5 \text{ cm}^2$$

Diseño de vigas. Se tomó la viga más desfavorable.

Geometría del Elemento:

Viga:

Ancho de Viga (B): **25.00 cm**
 Peralte de Viga (H): **40.00 cm**
 Peralte Efectivo
 (D): **34.00 cm**

Obtención de Acero Mínimo

$$A_{smin1} = \frac{14}{f_y} B * D$$

Ecuación N° 22. Acero mínimo

Momento Negativo 1-1: **0.34 Tnf-m**

Profundidad del bloque Equivalente de Whitney (a):

0.38 cm

Profundidad al eje neutro (c): **0.44 cm**

Profundidad máxima del eje Neutro para Garantizar una Falla Controlada Por Tracción (cmax):

7.13 cm

Acero Requerido (-) (As): **0.48 cm²**

$A_{smin1-1}$: **1.90 cm²**

$A_{smin2-2}$: **1.57 cm²**

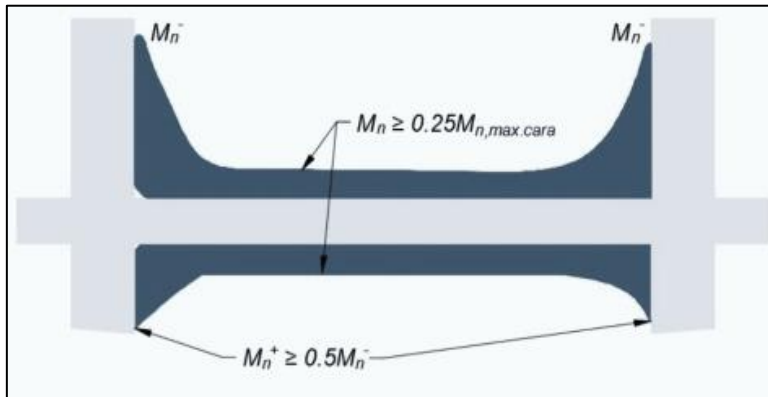
A_{smin} : **1.90 cm²**

$$Mn(+) \geq 0.50 * Mn(-)$$

Ecuación N° 23. Verificación de momento

Figura 17

Diagrama de viga



Mn (+): **2.61 Tnf-m**
Mn (+): **2.38 Tnf-m**

Obtención de Acero

Momento Positivo 1-2: **0.38 Tnf-m**
Profundidad del bloque Equivalente de Whitney (a): **0.38 cm**
Profundidad al eje neutro (c): **0.44 cm**
Profundidad máxima del eje Neutro para Garantizar una Falla Controlada Por Tracción (cmax): **7.13 cm**
Acero Requerido (-) (As): **0.54 cm²**

Diámetro Supuesto: **# 5/8"** As: **1.98 cm²** Chequeo: **BIEN**
Usar: **2 # 5/8"** **3.96 cm²**

Momento Negativo 2-2: **0.34 Tnf-m**
Profundidad del bloque Equivalente de Whitney (a): **0.38 cm**
Profundidad al eje neutro (c): **0.44 cm**
Profundidad máxima del eje Neutro para Garantizar una Falla Controlada Por Tracción (cmax): **7.13 cm**
Acero Requerido (-) (As): **0.48 cm²**

Diámetro Supuesto: **# 5/8"** As: **1.98 cm²**
Usar: **4 # 5/8"** **7.92 cm²**

Para Momento Negativo 1-1

Momento Negativo 1-1: **0.34 Tnf-m**
2.54
 As Colocada: **cm2**
 Determinación de a: **1.99 cm**
 Momento Nominal (Mn): **172859.25 kg-cm**
 Momento Nominal (Mn): **1.73 Tnf-m**

Para Momento Positivo 1-2

Momento Positivo 1-2: **0.38 Tnf-m**
3.96
 As Colocada: **cm2**
 Determinación de a: **3.11 cm**
 Momento Nominal (Mn): **261161.53 kg-cm**
 Momento Nominal (Mn): **2.61 Tnf-m**

Para Momento Negativo 2-2

0.34
 Momento Negativo 2-2: **Tnf-m**
 As Colocada: **7.92 cm2**
 Determinación de a: **6.21 cm**
 Momento Nominal (Mn): **475831.74 kg-cm**
 Momento Nominal (Mn): **4.76 Tnf-m**

Tenemos el acero longitudinal 7.92 cm², en el centro 3.96 cm² y en el extremo 7.92 cm², para el diseño de columnas se tomó el área tributaria más desfavorable por lo que en su metrado de cargas, anteriormente realizado de las 12 columnas.

Tabla 34

Carga de muerta y viva total

Carga muerta total	192.5280 tn
Carga viva total	60 tn

Tabla 35

Carga muerta y viva distribuida

Carga muerta	PD=	7.70 ton
Carga viva	PL=	2.40 ton
Mayorando:		14.86
1.4PD+1.7PL	PU=	ton

Tabla 36

Parámetros de diseño.

Concreto $f'c=$	210 kg/cm ²
Fluencia $f_y=$	4200 kg/cm ²
$b=$	30.0 cm
$t=$	30.0 cm
d'	6.0 cm

Con los datos obtenidos se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

Ecuación N° 24. Excentricidad

$$g = \frac{(t - 2 * d')}{t}$$

Ecuación N° 25. G para diagrama de interacción

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f'c}$$

Ecuación N° 26. Momento

$$\rho_t = \frac{\rho_{t,m}}{m}$$

Ecuación N° 27. Cuantía de diseño

$$A_{st} = \rho_t * b * t$$

Ecuación N° 28. Área de acero

Cálculo de excentricidad ($e = M_u / P_u$)

		$e =$	0.33 m
Valor de "g" para diagrama de interacción $g = (t - 2 * d') / t$		$g =$	0.52
Valores de K para el diagrama de interacción $k = P_u / (f'_c * b * t)$		$k =$	0.234
		$k * e / t =$	0.305
Cuantía de diseño del ábaco	$pt, m = "k * e / t" \text{ y } "k"$	$pt. m =$	0.1
Parámetro	$m = f_y / (0.85 * f'_c)$	$m =$	23.53
Cuantía de diseño	$pt = P_t.m / m$	$pt =$	0.0043
Verificación de cuantías según E.060 ($1\% \leq pt \leq 6\%$)		$0.01 \leq pt$ ≤ 0.06	0.0100
Área acero de diseño	$A_{st} = pt * b * t$	$A_{st} =$	<u>10.45 cm²</u>

ANEXO 9:

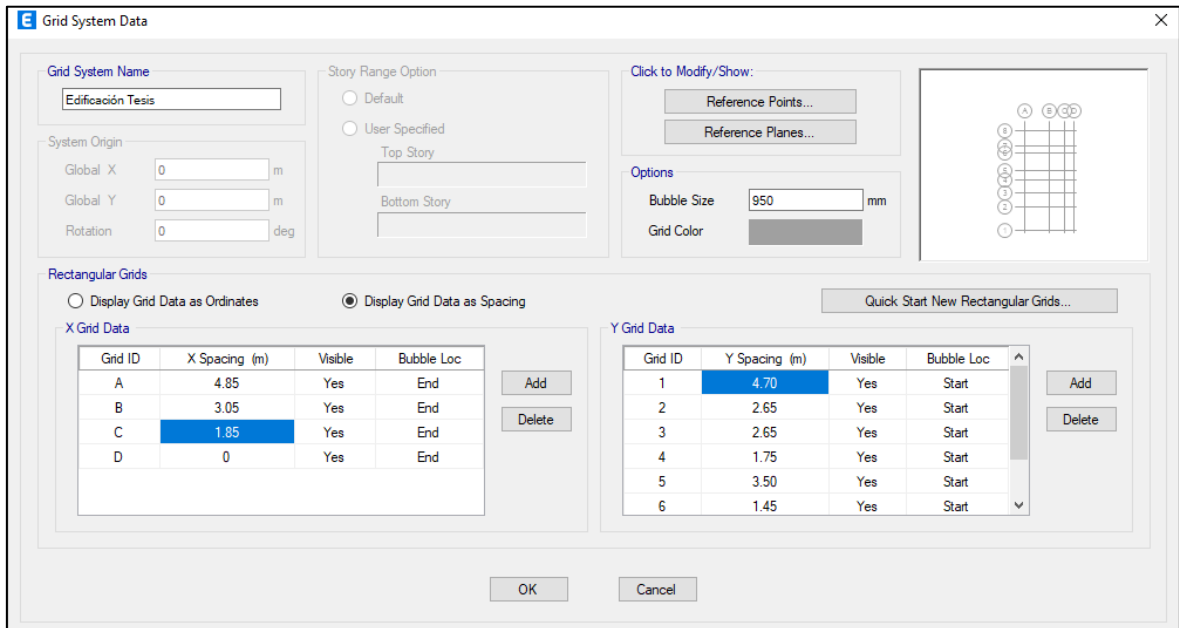
Modelamiento de la

estructura

Para modelar la edificación se necesitó ingresar los datos de la edificación que se obtuvo de los planos.

Figura 18

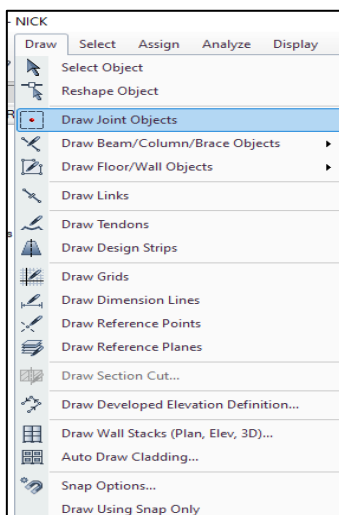
Configuración de Grid



Colocados en base al distanciamiento de los ejes.

Figura 19

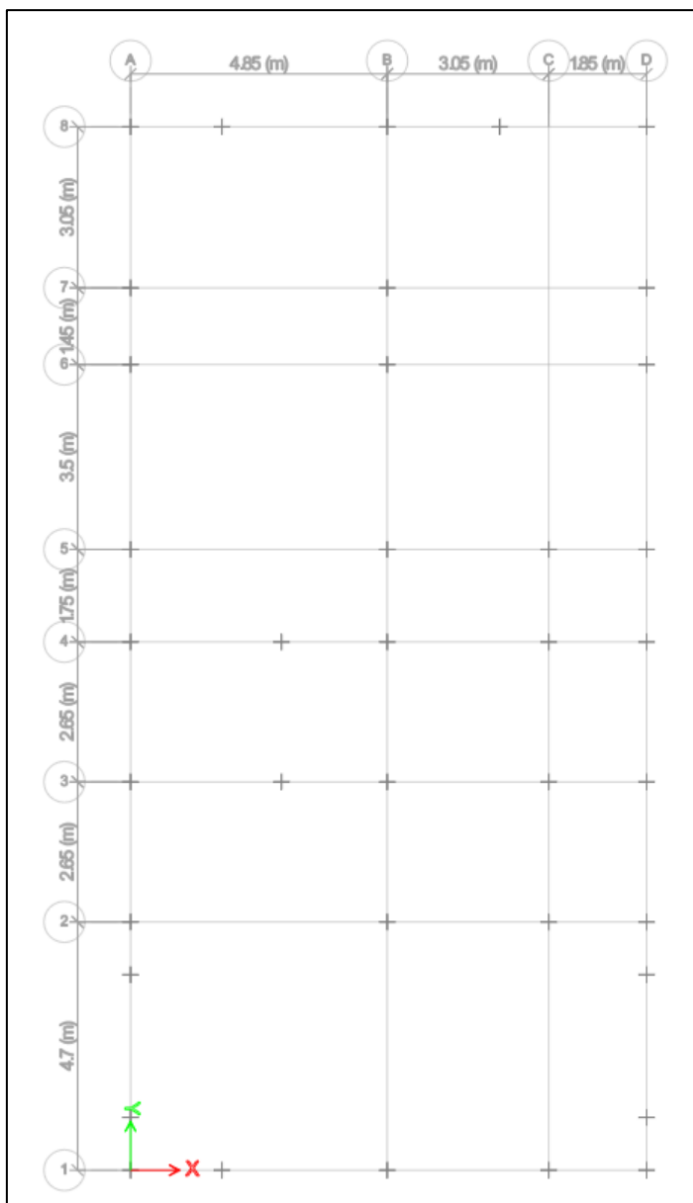
Colocación de puntos



Es necesario agregar los puntos de referencia para el modelamiento como las placas o columnas que están fuera de los ejes y evitar la creación de ejes secundarios, para tener una mejor visión.

Figura 20

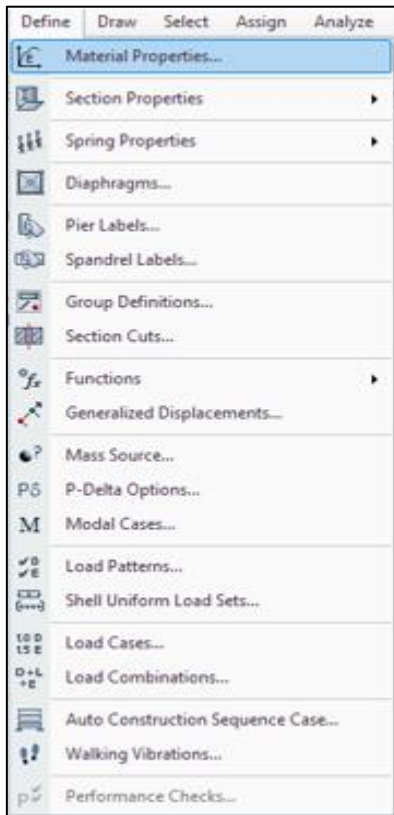
Vista en planta



Se observa los puntos agregados listo para colocar las columnas y placas.

Figura 21

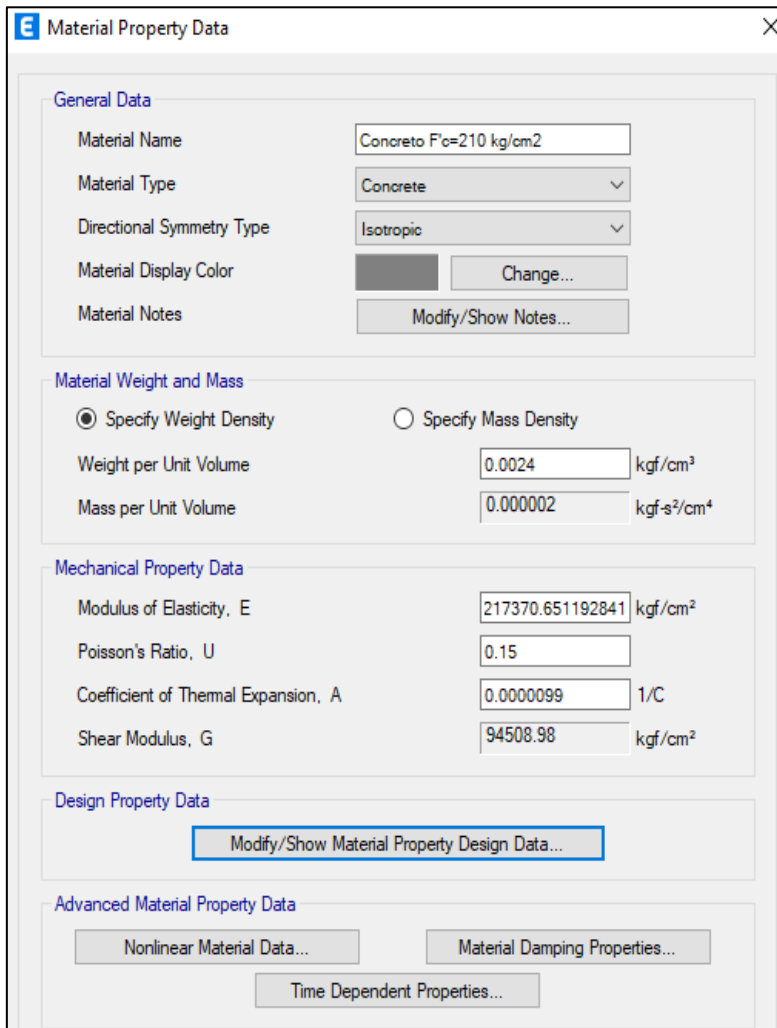
Definición de materiales



Es necesario establecer los materiales y propiedades de los mismos.

Figura 22

Concreto de 210 kg/cm²



Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	Concreto F'c=210 kg/cm2	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color		
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0.0024	kgf/cm ³
	Mass per Unit Volume	0.000002	kgf-s ² /cm ⁴
	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	217370.651192841	kgf/cm ²
	Poisson's Ratio, U	0.15	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
	Shear Modulus, G	94508.98	kgf/cm ²
	Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...	
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		

En base a la normativa E.060 se estableció los parámetros para el concreto de 210 kg/cm² y el módulo de poisson.

Figura 23

Acero de refuerzo

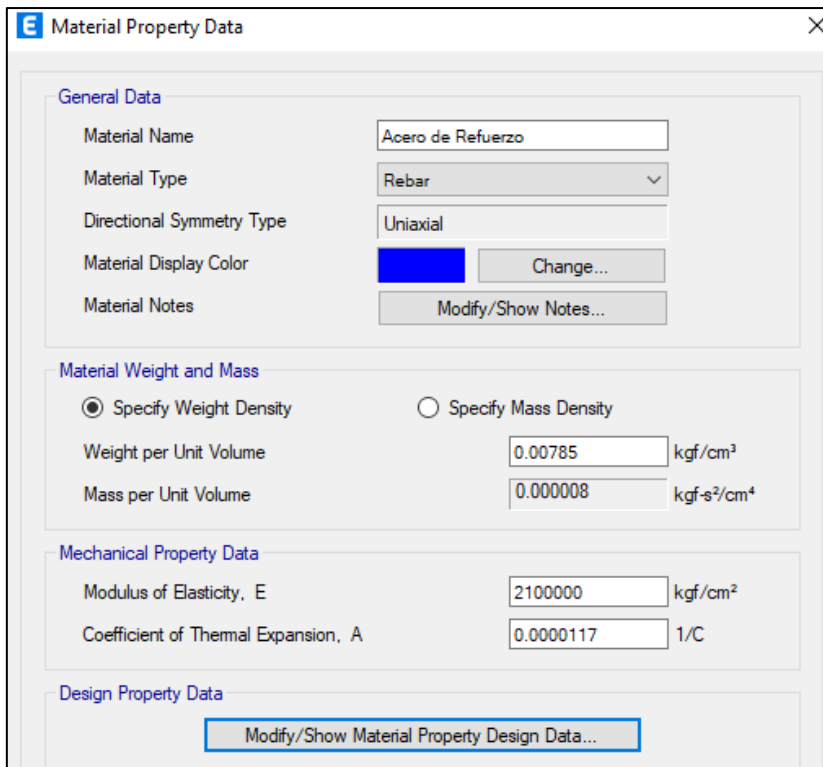
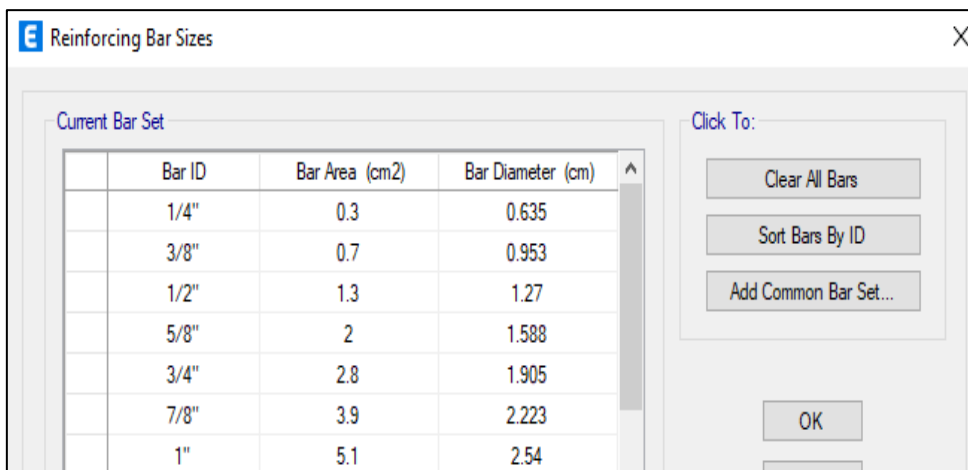


Figura 24

Definición de barras de acero

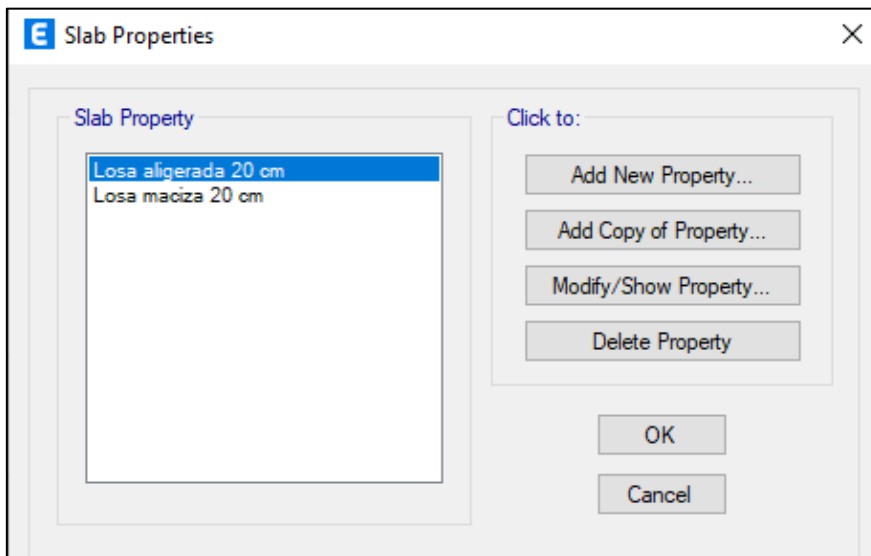


Bar ID	Bar Area (cm ²)	Bar Diameter (cm)
1/4"	0.3	0.635
3/8"	0.7	0.953
1/2"	1.3	1.27
5/8"	2	1.588
3/4"	2.8	1.905
7/8"	3.9	2.223
1"	5.1	2.54

Se tiene que homogenizar a los aceros utilizados en Perú para el diseño.

Figura 25

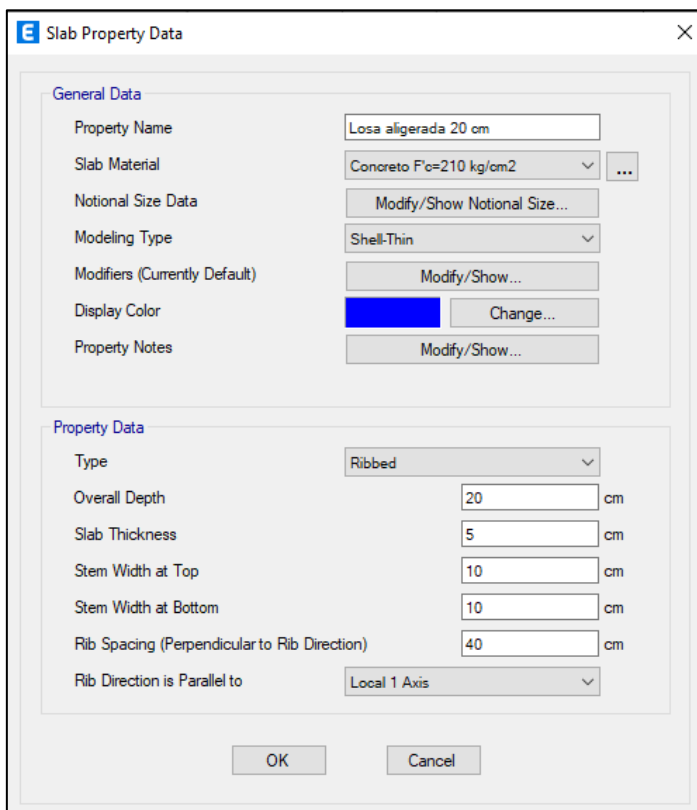
Definición de losa



Se establece que será una losa aligerada de 20 cm.

Figura 26

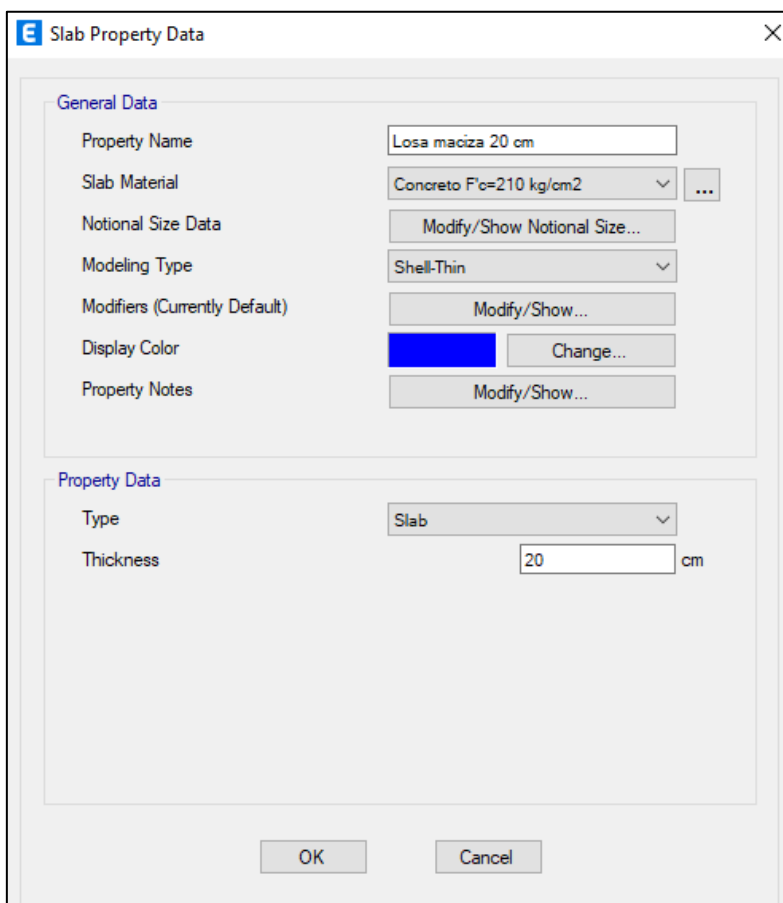
Losa aligerada de 20 cm



Se colocan las propiedades de la losa aligerada considerando los ladrillos para el techo aligerado, con un ladrillo de 15 cm, siendo el recubrimiento del ladrillo a la losa de 5 cm y el espaciamiento entre ladrillo y ladrillo de 10 cm.

Figura 27

Losa maciza de 20 cm



Slab Property Data

General Data

Property Name: Losa maciza 20 cm

Slab Material: Concreto F'c=210 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Blue Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

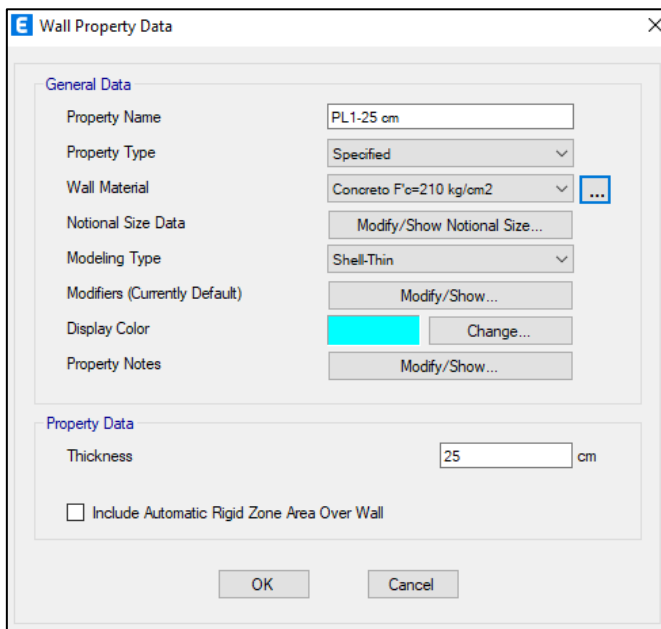
Type: Slab

Thickness: 20 cm

OK Cancel

Figura 28

Placa de 25 cm



Wall Property Data

General Data

Property Name: PL1-25 cm

Property Type: Specified

Wall Material: Concreto Fc=210 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 25 cm

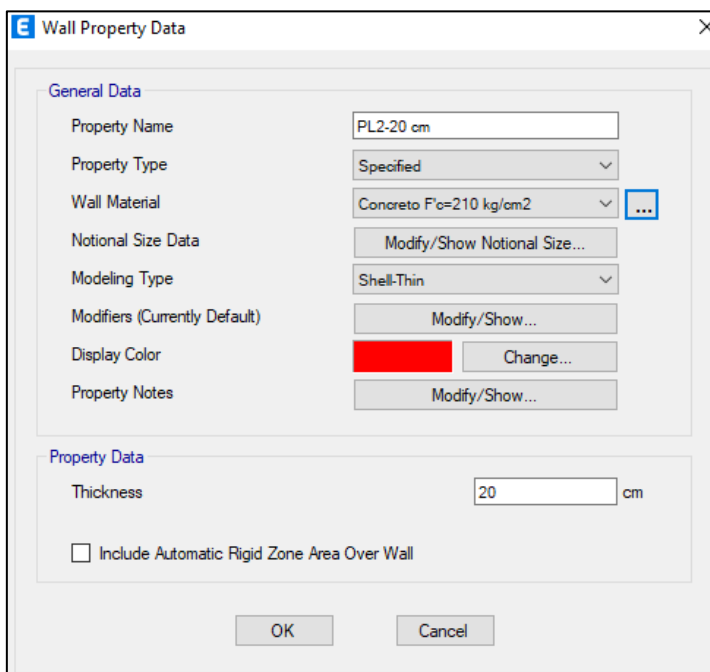
Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Se configura las placas de 25 cm, para dar mejor rigidez a la estructura.

Figura 29

Placa de 20 cm



Wall Property Data

General Data

Property Name: PL2-20 cm

Property Type: Specified

Wall Material: Concreto Fc=210 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 20 cm

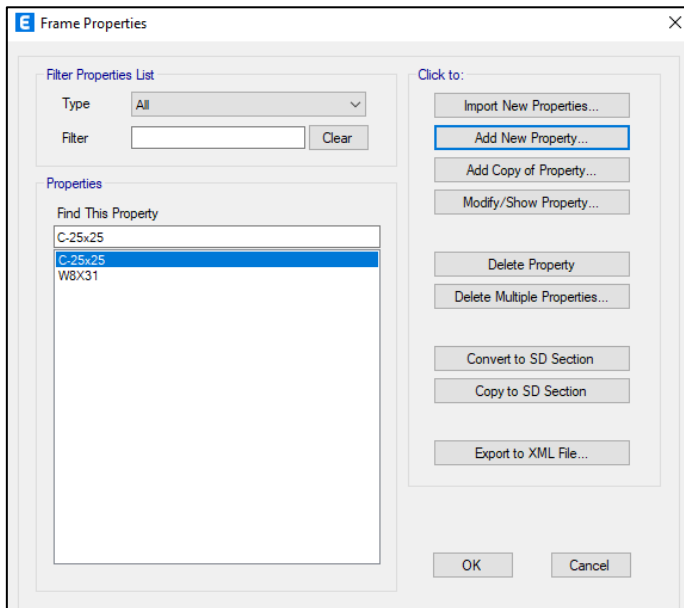
Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Se configura las placas de 20 cm, para la caja del ascensor.

Figura 30

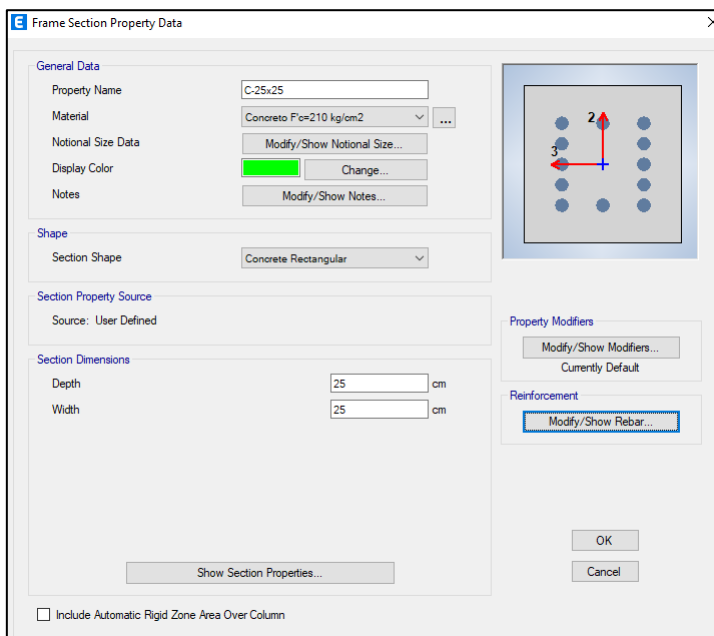
Definición de secciones para columnas



En base al predimensionamiento se establecieron los elementos estructurales mostrados en la figura.

Figura 31

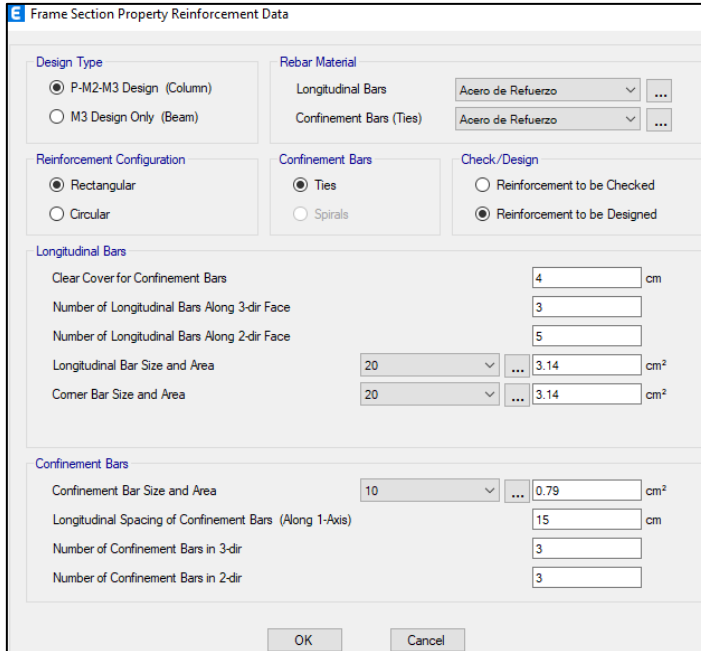
Col 25x25 cm



Se estableció la configuración de la columna de 25x25 cm

Figura 32

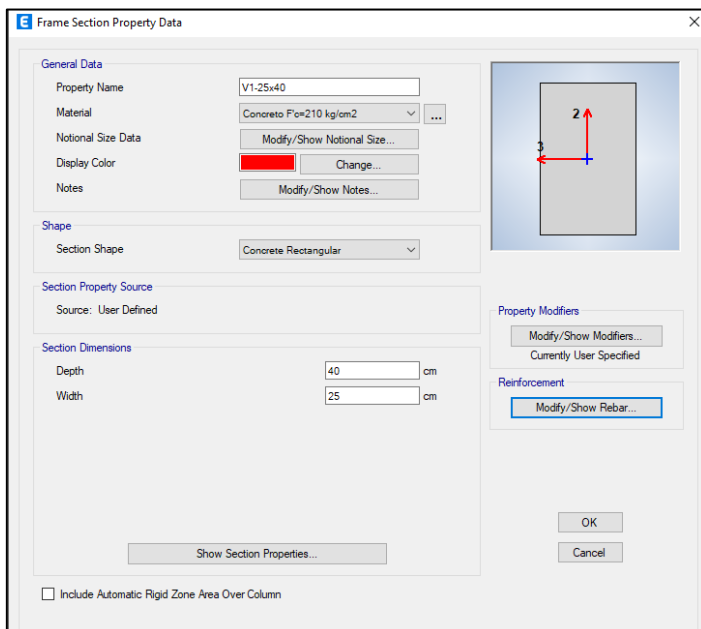
Configuración de columna



Se configura a las columnas para diseño del programa.

Figura 33

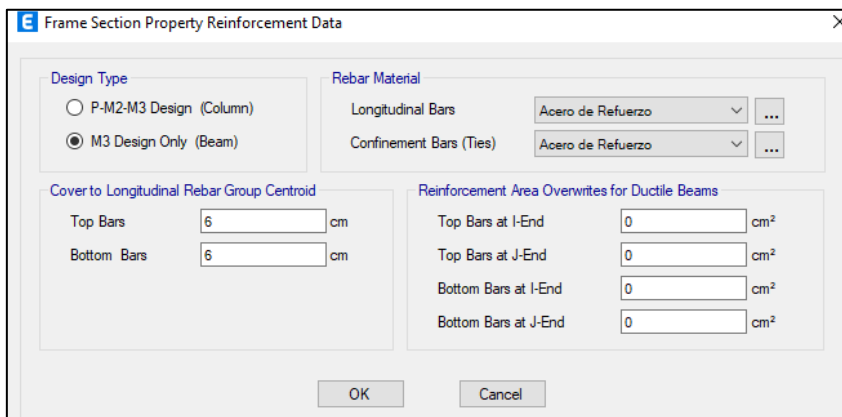
Viga 25x40



De la misma forma se agregan las vigas que han sido calculadas en base a la luz entre 10 o 12, recordando que es una aproximación, en el análisis dinámico se verá si se cambia de sección o no.

Figura 34

Configuración de vigas



Se busca la configuración de las vigas colocándolo como elemento de Beam y el Rebar de 6 cm.

Figura 35

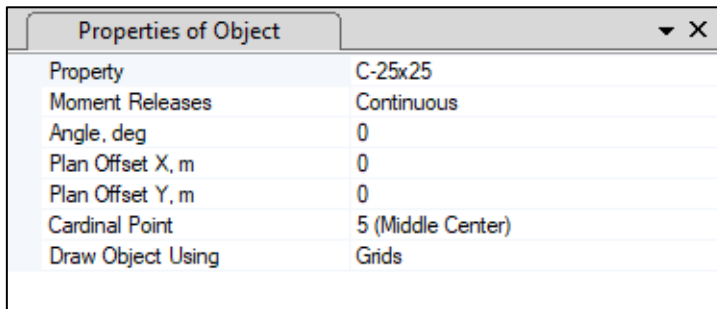
Draw Columns



Escogeremos este elemento para agregar las columnas con la vista en planta, siendo en este caso de 25x25 cm

Figura 36

Propiedades de objetos

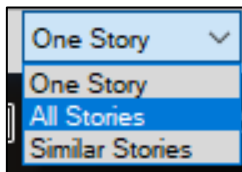


Property	Value
Property	C-25x25
Moment Releases	Continuous
Angle, deg	0
Plan Offset X, m	0
Plan Offset Y, m	0
Cardinal Point	5 (Middle Center)
Draw Object Using	Grids

Al dar clic se genera esta ventana donde nos establece el elemento estructural, siendo en este caso 25x25 cm y colocado en el centro del eje (Middle Center).

Figura 37

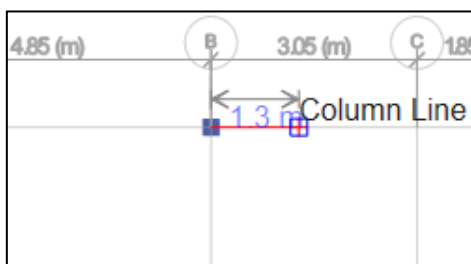
All Stories



Seleccionamos la opción de agregar a todos los niveles y no estemos agregando de uno en uno.

Figura 38

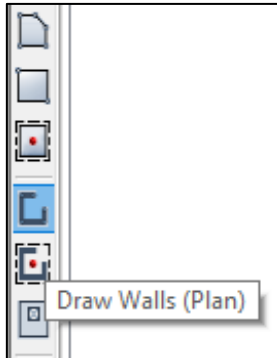
Inserción de columnas



Le damos clic y señalamos en los ejes donde se agregará la columna previamente seleccionada en Propertis object.

Figura 39

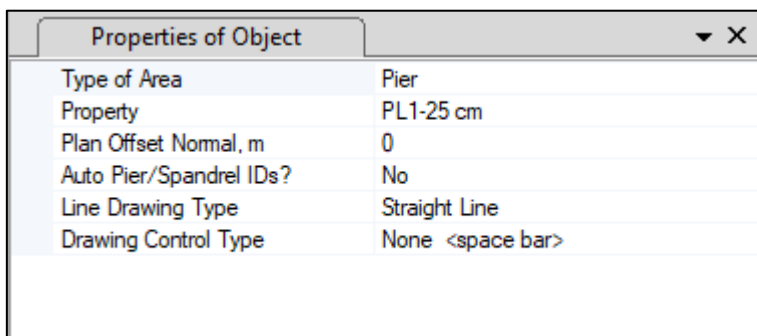
Draw Walls



Se utiliza para la inserción de las placas que fueron agregadas de 20 y 25 cm, donde se utilizó la de 20 cm en el ascensor.

Figura 40

Properties of Object

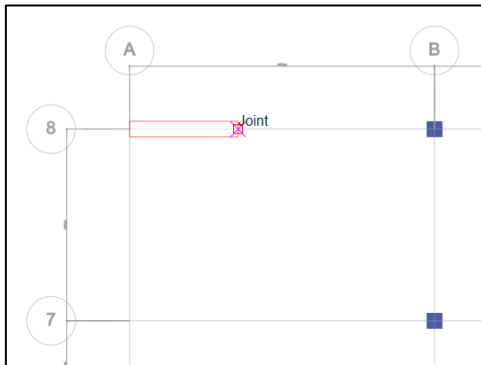
A screenshot of a dialog box titled 'Properties of Object'. The dialog box has a title bar with a dropdown arrow and a close button (X). The main area contains a table with the following properties and values:

Type of Area	Pier
Property	PL1-25 cm
Plan Offset Normal, m	0
Auto Pier/Spandrel IDs?	No
Line Drawing Type	Straight Line
Drawing Control Type	None <space bar>

Se agrega las propiedades para colocar en el plano.

Figura 41

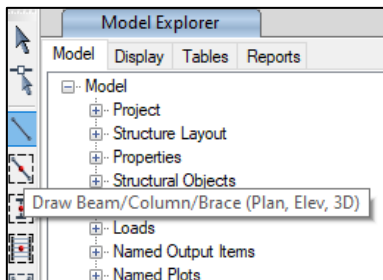
Inserción de placas



Se coloca sobre el área de dibujo para agregar el elemento estructural.

Figura 42

Draw Beam



Para agregar elementos frame y columnas sobre el grid en el área de dibujo.

Figura 43

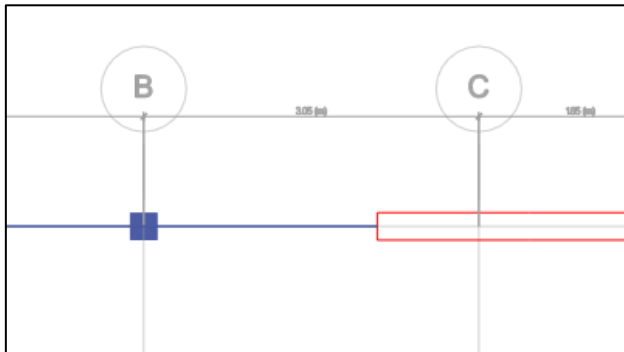
Properties of Object

Properties of Object	
Type of Line	Frame
Property	V1-25x40
Moment Releases	Continuous
Plan Offset Normal, m	0
Line Drawing Type	Straight Line

Se selecciona la viga para agregar al grid en el área de dibujo.

Figura 44

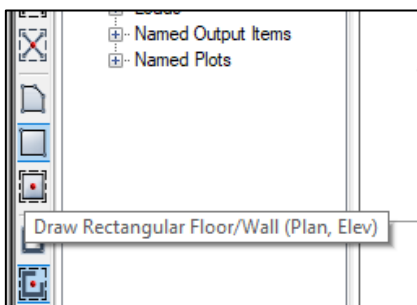
Vista en planta de los elementos agregados



Se observa los elementos columna, viga y placa agregados al grid.

Figura 45

Draw Floor



Para agregar losa al grid, con el cierre de puntos.

Figura 46

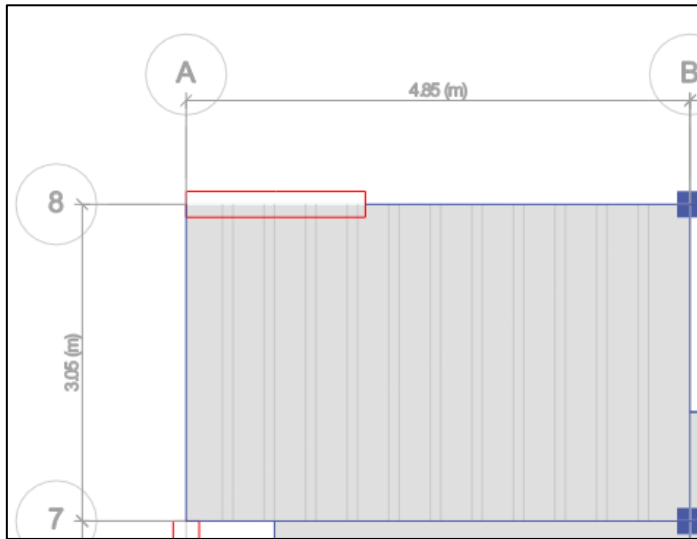
Properties of Object.

Properties of Object	
Property	Losa aligerada 20 cm
Local Axis	0
X Dimension (if no drag), m	0
Y Dimension (if no drag), m	0

Propiedades de la losa.

Figura 47

Vista en planta de la losa



Se observa agregado de la losa con dirección de las viguetas en Y.

Figura 48

Vista en planta de la edificación

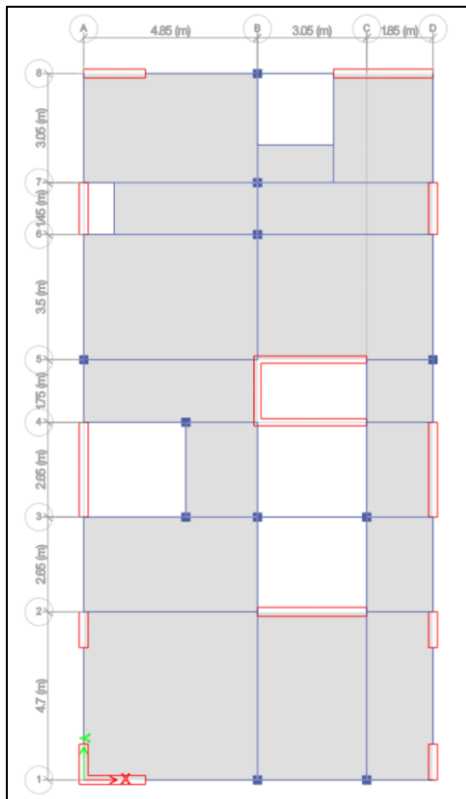
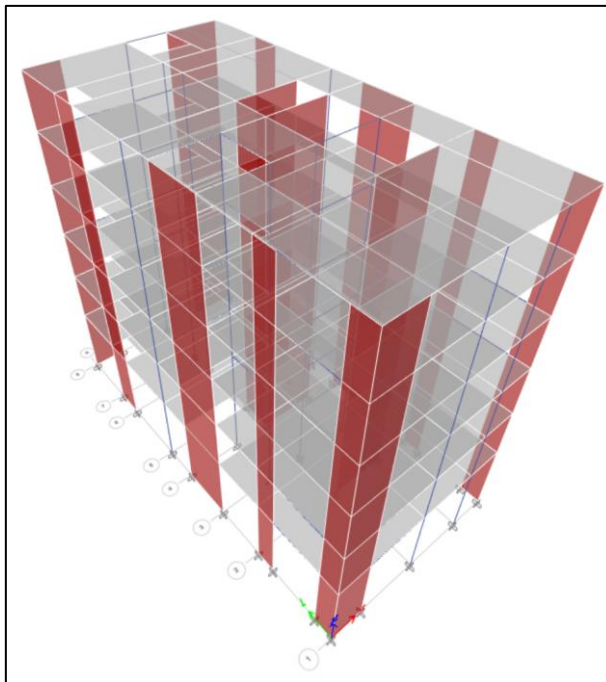


Figura 49

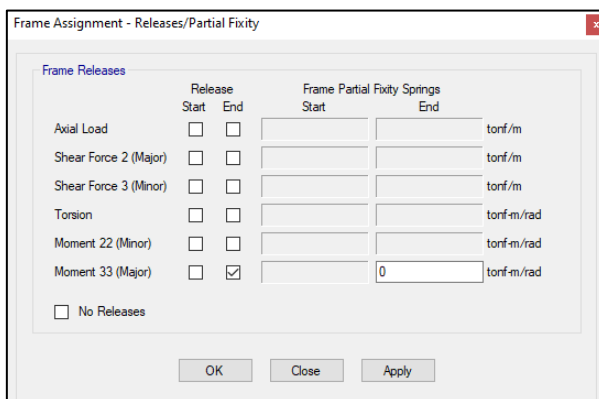
Vista 3D de la edificación



Modelamiento de la edificación.

Figura 50

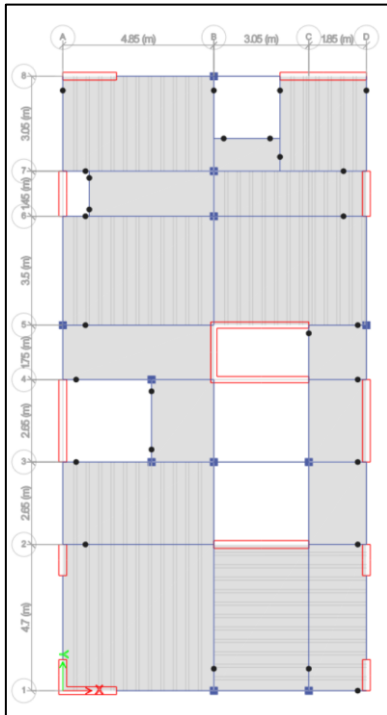
Asignación de releases



Se asignaron los releases en las uniones viga-columna o viga-placa, donde no se cumpla con la condición mínima de longitud de desarrollo para los anclajes del acero.

Figura 51

Inserción de releases



Se liberaron los momentos en los extremos ya que no cumplen con el empotramiento.

Figura 52

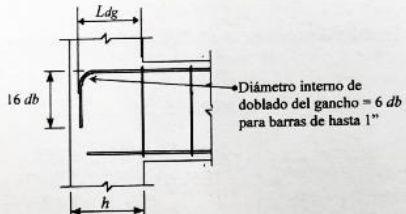
Longitudes de desarrollo para anclaje de acero

Anclaje con Gancho Estándar - Norma Peruana E-060

1) $L_{dg} \geq 318 db / (f'c)^{1/2}$
 2) $L_{dg} \geq 8 db$
 3) $L_{dg} \geq 0.15 m$ (ojo)

$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Barra	db (cm)	Ab (cm ²)	$f'c$ (kg/cm ²)			
			210	280	350	420
8 mm	0.80	0.50	18	15	14	12
3/8"	0.95	0.71	21	18	16	15
1/2"	1.27	1.29	28	24	22	20
5/8"	1.59	2.00	35	30	27	25
3/4"	1.91	2.84	42	36	32	30
7/8"	2.22	3.87	49	42	38	34
1"	2.54	5.10	56	48	43	39
1 3/8"	3.58	10.06	79	68	61	56



Nota. Figura reproducida de E.060, 2009.

Figura 53

Empotramiento de la base

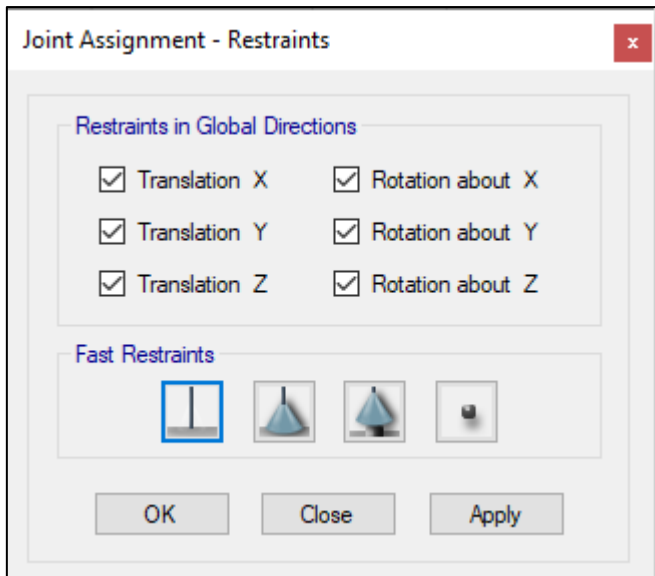


Figura 54

Asignación de brazos rígidos

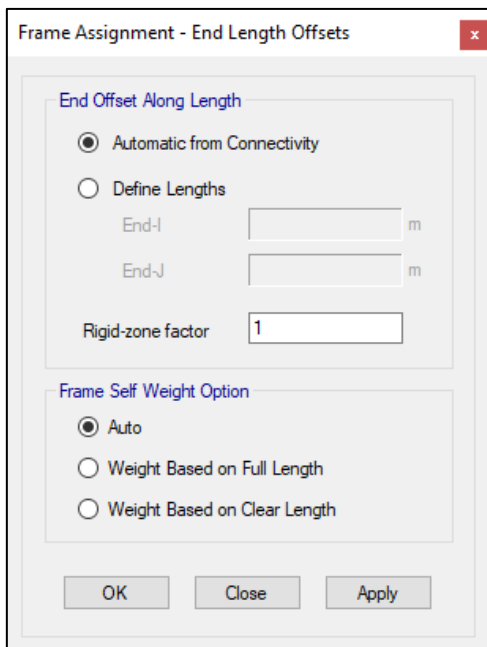


Figura 55

Asignación de brazos rígidos – Vista 3D de la edificación

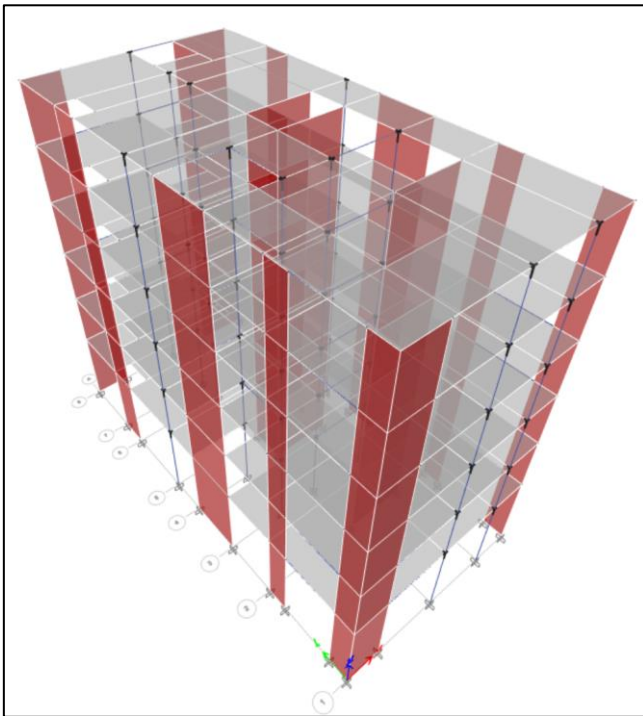
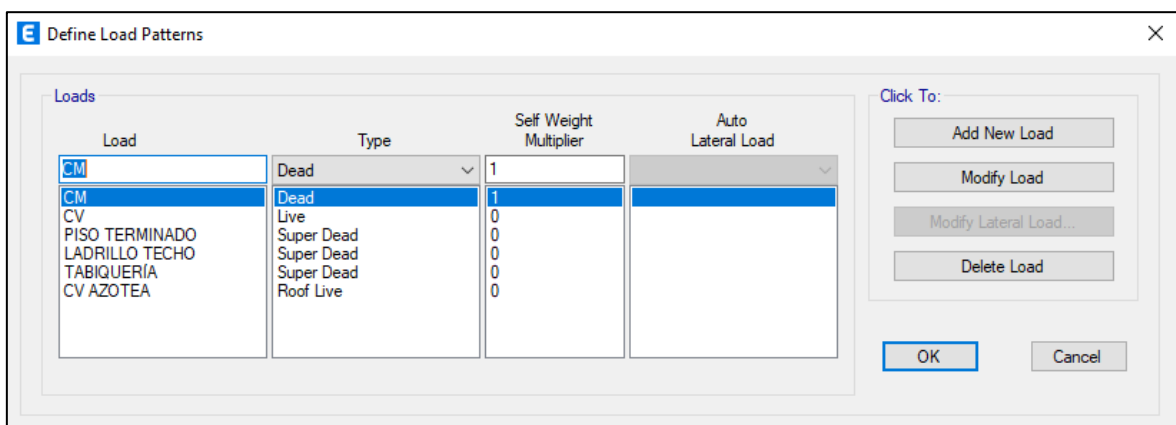


Figura 56

Cargas vivas y muertas por gravedad



Se crearon los tipos de cargas que afectarán a nuestra edificación, donde se tiene que para Carga muerta (CM) es el peso propio de la estructura, Carga viva (CV) de 200 kg/m^2 según lo estipulado por la Norma E.020, para Piso terminado 100 kg/m^2 , para Ladrillo de techo 70.2 kg/m^2 , para Tabiquería 150 kg/m^2 y para la Carga viva de azotea 100 kg/m^2 .

Figura 57

Ingreso de las cargas en paños de losa

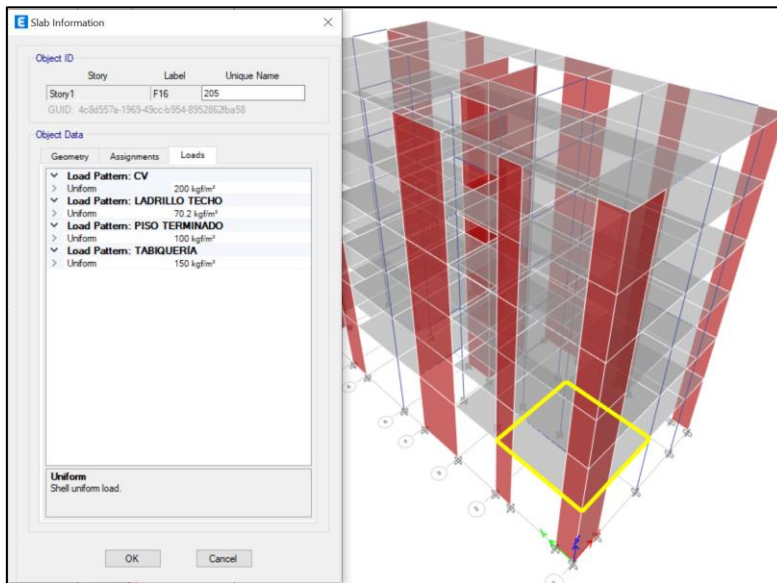
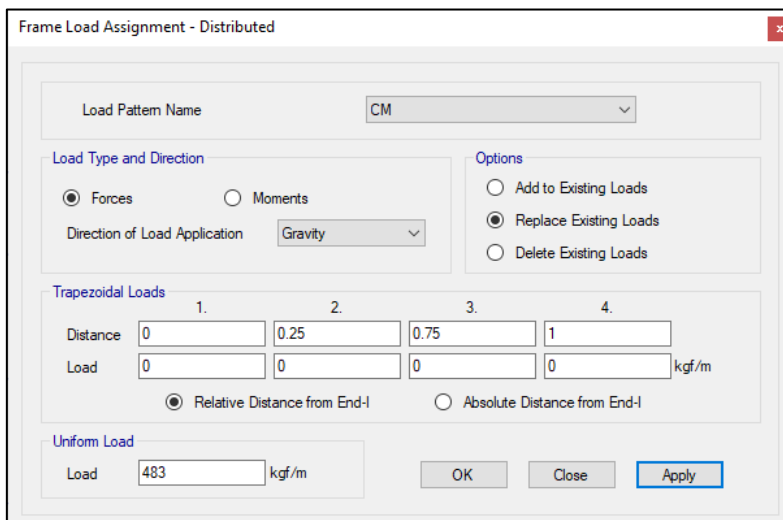


Figura 58

Asignación de cargas muertas distribuidas



La edificación presenta elementos de tabiquería que son para tapar fachada, dividir ambientes, uso en los vanos de ventanas y parapetos; por lo que se asignó una carga lineal distribuida según los planos. Para ello se estableció el peso volumétrico de la tabiquería como 1400 kg/m^3 , el espesor típico del muro de albañilería de 15 cm y la altura típica de los ambientes 2.7 m.

Para las zonas con vanos y parapetos tenemos:

$$CM(\text{tabiquería}) = 1400 * 0.15 * 1.2 = 252 \text{ kg/m}$$

Para los ambientes que tienen muros en toda la altura del piso restamos el peralte de la viga a la altura típica de entrepiso:

$$CM(\text{tabiquería}) = 1400 * 0.15 * (2.70 - 0.40) = 483 \text{ kg/m}$$

Para la escalera, como elemento fijo, consideramos la carga viva y muerta como carga distribuida en su lugar de apoyo; ya que en el modelado buscamos que la idealización de la estructura sea lo más limpia posible para así evitar posibles errores la configuración de la estructura y obtener resultados coherentes y correctos.

Se consideró un espesor típico para la losa de escalera de 15 cm, para el peso de los escalones se estimó como una losa de 7 cm; con ello se obtuvo el metrado por m² con la finalidad de distribuir las cargas por área tributaria en cada uno de sus apoyos.

$$\text{Peso propio(escalera)} = 2400 * 0.15 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso escalones(escalera)} = 2400 * 0.07 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Piso terminado(escalera)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\mathbf{CM(escalera) = 628 \text{ kg/m}^2}$$

En la Norma E.020 se establece que la carga viva para escaleras de edificaciones de viviendas es de 200 kg/m².

$$\mathbf{CV(escalera) = 200 \text{ kg/m}^2}$$

Como ambas escaleras son de las mismas dimensiones, calculamos las cargas distribuidas que serán asignadas a los extremos de la escalera mediante área tributaria:

$$CM(\text{escalera}) = 628 * \left(\frac{3.05}{2}\right) = 957.7 \text{ kg/m}$$

$$CV(\text{escalera}) = 200 * \left(\frac{3.05}{2}\right) = 305 \text{ kg/m}$$

Figura 59

Vista de las cargas muertas distribuidas en la estructura

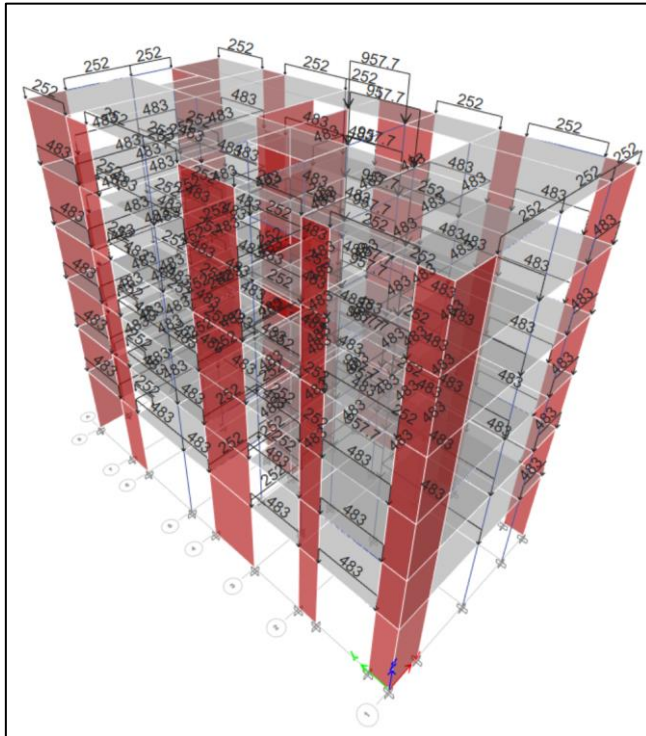


Figura 60

Asignación de diafragmas rígidos

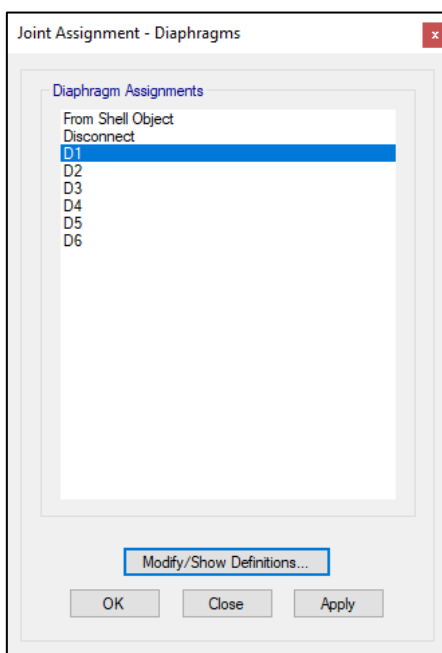


Figura 61

Aplicación de diafragma rígido en cada nivel

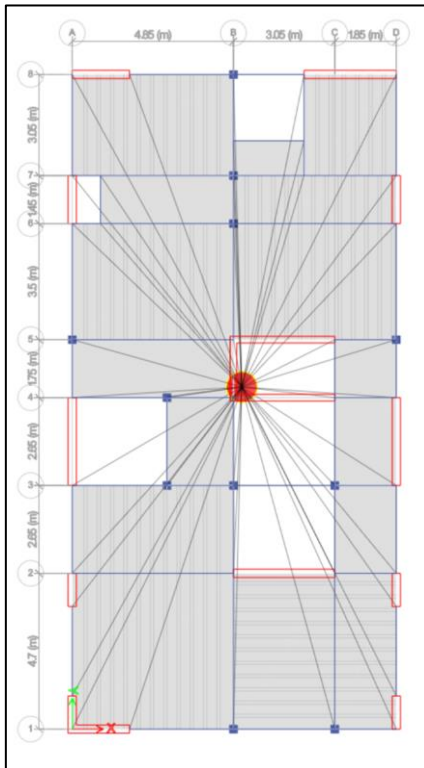
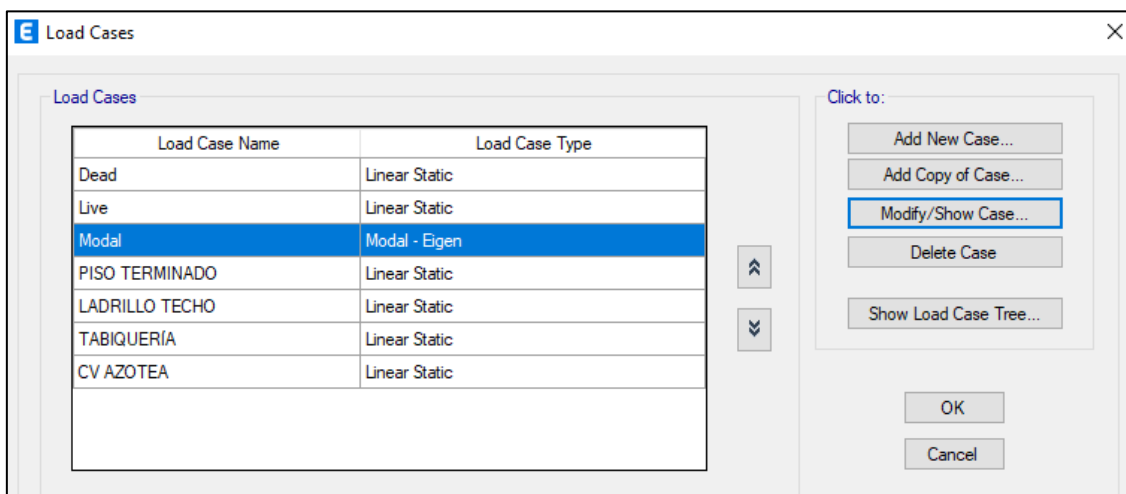


Figura 62

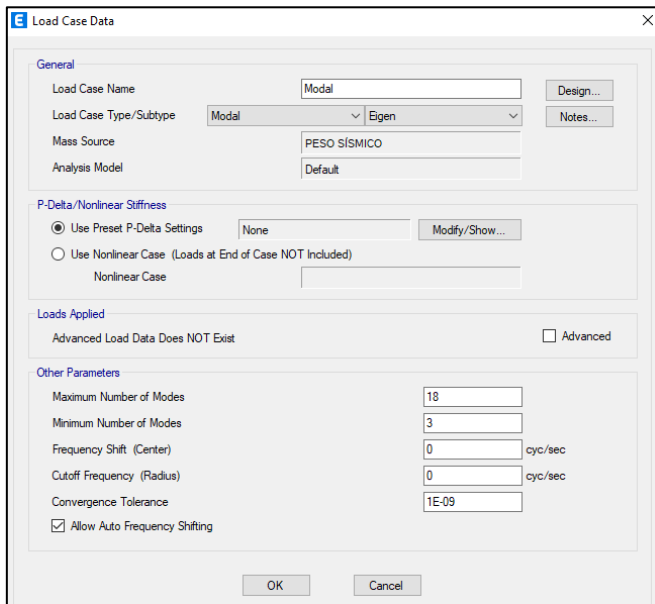
Edit Modal Case



Es necesario la forma de análisis y las características modales.

Figura 63

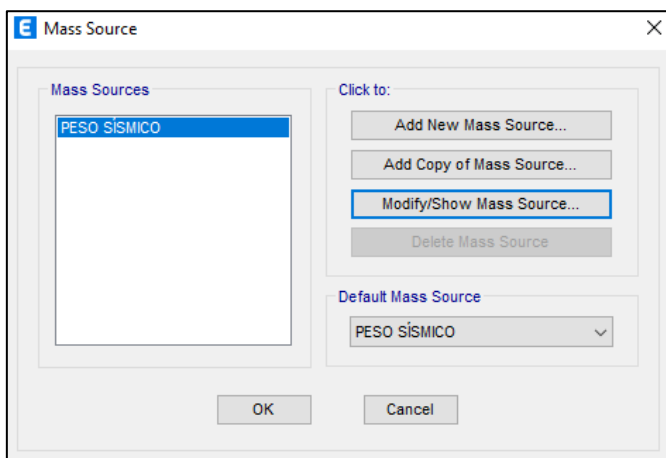
Modal case



Se coloca el método de análisis de Eigen y los casos serán 3 por cada piso por recomendación del CSI Structure, diseñadores del programa, por ello se tuvieron 18 modos máximos y 3 como mínimo.

Figura 64

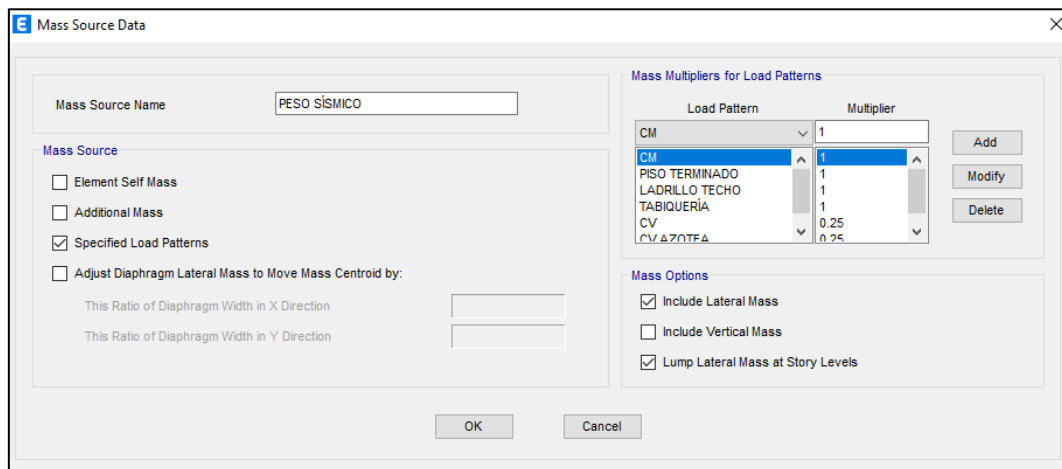
Masa de la edificación



En base a la normativa E.030 es necesario definir la masa de la estructura, tomando el 100% de la CM y 25% de la CV según se establece para una edificación categoría “C”.

Figura 65

Mass Source



Donde por norma establece que es 1 de la carga muerta y 0.25 de la carga viva configurando la masa de la estructura.

Tabla 37

Periodo fundamental y masas participativas

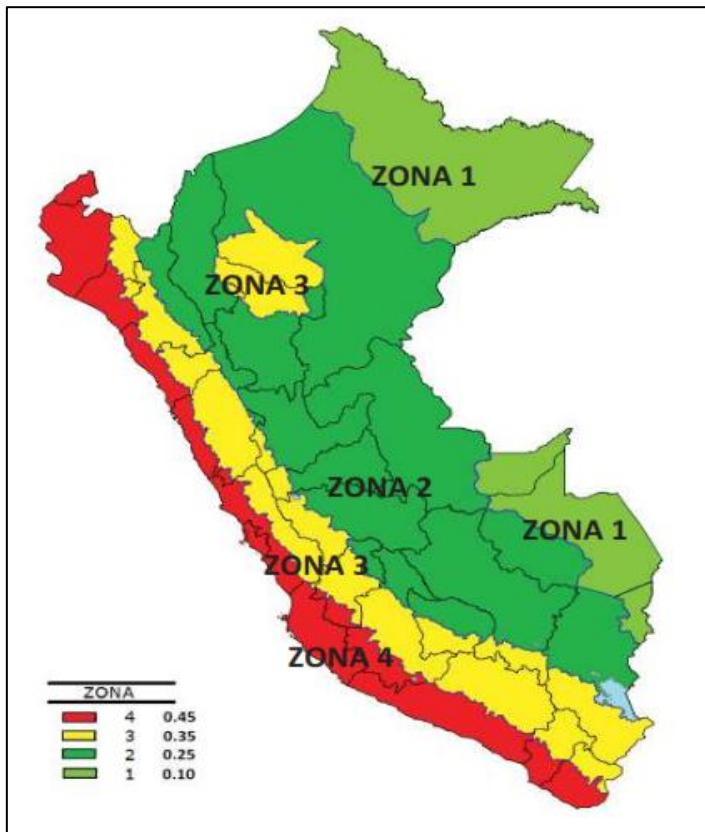
Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	0.434	0.3196	0.3783	0.3196	0.3783	0.0604
Modal	2	0.4	0.4215	0.3184	0.7411	0.6967	0.0814
Modal	3	0.381	0.003	0.0794	0.7441	0.7761	0.7532
Modal	4	0.109	0.0076	0.1326	0.7517	0.9087	0.7622
Modal	5	0.095	0.1446	0.0107	0.8963	0.9194	0.7787
Modal	6	0.09	0.0237	0.0045	0.92	0.9238	0.9155
Modal	7	0.049	0.0007	0.0444	0.9207	0.9682	0.9173
Modal	8	0.04	0.0442	0.0013	0.965	0.9696	0.9244
Modal	9	0.037	0.008	0.0007	0.973	0.9703	0.9689
Modal	10	0.028	0.0002	0.0181	0.9732	0.9885	0.9694
Modal	11	0.023	0.0166	0.0004	0.9898	0.9888	0.9713
Modal	12	0.021	0.0021	0.0002	0.9919	0.989	0.9896
Modal	13	0.019	0.0001	0.0079	0.992	0.9969	0.9898
Modal	14	0.017	0.0056	0.0001	0.9976	0.997	0.9904
Modal	15	0.014	0.0008	0.0002	0.9984	0.9972	0.9972
Modal	16	0.014	2.51E-06	0.0027	0.9984	0.9999	0.9976
Modal	17	0.014	0.0013	4.37E-05	0.9997	0.9999	0.9978
Modal	18	0.011	0.0002	0	0.9999	0.9999	0.9998

En base al cap. 29.1.2 de la Norma E.030 se establece que los modos de masa participativa deben sumar al menos 90% en X y Y de la estructura, cumpliendo con la misma en el sexto modo.

Para lo cual es necesario establecer el periodo T_x y T_y para la corrección en el load patterns de uso de coeficiente sísmico basado en la normativa E.030.

Figura 66

Mapa de zonificación sísmica del Perú



Nota. Figura reproducida de E.030, 2019.

Tabla 38

Factores de Zona E.030

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

La edificación se encuentra en la zona de Cajamarca, siendo el factor de zona 0.35.

Tabla 39

Factor U

CATEGORÍA	FACTOR U
A - ESENCIALES	1.5
B - IMPORTANTES	1.3
C- EDIFICACIONES COMUNES	1
D- CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	Ver nota 2

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Se trata de una vivienda multifamiliar siendo su factor de uso 1.

Tabla 40

Clasificación del suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	Vs	N60	Su
S0	> 1500m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500m/s	>50	> 100kPa
S2	180 m/s a 500m/s	15 a 50	50 kPa a 100kPa
S3	< 180m/s	< 15	25 kPa a 50kPa

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Se tomará el factor promedio de la ciudad de Cajamarca.

Tabla 41

Factor de suelo

FACTOR DE SUELO				
ZONA / SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Se tomará el factor promedio de la ciudad de Cajamarca.

Tabla 42

Periodos T_P y T_L

Perfil de suelo				
	S0	S1	S2	S3
T_P (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

En base a los parámetros anteriores se calcula el T_P y T_L .

Figura 67

Sistemas estructurales y R_o

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

El plano de estructuración inicial mostró que el edificio diseñado está configurado por un sistema de muros estructurales en ambas direcciones del análisis, por lo que le corresponde el coeficiente de reducción $R_o=6$.

Al término del análisis se verificó si corresponde el sistema estructural.

Tabla 43

Irregularidades en alturas

Irregularidades Estructurales en Altura	Factor "I_a"
Irregularidad de rigidez - "Piso Blando Irregularidad de Resistencia - Piso Débil	0.75
Irregularidad Extrema de Rigidez Irregularidad Extrema de Resistencia	0.50
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Tabla 44

Irregularidad de rigidez (piso blando) en XX

Story	Output Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	RIGIDEZ XX	<70%
Story6	SDX	34.2669	0.001824	18791.099	18791.10	13153.77
Story5	SDX	69.0585	0.001932	35736.559	16945.46	11861.82
Story4	SDX	94.7768	0.00198	47868.841	12132.28	8492.60
Story3	SDX	113.77	0.001886	60334.941	12466.10	8726.27
Story2	SDX	126.7478	0.001583	80051.82	19716.88	13801.82
Story1	SDX	133.8756	0.001078	124227.699	44175.88	

Tabla 45
Irregularidad de rigidez (piso blando) en YY

Story	Output Case	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiff Y tonf/m	RIGIDEZ YY	<70%
Story6	SDY	32.2916	0.001357	23787.859	23787.86	16651.50
Story5	SDY	66.8481	0.001574	42464.646	17676.79	11973.37
Story4	SDY	93.5183	0.001746	53551.641	12387.00	8670.90
Story3	SDY	113.5794	0.001789	63484.097	9932.46	6952.72
Story2	SDY	127.2754	0.001631	78051.776	14567.68	10197.38
Story1	SDY	134.5817	0.001164	115669.37	37617.59	

Se procedió a verificar las irregularidades para el ajuste de diseño de la edificación comenzando con la de piso blando, para lo cual se establece en la normativa E.030 que existe irregularidad de rigidez, en cualquiera de las direcciones de análisis, si en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior.

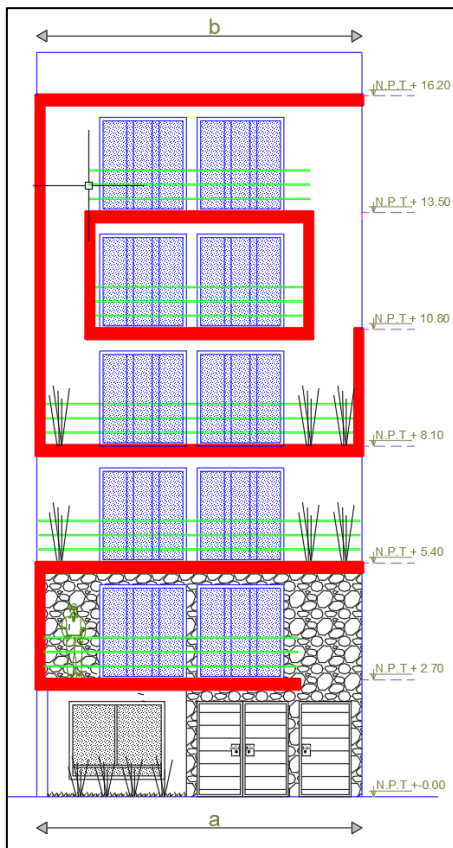
Tabla 46
Irregularidad de masa o peso

Story	Output Case	Case Type	Location	P tonf	Peso por nivel	1.5 veces
Story6	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	164.550	164.550	246.83
Story5	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	366.543	201.993	302.99
Story4	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	568.536	201.993	302.99
Story3	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	770.529	201.993	302.99
Story2	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	972.522	201.993	302.99
Story1	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	1196.504	223.982	335.97
				Peso total:	1196.504	

Se considera que hay irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente; por lo cual podemos observar que no existe irregularidad de masa o peso.

Figura 68

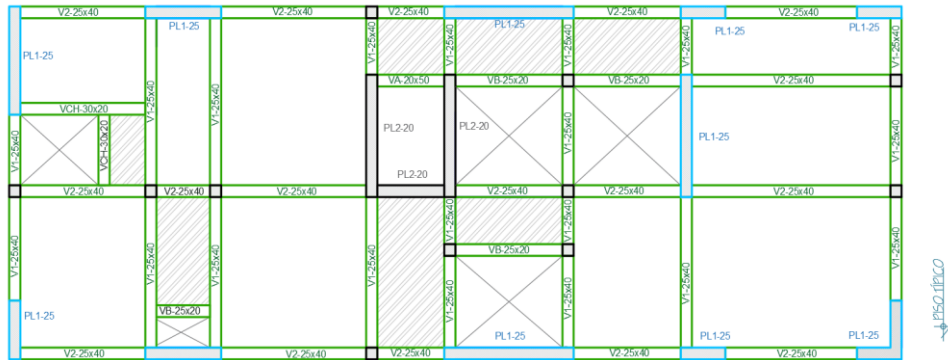
Verificación de irregularidad geométrica vertical



Se considera irregularidad geométrica vertical si la división de a/b es mayor que 1.3. Para nuestro caso, se determinó la relación $a/b=1$ por lo que no existe irregularidad geométrica vertical.

Figura 69

Verificación de discontinuidad en los sistemas resistentes



Se ve que no existe discontinuidad en los sistemas resistentes ya que se realizó un diseño en base a un piso típico, donde los elementos estructurales son continuos de principio a fin.

Tabla 47

Irregularidades en planta

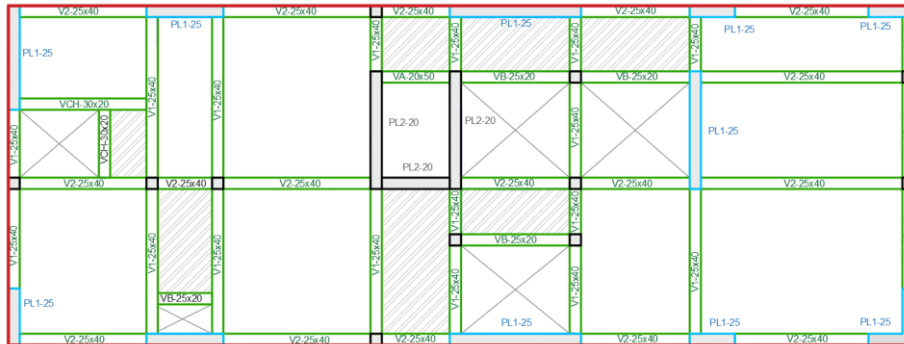
Irregularidades Estructurales en Planta	Factor "I_p"
Irregularidades Torsional	0.75
Irregularidades Torsional Extrema	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistema no Paralelos.	0.90

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Se verificará la irregularidad en planta torsional al momento de realizar el análisis sísmico dinámico, por lo que asumimos para el diseño que no existe.

Figura 70

Verificación de esquinas entrantes



Se observó que no existen esquinas entrantes en nuestra edificación.

Figura 71

Aberturas en la edificación

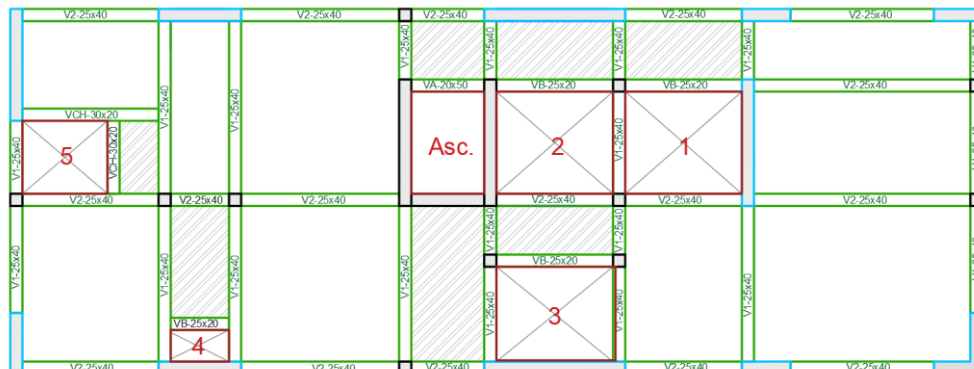


Tabla 48

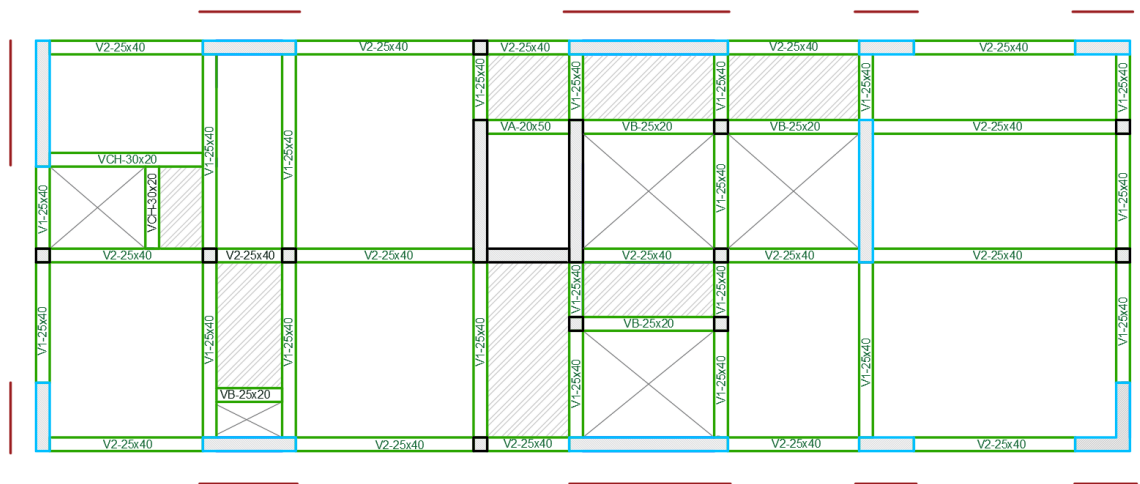
Discontinuidad del diafragma

Área bruta del diafragma (m ²)	Aberturas	Área de aberturas	Σ Área de aberturas	%Abert.
200	1	8.0825	34.5375	17.27
	2	8.0825		
	3	7.5525		
	4	1.2325		
	5	4.25		
	Ascensor	5.3375		

Los diafragmas son continuos ya que las aberturas que se presentan no superan el 50% del área bruta del diafragma, por lo que no existe irregularidad por discontinuidad del diafragma.

Figura 72

Verificación de sistemas no paralelos



No existe irregularidad por sistemas no paralelos, ya que en ambas direcciones los elementos resistentes a fuerzas laterales son paralelos entre sí.

El coeficiente de reducción sísmica “R” se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Ecuación N° 29. Reducción sísmica.

Por otro lado, las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares según las restricciones dadas, estableciendo los procedimientos de análisis, y determinando el coeficiente “R” de reducción de fuerzas sísmicas, el cuadro 10 presenta las restricciones en cuanto a irregularidades para edificaciones de tipo A, B y C en función a la zona en la que se ubiquen. (NTP, 2019)

Tabla 49

Categorías y regularidad de las edificaciones

CATEGORÍA	ZONA	RESTRICCIONES
A1 - A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se Permiten irregularidades extremas
	2	No se permite irregularidades extremas excepto en edificaciones de hasta 2 pisos u 8 m en altura total
	1	No se permiten irregularidades

Nota. Tabla extraída de E.030, 2019.

Tabla 50

Cálculo del coeficiente de reducción por cargas sísmicas

Irregularidad		
R₀	6	6
I_a	1	1
I_p	1	1
R	6	6

En base a las ecuaciones para establecer el espectro de diseño, con los datos obtenidos T, T_p, T_L, S.

$$\begin{aligned}
 T < T_P & \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Ecuación N° 30. Ecuación para T, C

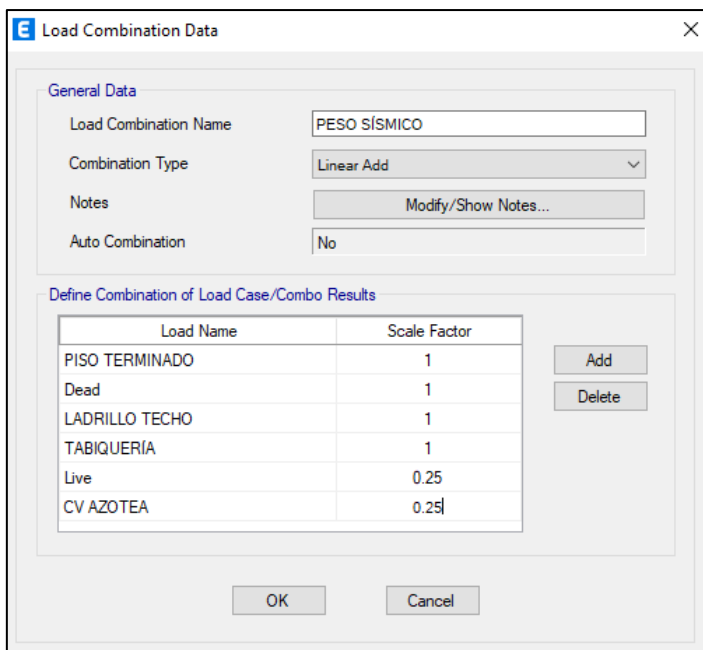
$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Ecuación N° 31. Ecuación de la cortante basal.

Se comprueba el peso de la edificación obtenido del Etabs considerando que para edificaciones tipo “C” la ratio del peso de entrepiso debe estar alrededor de los 1000 kg/m².

Figura 73

Combo para obtener el peso sísmico



Load Name	Scale Factor
PISO TERMINADO	1
Dead	1
LADRILLO TECHO	1
TABIQUERIA	1
Live	0.25
CV AZOTEA	0.25

Tabla 51

Peso de la edificación

Story	Output Case	Case Type	Location	P tonf	Peso por nivel (ton)
Story6	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	164.550	164.550
Story5	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	366.543	201.993
Story4	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	568.536	201.993
Story3	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	770.529	201.993
Story2	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	972.522	201.993
Story1	PESO SÍSMICO	Combination	Bottom	1196.504	223.982
Peso total:					1196.504

Tabla 52

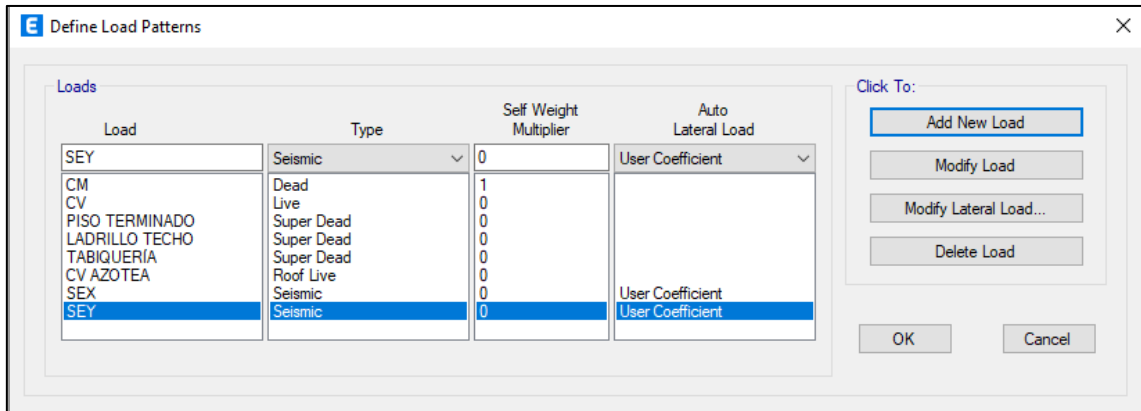
Verificación de ratio del peso

Área del piso típico (m ²)	Peso del piso típico (tn)	Ratio (tn/m ²)	Ratio (kg/m ²)
200	201.993	1.00996	1009.96

Como se aprecia en la tabla 51, la ratio calculada es muy cercana a la establecida de 1000 kg/m² por lo cual se verifica como correcto el peso obtenido.

Figura 74

Load Patterns



Es necesario establecer el sismo estático y ver cómo se comporta inicialmente la edificación cumpliendo la E.030.

Tabla 53

Parámetros para el cálculo del coeficiente sísmico C en X

TX=	0.434	seg.
Z=	0.35	Zona 3 - Cajamarca
S=	1.15	Suelo S2
TP=	0.6	S2
TL=	2	S2
U=	1	Tipo "C"
C=	2.5	T < Tp
Ro=	6	Muros estructurales
Ia=	1	
Ip=	1	

Tabla 54

Parámetros para el cálculo del coeficiente sísmico C en Y

TY=	0.400	seg.
Z=	0.35	Zona 3 - Cajamarca
S=	1.15	Suelo S2
TP=	0.6	S2
TL=	2	S2
U=	1	Tipo "C"
C=	2.5	T<Tp
Ro=	6	Muros estructurales
Ia=	1	
Ip=	1	

Tabla 55

Cálculo del coeficiente sísmico C en ambas direcciones

ZUCS/R	
X	Y
0.167708333	0.167708333

Tabla 56

Comprobación de C/R y obtención de K

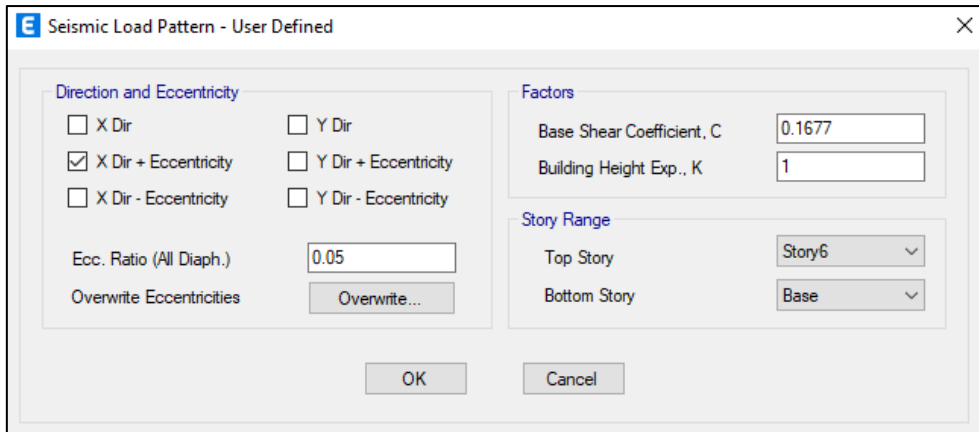
Tx	0.434	$Cx/R \geq 0.11$	0.416667	Kx	Ky
Ty	0.400	$Cy/R \geq 0.11$	0.416667	1	1

La Norma E.030 nos establece que para periodos (T) menor o igual a 0.5 segundos

K=1.0.

Figura 75

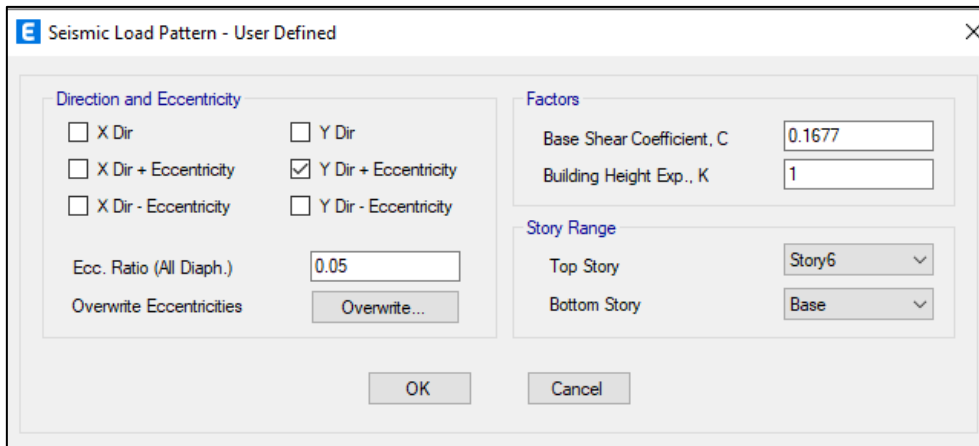
Edición del seismic load pattern en X



The dialog box 'Seismic Load Pattern - User Defined' is shown. In the 'Direction and Eccentricity' section, the following options are selected: 'X Dir + Eccentricity'. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. In the 'Factors' section, 'Base Shear Coefficient, C' is 0.1677 and 'Building Height Exp., K' is 1. In the 'Story Range' section, 'Top Story' is 'Story6' and 'Bottom Story' is 'Base'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 76

Edición del seismic load pattern en Y



The dialog box 'Seismic Load Pattern - User Defined' is shown. In the 'Direction and Eccentricity' section, the following options are selected: 'Y Dir + Eccentricity'. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. In the 'Factors' section, 'Base Shear Coefficient, C' is 0.1677 and 'Building Height Exp., K' is 1. In the 'Story Range' section, 'Top Story' is 'Story6' and 'Bottom Story' is 'Base'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Para ambos casos se asigna el coeficiente de la cortante basal “C” y factor “k” de la norma E.030. Asimismo, se define la dirección de análisis más una excentricidad accidental del 5%.

Tabla 57

Cortante estática en X y Y

Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf
SEX	LinStatic	194.6614	0
SEY	LinStatic	0	194.6614

Para el análisis sísmico dinámico en cada una de las direcciones se deberá usar un espectro inelástico de pseudo aceleraciones, el cual se interpreta como una fracción de la aceleración de la gravedad, cuya ecuación está definida por la ecuación posterior. (NTP, 2019)

$$S_a = (Z * U * C * S) / (R) * g$$

Ecuación N° 32. Pseudo aceleración espectral.

donde:

S_a = Aceleración espectral.

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso.

C = Factor de amplificación sísmica.

R = coeficiente de reducción sísmica.

g = Aceleración de gravedad (9.81 m/s²)

Figura 77

Definición del espectro según la norma E.030

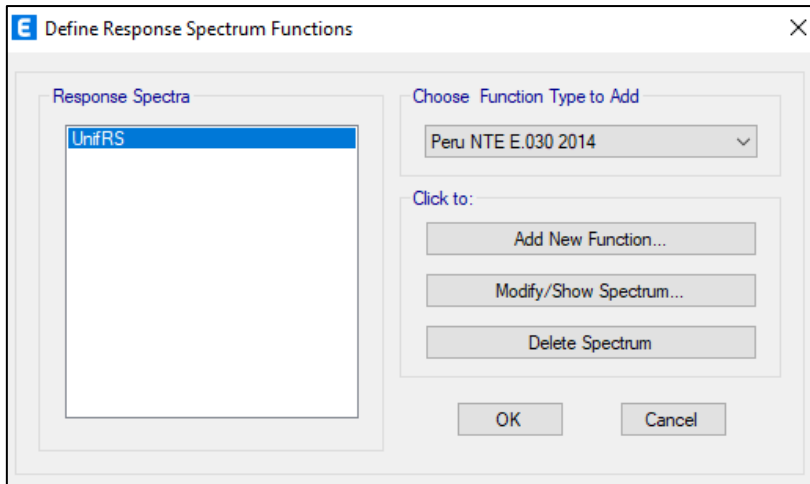
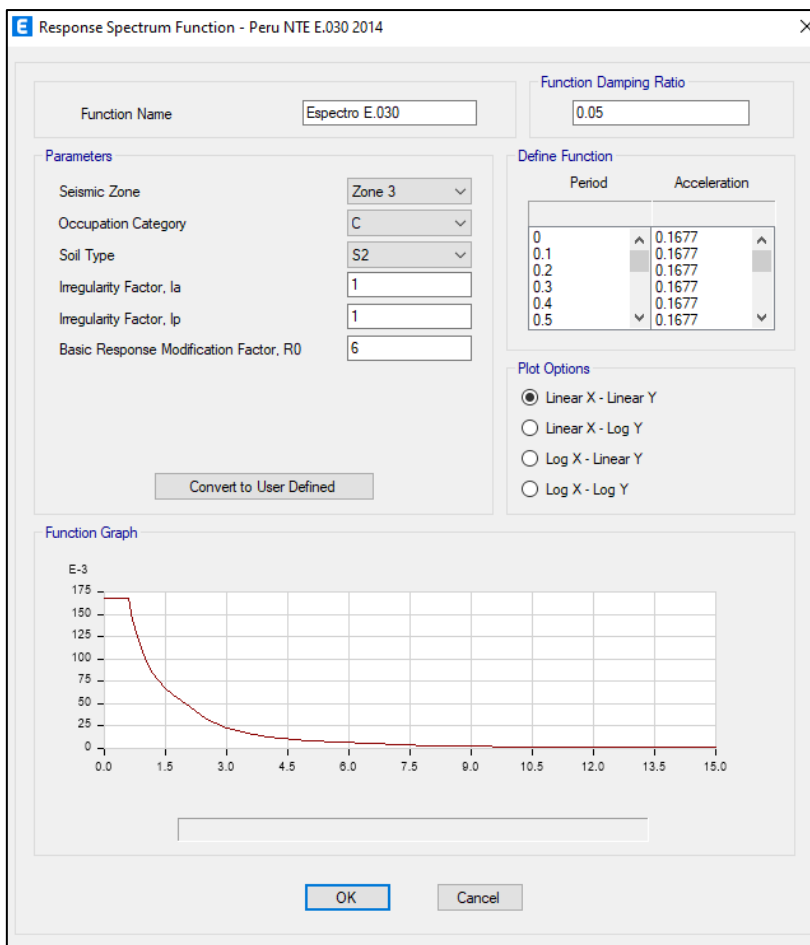


Figura 78

Asignación de los parámetros sísmicos de la edificación



Para esta edificación solo se definió un espectro, pues los parámetros sísmicos son los mismos en ambas direcciones de análisis.

Tabla 58

T - C

T	ZUCS/R
0	0.1677
0.1	0.1677
0.2	0.1677
0.3	0.1677
0.4	0.1677
0.5	0.1677
0.6	0.1677
0.7	0.1438
0.8	0.1258
0.9	0.1118
1	0.1006
1.1	0.0915
1.2	0.0839
1.3	0.0774
1.4	0.0719
1.5	0.0671
1.6	0.0629
1.7	0.0592
1.8	0.0559
1.9	0.0530
2	0.0503
2.1	0.0456
2.2	0.0416
2.3	0.0380
2.4	0.0349
2.5	0.0322
2.6	0.0298
2.7	0.0276
2.8	0.0257
2.9	0.0239
3	0.0224
3.1	0.0209
3.2	0.0197
3.3	0.0185
3.4	0.0174

T	ZUCS/R
3.5	0.0164
3.6	0.0155
3.7	0.0147
3.8	0.0139
3.9	0.0132
4	0.0126
4.1	0.0120
4.2	0.0114
4.3	0.0109
4.4	0.0104
4.5	0.0099
4.6	0.0095
4.7	0.0091
4.8	0.0087
4.9	0.0084
5	0.0081

Figura 79

Periodo vs pseudo aceleración

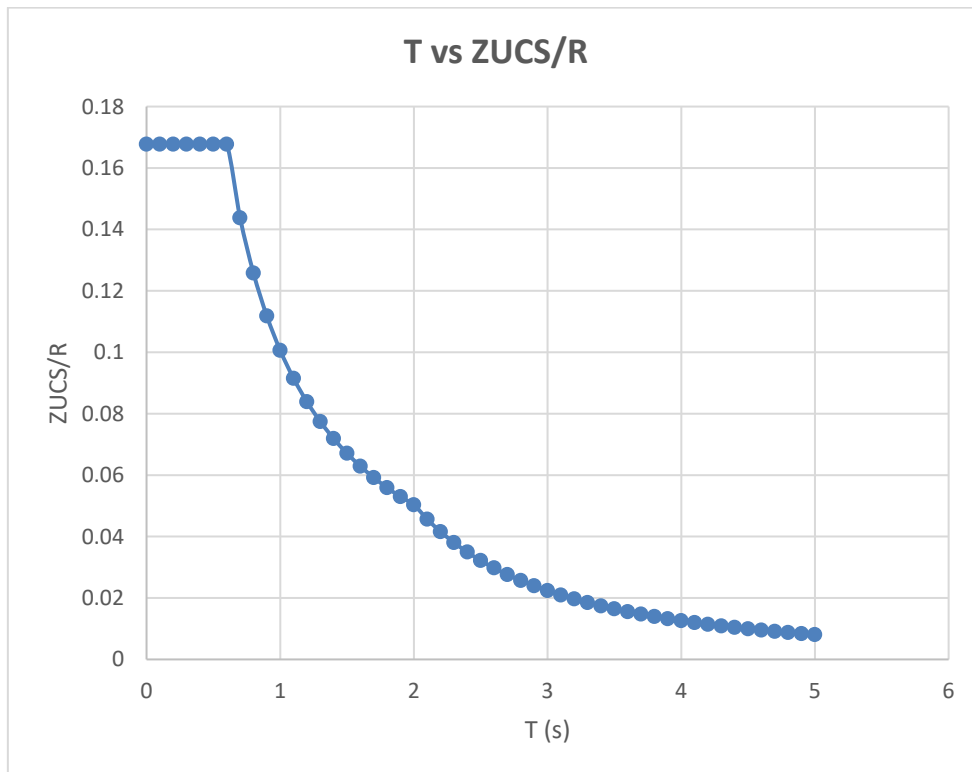


Figura 80

Nuevo Load Case para sismo dinámico

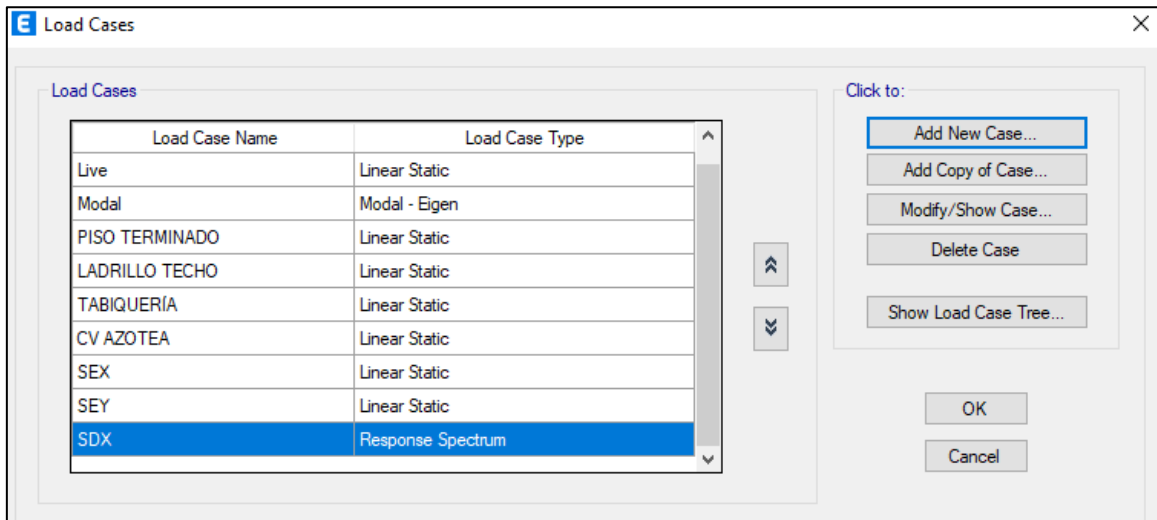


Figura 81

Definición del sismo dinámico en la dirección X

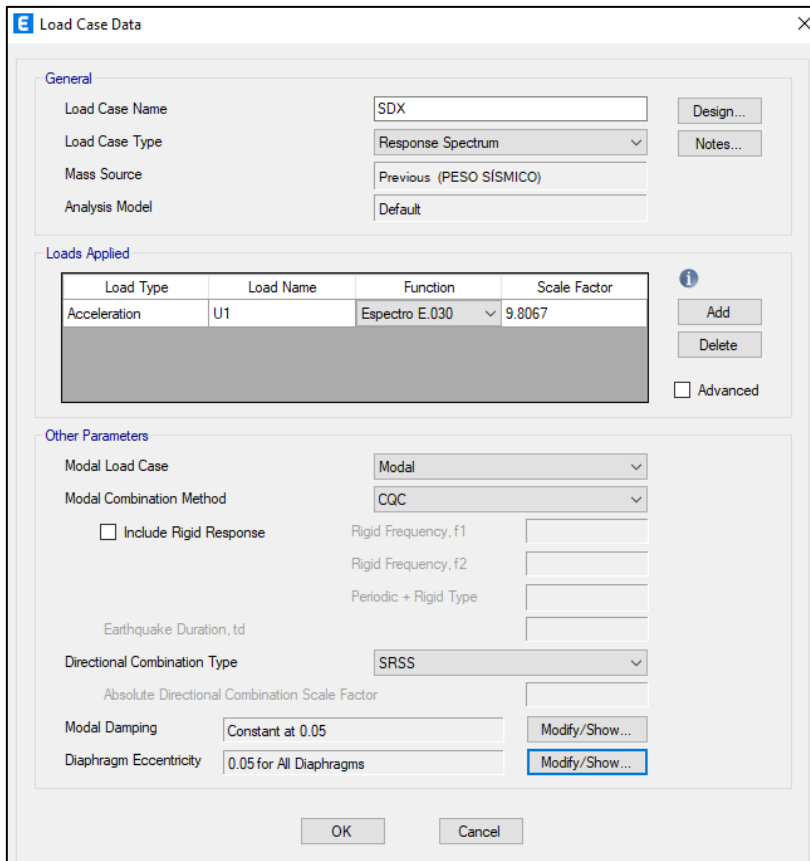
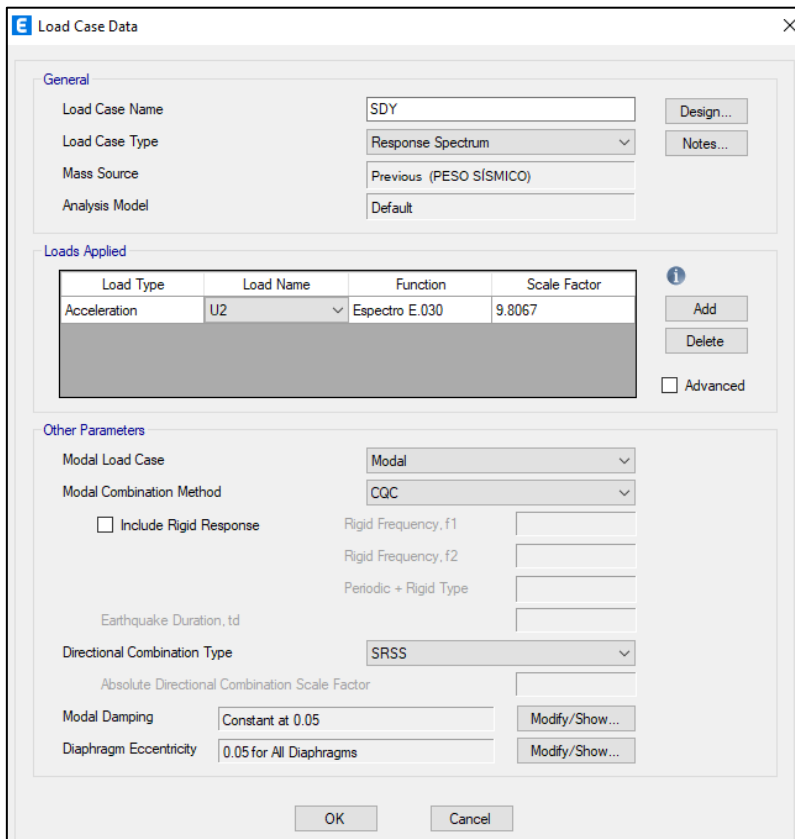


Figura 82

Definición del sismo dinámico en la dirección Y



Load Case Data

General

Load Case Name: SDY [Design...]

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

Mass Source: Previous (PESO SISMICO)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espectro E.030	9.8067

[Add] [Delete] 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: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

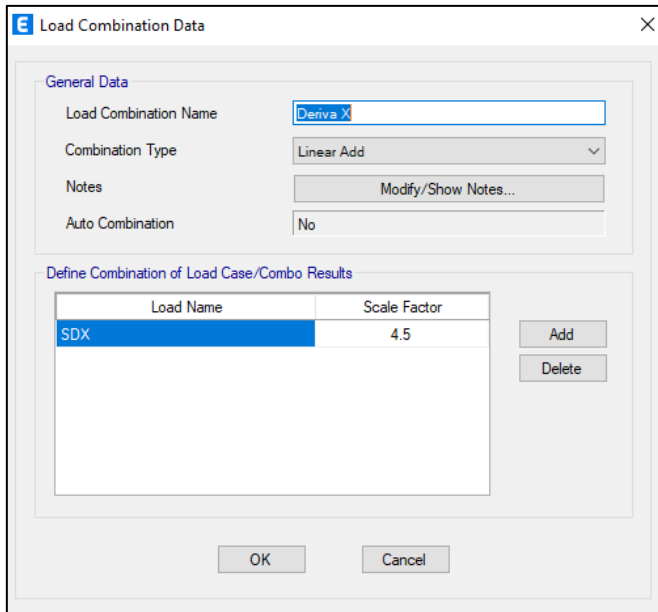
Se definió el sismo dinámico en ambas direcciones, seleccionando el tipo de caso como Response Spectrum. Se seleccionó la dirección U1 o U2, según corresponda, seguido de la función definida Espectro E.030 y el valor de la gravedad que multiplicará a los valores del espectro de aceleraciones.

El análisis modal se realizó mediante la combinación CQC (combinación cuadrática completa), en la que cada resultado de los modos definidos en la edificación se combina dando un solo valor resultante.

Por otro lado, la combinación direccional se estableció del tipo SRSS (Suma de las raíces cuadradas), el amortiguamiento natural de la edificación de concreto armado de 5% y la excentricidad accidental con un 5%.

Figura 83

Combo para los desplazamientos inelásticos en X



The dialog box 'Load Combination Data' is shown with the following details:

- General Data:**
 - Load Combination Name: Deriva X
 - Combination Type: Linear Add
 - Notes: Modify/Show Notes...
 - Auto Combination: No
- Define Combination of Load Case/Combo Results:**

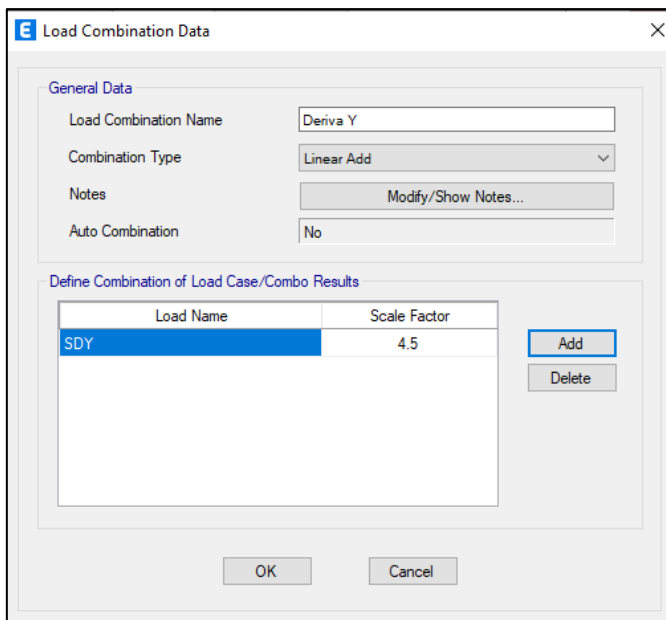
Load Name	Scale Factor
SDX	4.5

Buttons: Add, Delete

Buttons: OK, Cancel

Figura 84

Combo para los desplazamientos inelásticos en Y



The dialog box 'Load Combination Data' is shown with the following details:

- General Data:**
 - Load Combination Name: Deriva Y
 - Combination Type: Linear Add
 - Notes: Modify/Show Notes...
 - Auto Combination: No
- Define Combination of Load Case/Combo Results:**

Load Name	Scale Factor
SDY	4.5

Buttons: Add, Delete

Buttons: OK, Cancel

La norma E.030 indica que los desplazamientos obtenidos en el análisis lineal-elástico se deben multiplicar por $0.75 \cdot R$ para estructuras regulares, por lo que para la

verificación de desplazamientos en la etapa inelástica de la edificación se utilizó este factor, el cual resultó ser igual a 4.5.

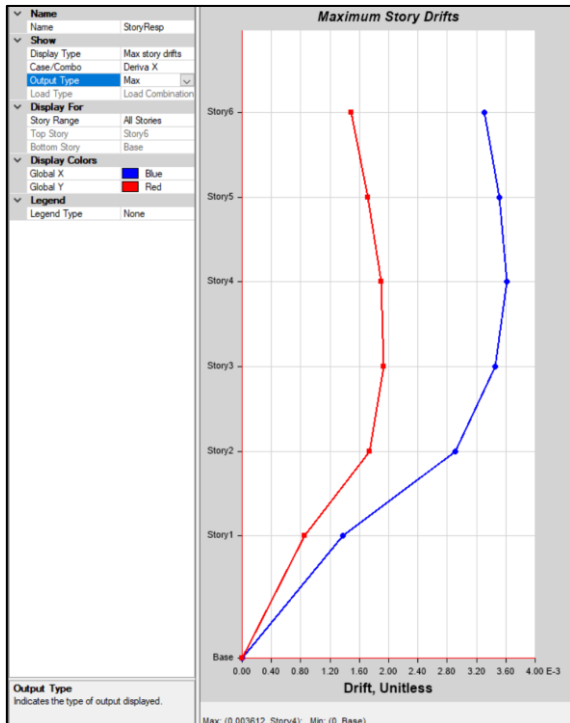
Figura 85

Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	(Δ_i / h_{el})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Figura 86

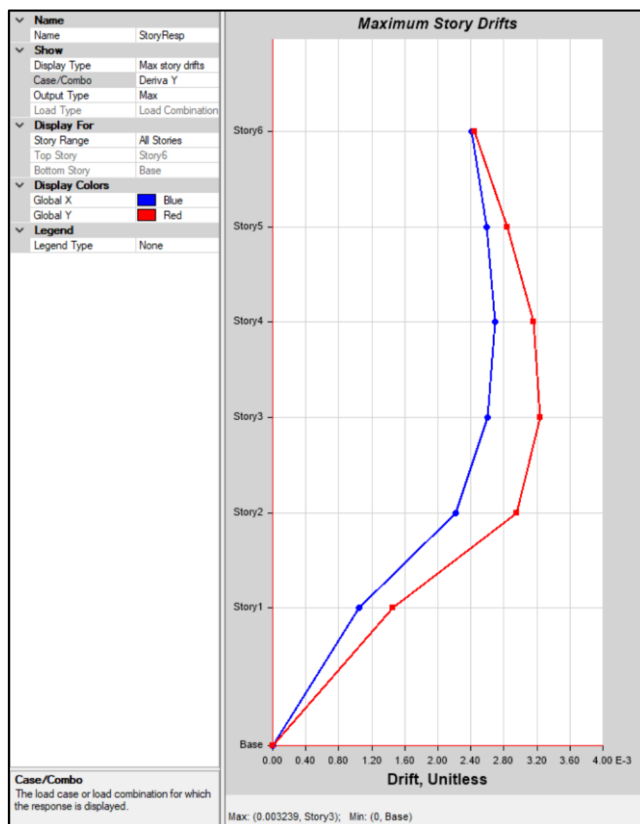
Vista gráfica de las derivas en X



Se observó que la deriva máxima en dirección X en el análisis llega a un valor de 0.0036 para el nivel 4.

Figura 87

Vista gráfica de las derivas en Y



Se observó que la deriva máxima en dirección Y en el análisis, llega a un valor de 0.0032 para el nivel 3.

Tabla 59

Derivas en X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DMÁX=0.007
Story6	Deriva X	Combination	Max	X	0.003308	CUMPLE
Story5	Deriva X	Combination	Max	X	0.003515	CUMPLE
Story4	Deriva X	Combination	Max	X	0.003612	CUMPLE
Story3	Deriva X	Combination	Max	X	0.00345	CUMPLE
Story2	Deriva X	Combination	Max	X	0.002905	CUMPLE
Story1	Deriva X	Combination	Max	X	0.001372	CUMPLE

Tabla 60

Derivas en Y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DMÁX=0.007
Story6	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.002444	CUMPLE
Story5	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.002838	CUMPLE
Story4	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.003156	CUMPLE
Story3	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.003239	CUMPLE
Story2	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.002955	CUMPLE
Story1	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.001456	CUMPLE

La Norma E.030 indica que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder a la fracción de la altura de entrepiso. En este caso la edificación es de concreto armado y presenta derivas dentro del rango permitido de 0.007.

Figura 88

Cortante para el sismo dinámico en X

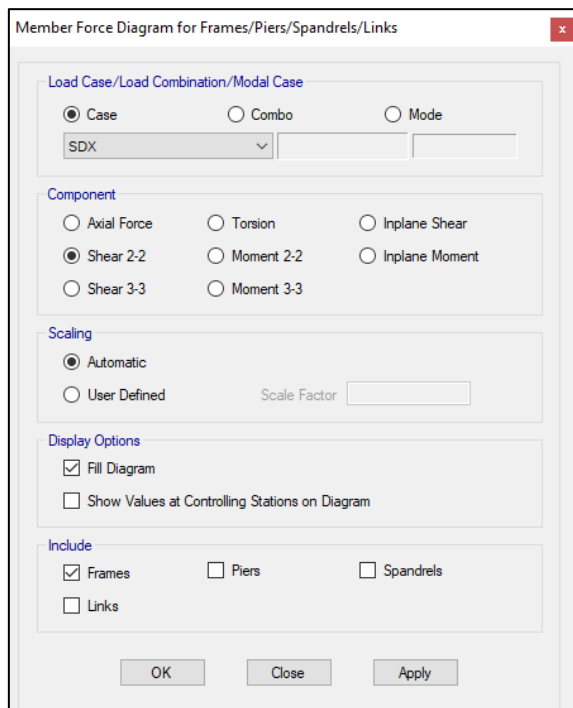


Figura 89

Corte de la sección para el sismo dinámico en X

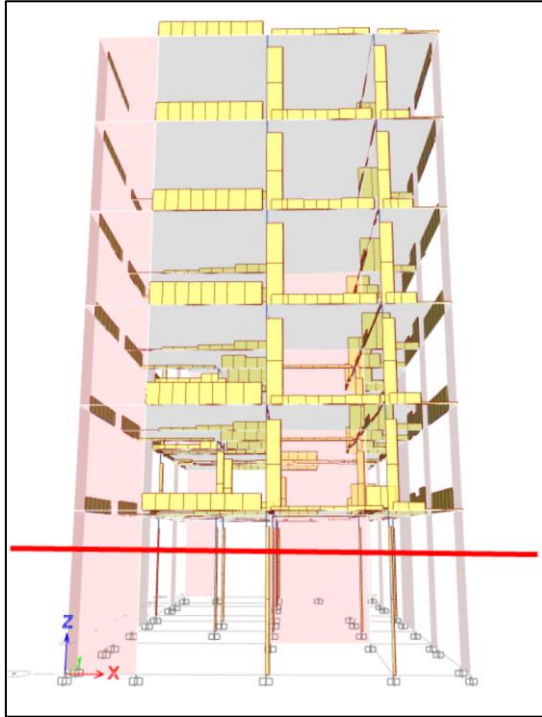


Figura 90

Cortante de la sección asumida por columnas y placas en X

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.038	0.546	m
Global Y	0.563	0.569	m

Load Case

SDX

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.292	m
Global Y	0.566	m
Global Z	0	m
Angle	0.677	deg

Integrated Forces

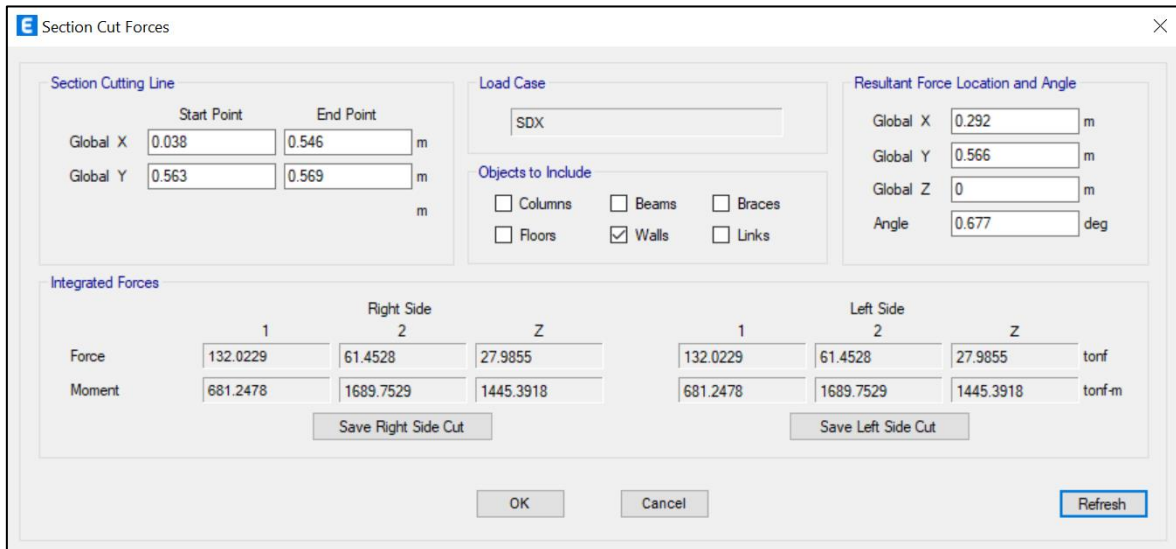
	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	133.7921	62.2962	0	133.7921	62.2962	0	tonf
Moment	780.2145	1662.3671	1463.5558	780.2145	1662.3671	1463.5558	tonf-m

Save Right Side Cut Save Left Side Cut

OK Cancel Refresh

Figura 91

Cortante de la sección asumida solo por placas en X



Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.038	0.546	m
Global Y	0.563	0.569	m

Load Case

SDX

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.292	m
Global Y	0.566	m
Global Z	0	m
Angle	0.677	deg

Integrated Forces

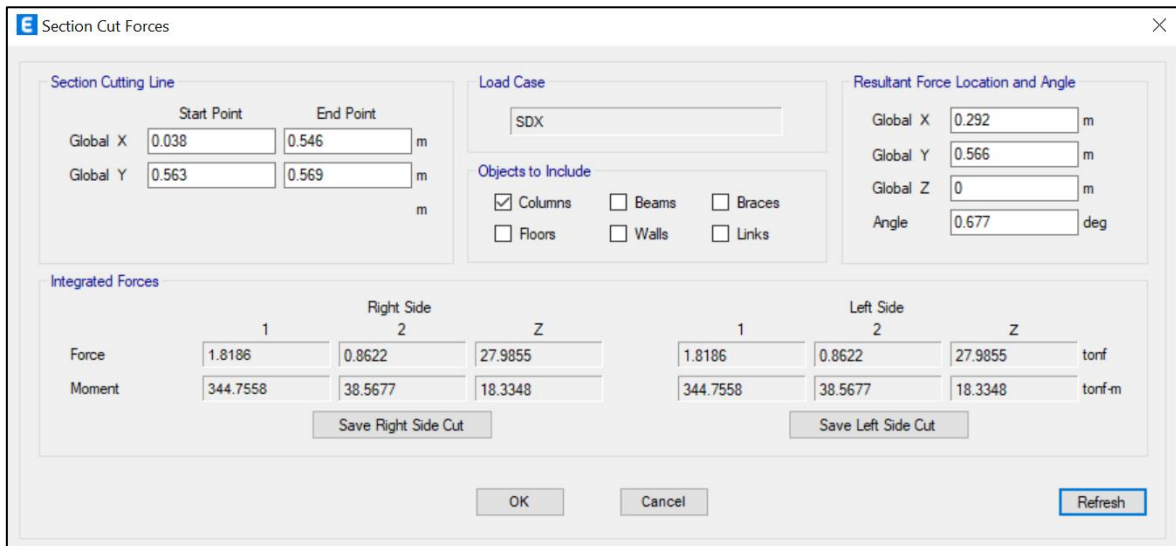
	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	132.0229	61.4528	27.9855	132.0229	61.4528	27.9855	tonf
Moment	681.2478	1689.7529	1445.3918	681.2478	1689.7529	1445.3918	tonf-m

Save Right Side Cut Save Left Side Cut

OK Cancel Refresh

Figura 92

Cortante de la sección asumida solo por columnas en X



Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.038	0.546	m
Global Y	0.563	0.569	m

Load Case

SDX

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.292	m
Global Y	0.566	m
Global Z	0	m
Angle	0.677	deg

Integrated Forces

	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	1.8186	0.8622	27.9855	1.8186	0.8622	27.9855	tonf
Moment	344.7558	38.5677	18.3348	344.7558	38.5677	18.3348	tonf-m

Save Right Side Cut Save Left Side Cut

OK Cancel Refresh

Figura 93

Cortante para el sismo dinámico en Y

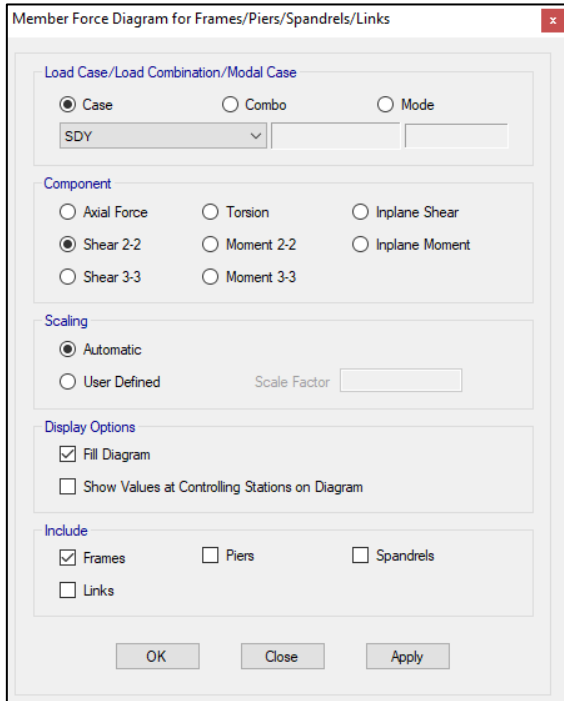


Figura 94

Corte de la sección para el sismo dinámico en Y

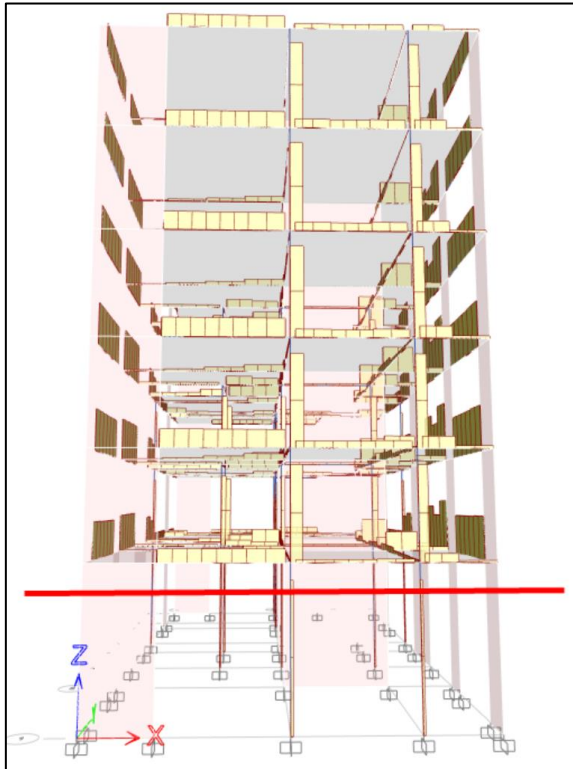
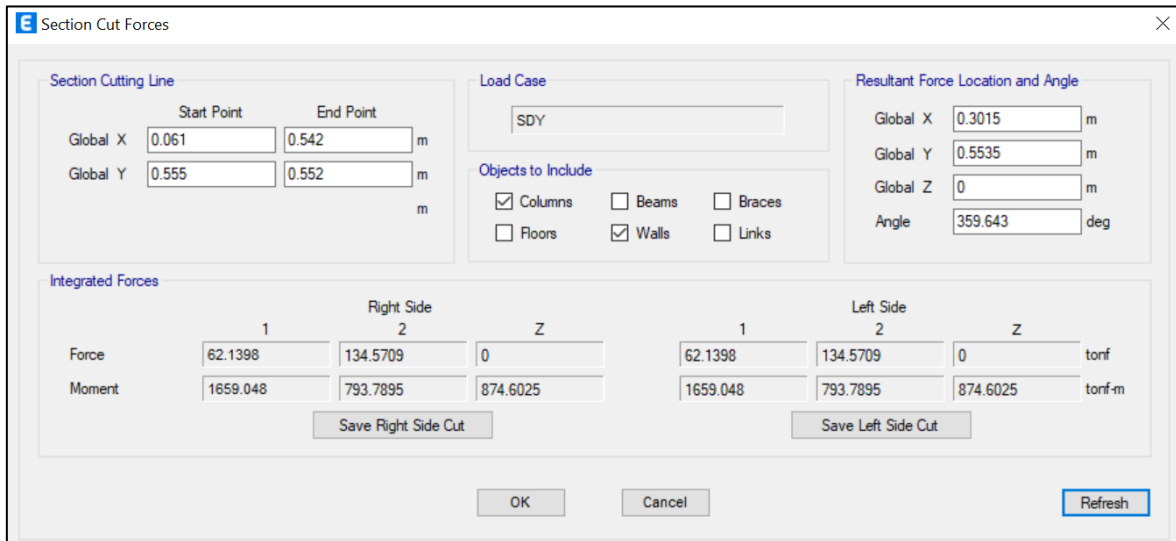


Figura 95

Cortante de la sección asumida por columnas y placas en Y



Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.061	0.542	m
Global Y	0.555	0.552	m

Load Case

SDY

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.3015	m
Global Y	0.5535	m
Global Z	0	m
Angle	359.643	deg

Integrated Forces

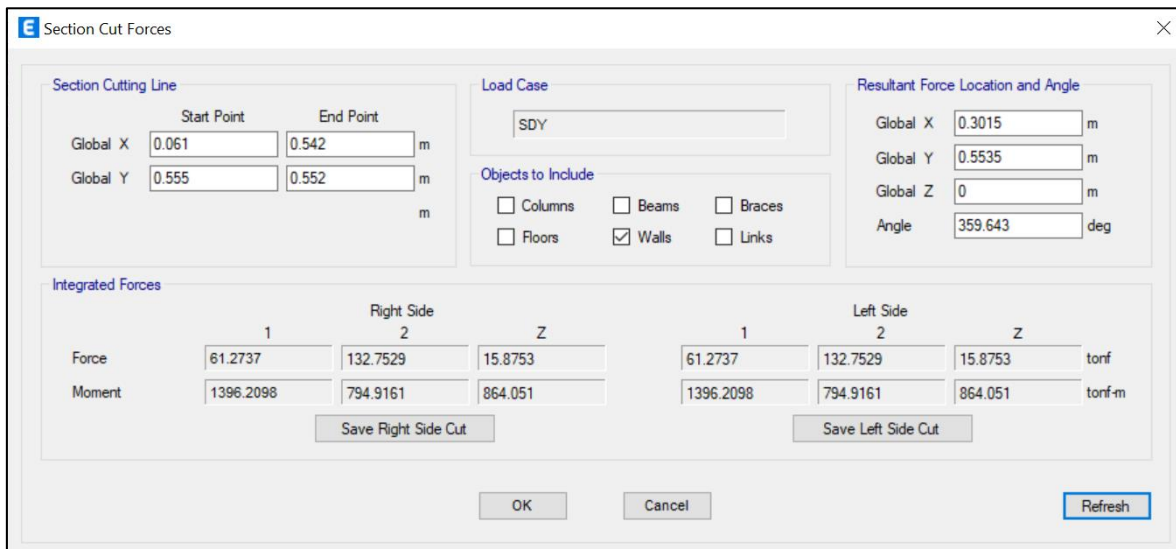
	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	62.1398	134.5709	0	62.1398	134.5709	0	tonf
Moment	1659.048	793.7895	874.6025	1659.048	793.7895	874.6025	tonf-m

Save Right Side Cut Save Left Side Cut

OK Cancel Refresh

Figura 96

Cortante de la sección asumida solo por placas en Y



Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.061	0.542	m
Global Y	0.555	0.552	m

Load Case

SDY

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.3015	m
Global Y	0.5535	m
Global Z	0	m
Angle	359.643	deg

Integrated Forces

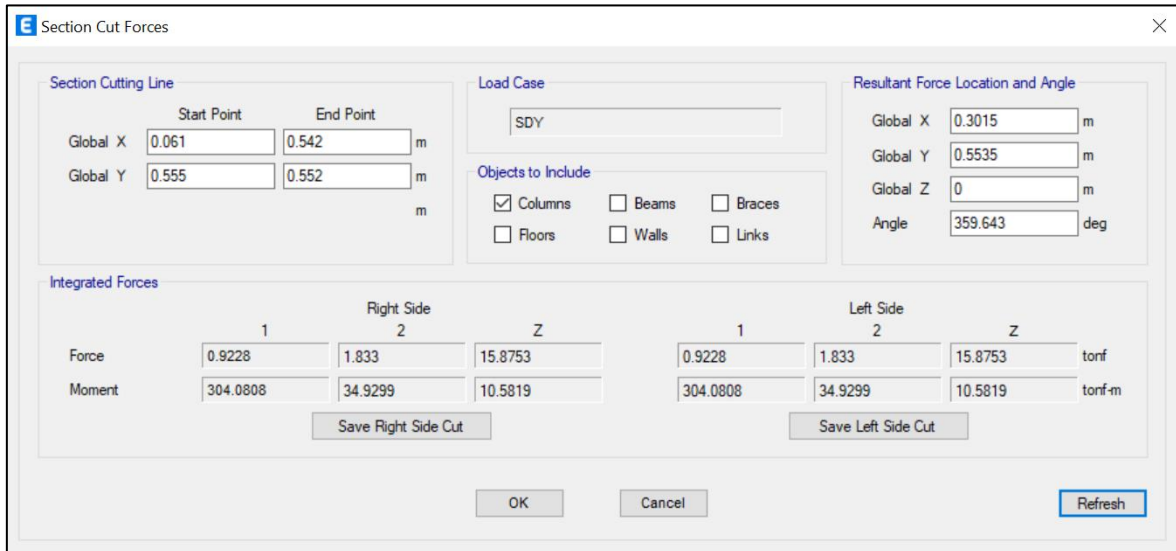
	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	61.2737	132.7529	15.8753	61.2737	132.7529	15.8753	tonf
Moment	1396.2098	794.9161	864.051	1396.2098	794.9161	864.051	tonf-m

Save Right Side Cut Save Left Side Cut

OK Cancel Refresh

Figura 97

Cortante de la sección asumida solo por columnas en Y



Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	0.061	0.542	m
Global Y	0.555	0.552	m

Load Case: SDY

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	0.3015	m
Global Y	0.5535	m
Global Z	0	m
Angle	359.643	deg

Integrated Forces

	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	0.9228	1.833	15.8753	0.9228	1.833	15.8753	tonf
Moment	304.0808	34.9299	10.5819	304.0808	34.9299	10.5819	tonf-m

Buttons: Save Right Side Cut, Save Left Side Cut, OK, Cancel, Refresh

Tabla 61

Porcentaje de cortante basal asumida en X

VDXX (ton)	VPLACAX (ton)	VCOLUMNAX (ton)	%PLACA	%COLUMNA
133.7921	132.0229	1.7692	98.68	1.32

Tabla 62

Porcentaje de cortante basal asumida en Y

VDYY (ton)	VPLACAY (ton)	VCOLUMNAY (ton)	%PLACA	%COLUMNA
134.5709	132.7529	1.8180	98.65	1.35

Se verificó el sistema estructural asumido. La Norma E.030 establece que para que una estructura clasifique como muros estructurales, las placas deben predominar como elementos de resistencia sísmica y sobre los que actúa al menos el 70% de la cortante basal.

La estructura presenta sus elementos continuos en toda su altura, por lo que es posible determinar que no existe irregularidades en planta y en altura a simple vista o realizando simples cálculos; sin embargo, una vez iniciado el análisis dinámico siempre se debe verificar si existe torsión en planta.

Tabla 63

Irregularidad torsional en XX

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story6	Deriva X	Combination	Max	Diaph D6 X	0.003308	0.00304	1.088
Story5	Deriva X	Combination	Max	Diaph D5 X	0.003515	0.003221	1.091
Story4	Deriva X	Combination	Max	Diaph D4 X	0.003612	0.003301	1.094
Story3	Deriva X	Combination	Max	Diaph D3 X	0.00345	0.003143	1.098
Story2	Deriva X	Combination	Max	Diaph D2 X	0.002905	0.002639	1.101
Story1	Deriva X	Combination	Max	Diaph D1 X	0.001372	0.001243	1.103

Tabla 64

Irregularidad torsional en YY

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story6	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D6 Y	0.002444	0.002262	1.08
Story5	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D5 Y	0.002838	0.002624	1.082
Story4	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D4 Y	0.003156	0.002911	1.084
Story3	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D3 Y	0.003239	0.002982	1.086
Story2	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D2 Y	0.002955	0.002718	1.087
Story1	Deriva Y	Combination	Max	Diaph D1 Y	0.001456	0.001343	1.085

Se considera que hay irregularidad torsional si el desplazamiento máximo relativo de entrepiso es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso. Es decir, si la ratio es mayor que 1.3 consideraremos esta irregularidad, pero como se observó en el análisis no existe irregularidad torsional puesto que estos valores son menores al establecido en ambas direcciones X-Y.

Tabla 65

Cortante dinámica en X y Y

Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf
SDX	LinRespSpec	Max	133.8756	62.1165
SDY	LinRespSpec	Max	62.1165	134.5817

Tabla 66

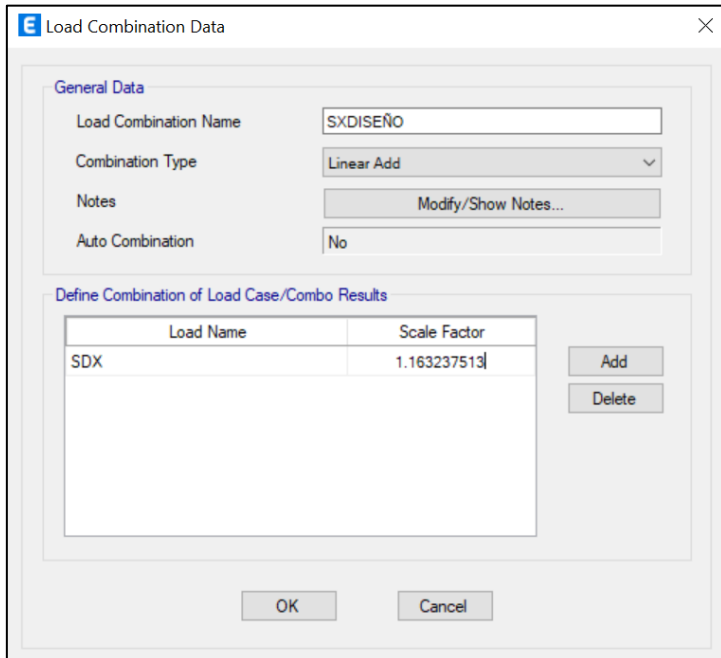
Factor de escala

	V estático (ton)	V dinámico (ton)	80% Vest.	Factor de escala	V DISEÑO (ton)
DIRECCIÓN X-X	194.66	133.88	155.729	1.163237513	155.729
DIRECCIÓN Y-Y	194.66	134.58	155.729	1.15713444	155.729

Debemos considerar una fuerza cortante mínima para el diseño, la cual será como mínimo el 80% de la cortante estática; por lo que se observó que la cortante dinámica no cumple con este parámetro, así que se procedió a establecer una combinación para escalar el sismo dinámico y así alcanzar lo requerido.

Figura 98

Creación de combo para sismo de diseño en X



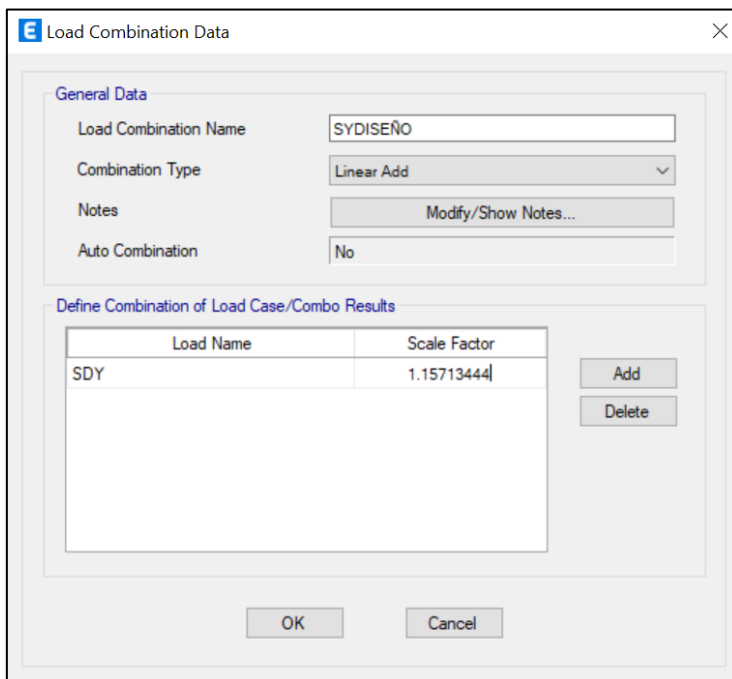
The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. Under 'General Data', the 'Load Combination Name' is 'SXDISEÑO', 'Combination Type' is 'Linear Add', 'Notes' is empty, and 'Auto Combination' is 'No'. Under 'Define Combination of Load Case/Combo Results', a table lists one combination:

Load Name	Scale Factor
SDX	1.163237513

Buttons for 'Add', 'Delete', 'OK', and 'Cancel' are visible.

Figura 99

Creación de combo para sismo de diseño en Y



The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. Under 'General Data', the 'Load Combination Name' is 'SYDISEÑO', 'Combination Type' is 'Linear Add', 'Notes' is empty, and 'Auto Combination' is 'No'. Under 'Define Combination of Load Case/Combo Results', a table lists one combination:

Load Name	Scale Factor
SDY	1.15713444

Buttons for 'Add', 'Delete', 'OK', and 'Cancel' are visible.

Tabla 67

Cortante de diseño

Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf
SXDISEÑO	Combination	Max	155.7292	72.2562
SYDISEÑO	Combination	Max	71.8771	155.7291

Se calcularon los aceros primero con la Norma E.060 y luego con el Código ACI 318-19, por lo que se configuró al ETABS con los parámetros de cada normativa, se definió primero los combos o combinaciones de diseño establecidos en la Norma E.060 cap. 9.2.1 y 9.2.2.

Figura 100

Definición de los combos de diseño para la Norma E.060

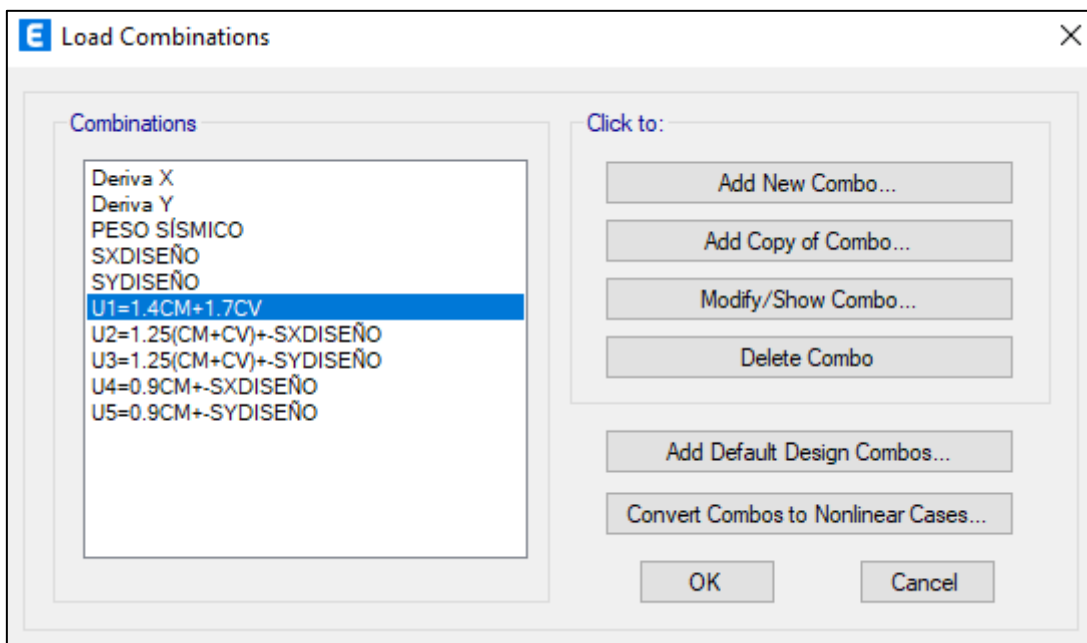


Figura 101

Creación de la envolvente para la Norma E.060

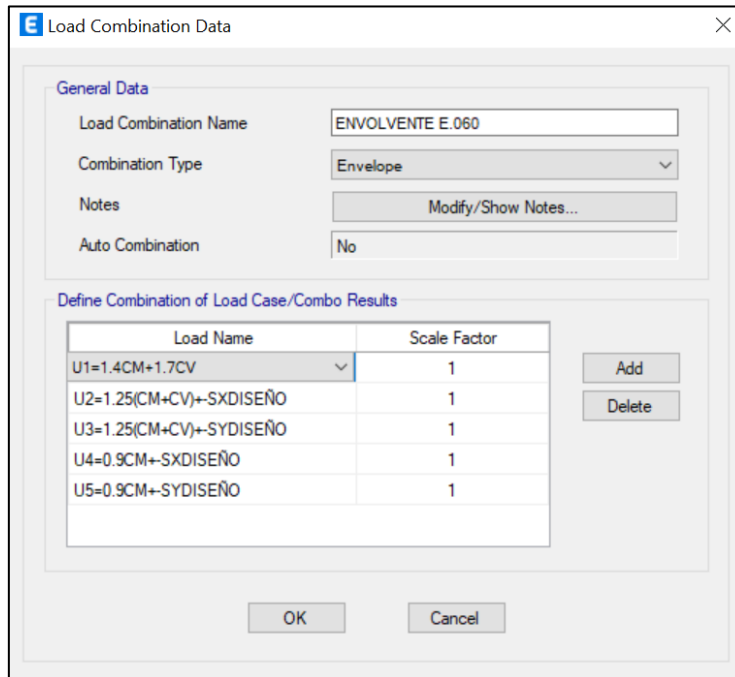


Figura 102

Propiedades de diseño en concreto

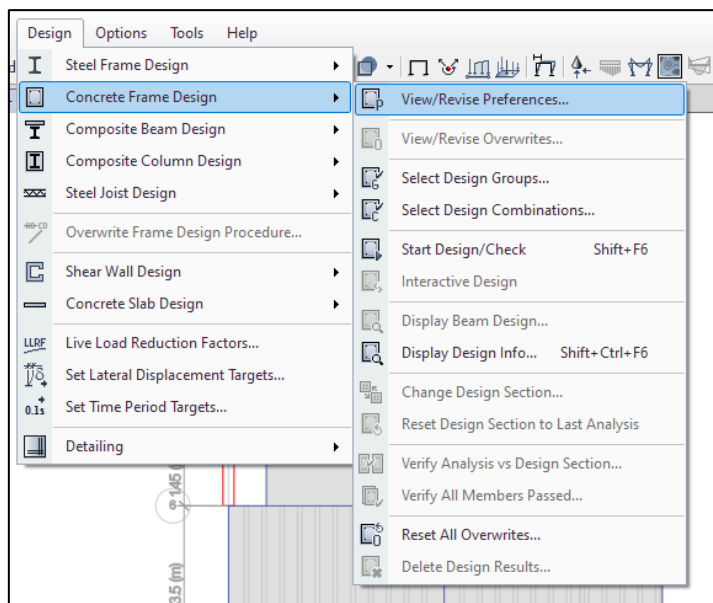
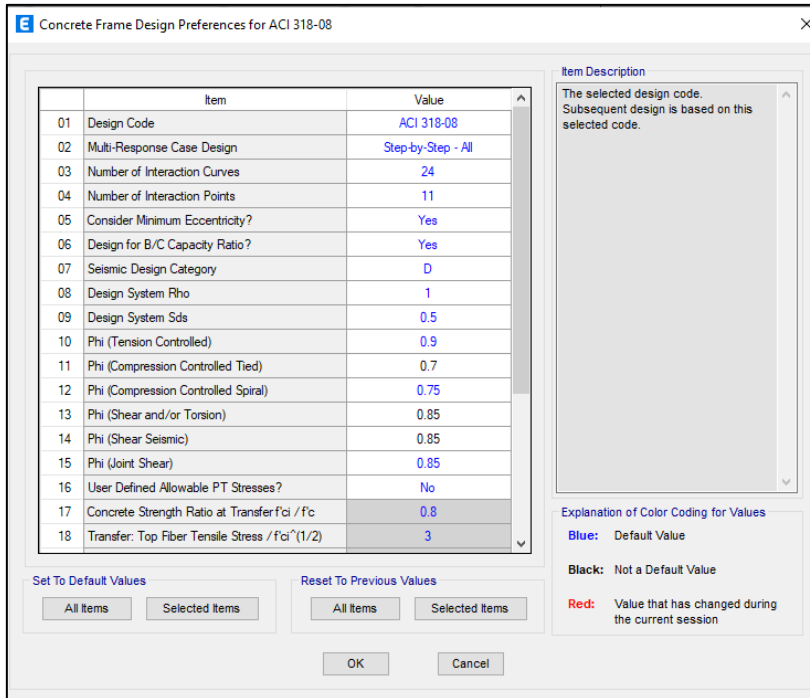


Figura 103

Modificación del código de diseño según E.060



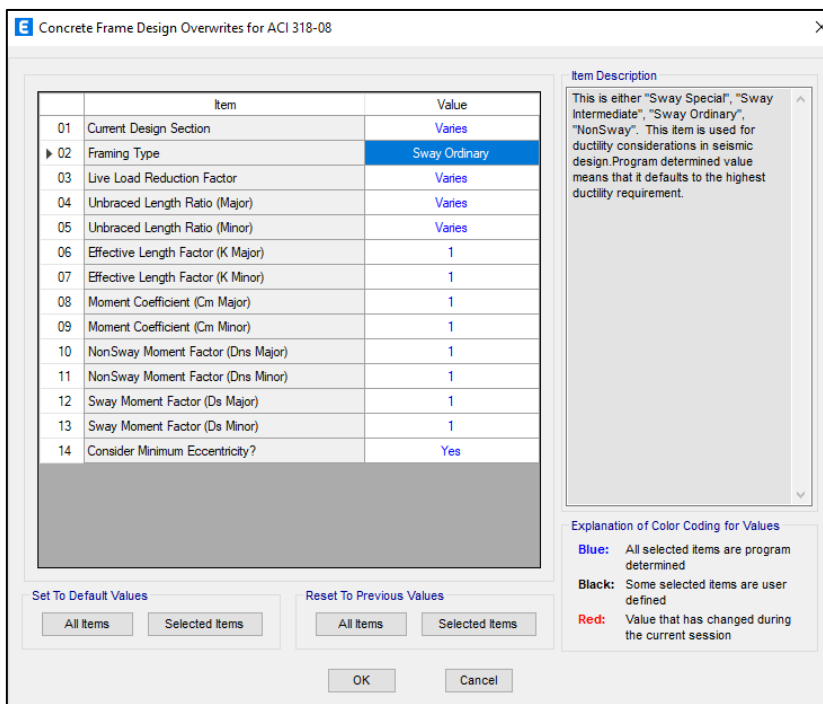
Item	Value
01 Design Code	ACI 318-08
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Number of Interaction Curves	24
04 Number of Interaction Points	11
05 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
06 Design for B/C Capacity Ratio?	Yes
07 Seismic Design Category	D
08 Design System Rho	1
09 Design System Sds	0.5
10 Phi (Tension Controlled)	0.9
11 Phi (Compression Controlled Tied)	0.7
12 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
13 Phi (Shear and/or Torsion)	0.85
14 Phi (Shear Seismic)	0.85
15 Phi (Joint Shear)	0.85
16 User Defined Allowable PT Stresses?	No
17 Concrete Strength Ratio at Transfer f'_{ci} / f'_c	0.8
18 Transfer: Top Fiber Tensile Stress / $f_{ci} \sim (1/2)$	3

Item Description
The selected design code. Subsequent design is based on this selected code.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Figura 104

Modificación de elementos frame como elementos ordinarios



Item	Value
01 Current Design Section	Varies
02 Framing Type	Sway Ordinary
03 Live Load Reduction Factor	Varies
04 Unbraced Length Ratio (Major)	Varies
05 Unbraced Length Ratio (Minor)	Varies
06 Effective Length Factor (K Major)	1
07 Effective Length Factor (K Minor)	1
08 Moment Coefficient (Cm Major)	1
09 Moment Coefficient (Cm Minor)	1
10 NonSway Moment Factor (Dns Major)	1
11 NonSway Moment Factor (Dns Minor)	1
12 Sway Moment Factor (Ds Major)	1
13 Sway Moment Factor (Ds Minor)	1
14 Consider Minimum Eccentricity?	Yes

Item Description
This is either "Sway Special", "Sway Intermediate", "Sway Ordinary", "NonSway". This item is used for ductility considerations in seismic design. Program determined value means that it defaults to the highest ductility requirement.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: All selected items are program determined
Black: Some selected items are user defined
Red: Value that has changed during the current session

Figura 105

Definición de los combos de diseño para el Código ACI 318-19

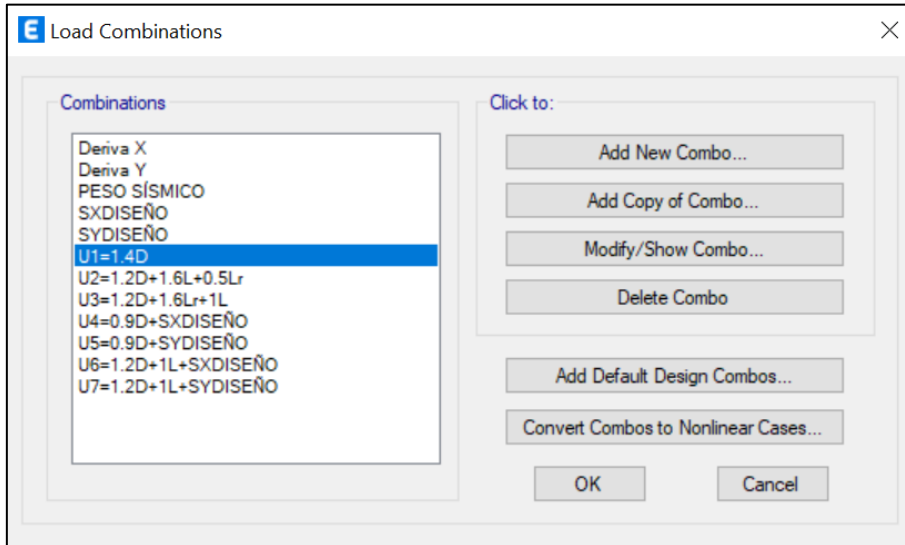


Figura 106

Creación de la envolvente para el Código ACI 318-19

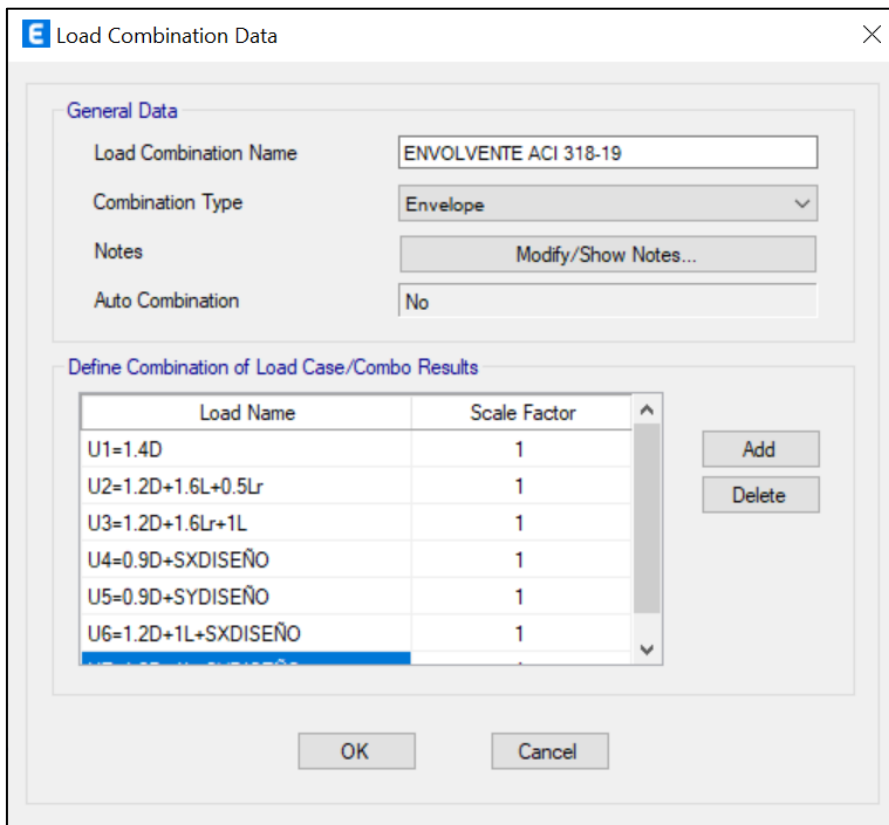


Figura 107

Código de diseño según ACI 318-19

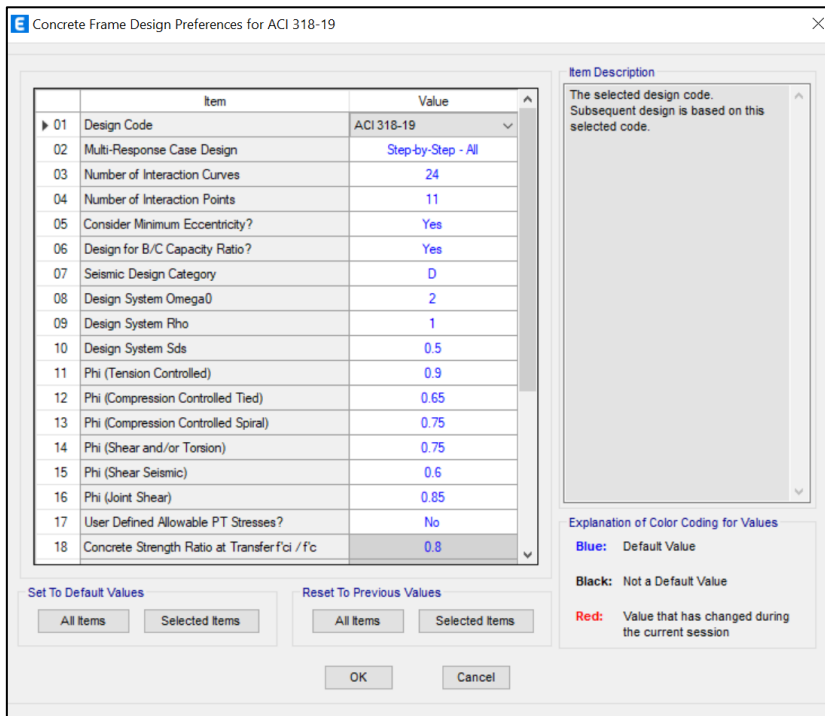
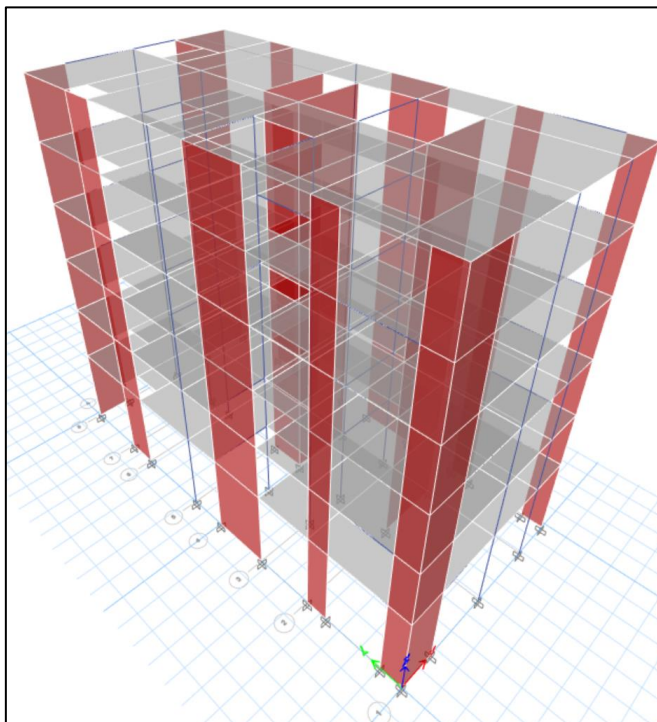


Figura 108

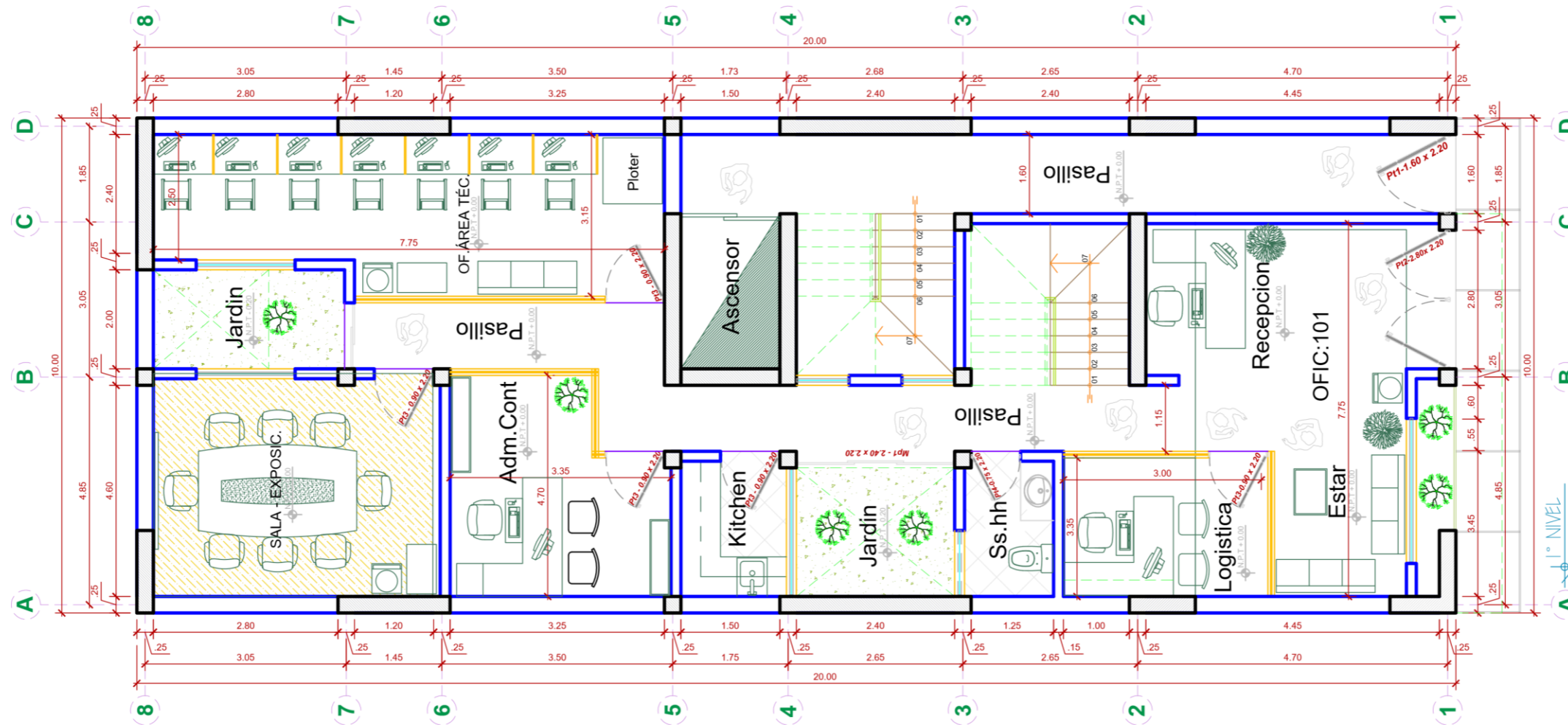
Modelo final de la edificación




ANEXO 10: Planos

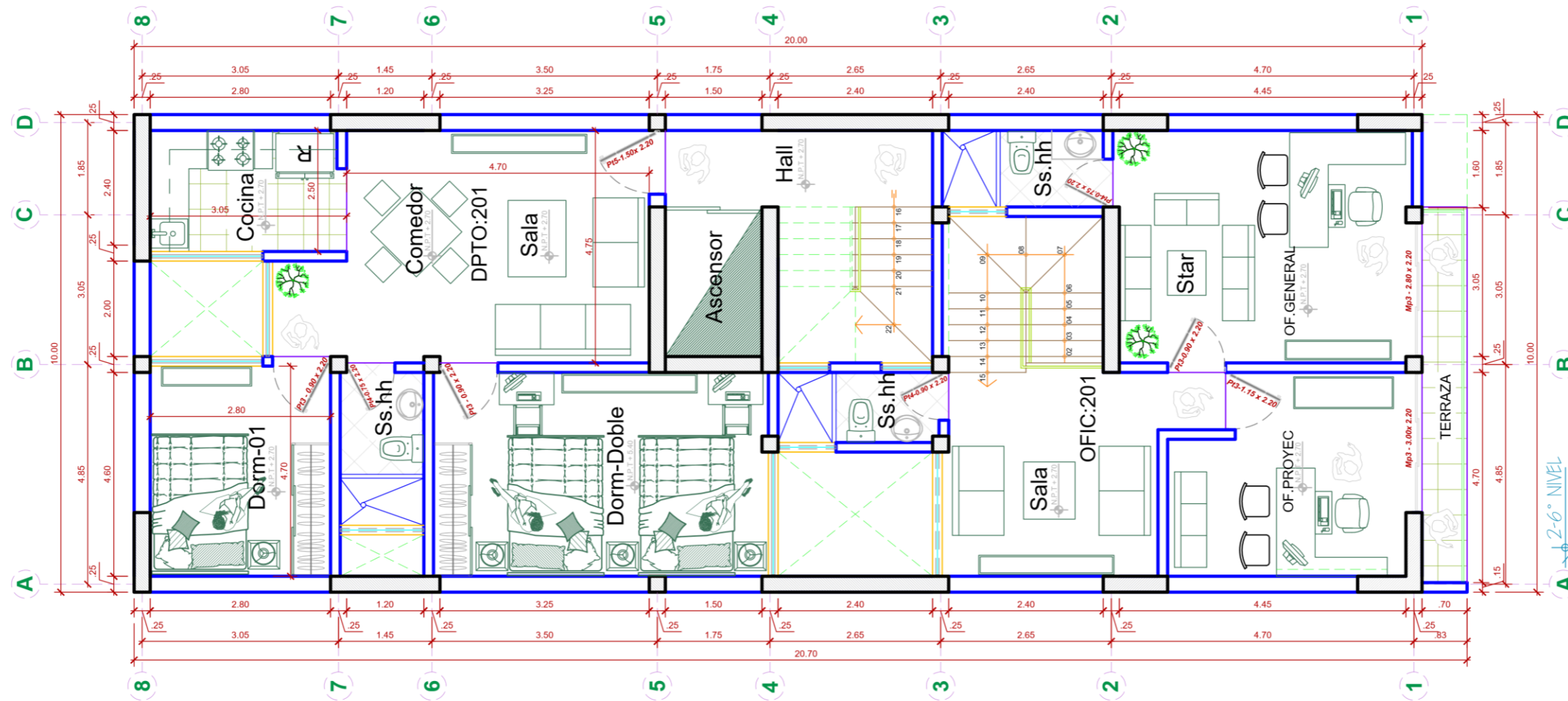
arquitectónicos finales


de la edificación

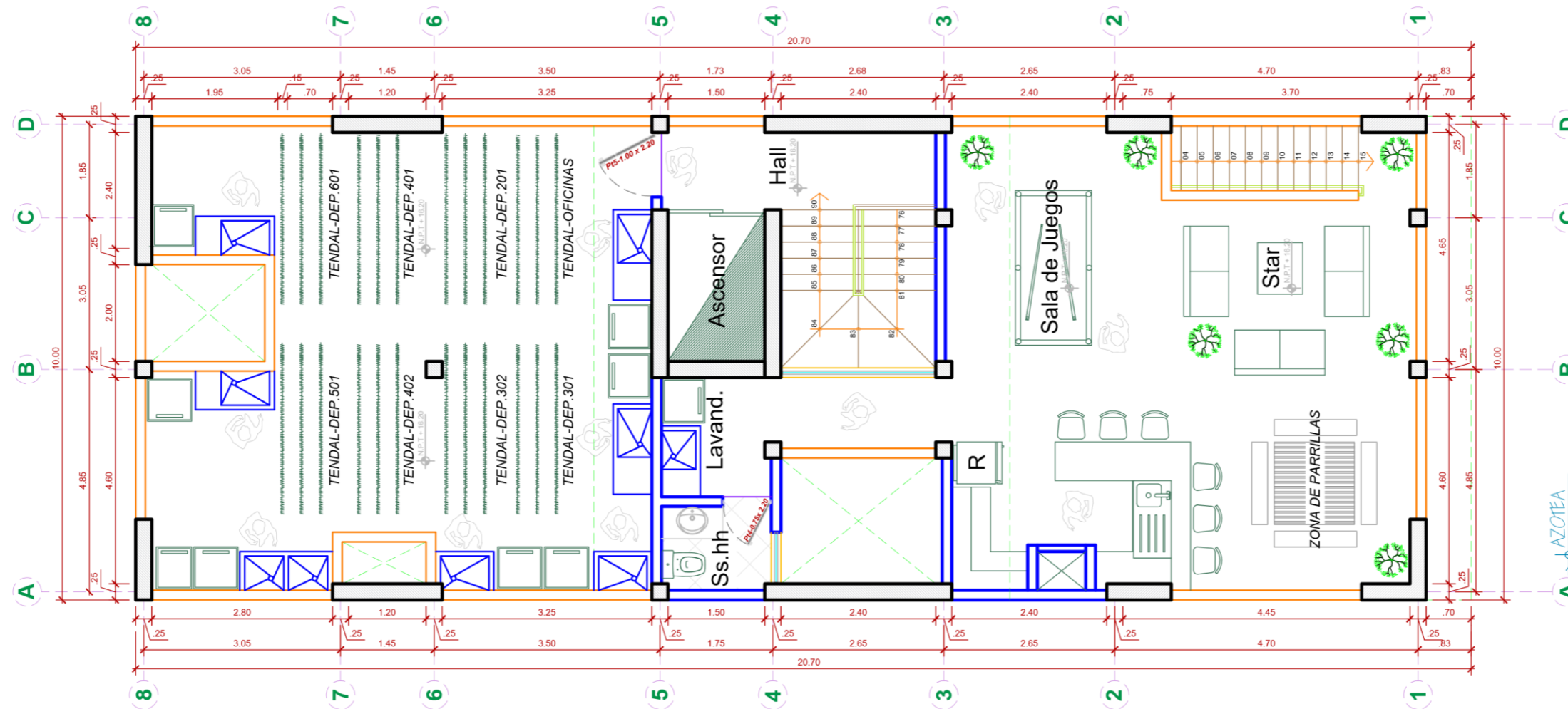



CALLE PRINCIPAL

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
	ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	LÁMINA: A-08
	TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos	ESC: 1/75
PLANO: Arquitectura Final - Primer Nivel		



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"	
	ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento	LÁMINA: A-09
	TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos	ESC: 1/75
PLANO: Arquitectura Final - 2º a 6º Nivel		



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<p>TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE ACERO CON EL CÓDIGO ACI 318-19 RESPECTO A LA NORMA E.060 EN UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 6 NIVELES, CAJAMARCA 2021"</p>	
	<p>ASESOR: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento</p>	<p>LÁMINA: A-10</p>
	<p>TESISTA: Fustamante Burga Jhan Carlos</p>	<p>ESC: 1/75</p>
<p>PLANO: Arquitectura Final - Azotea</p>		