

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil



INFLUENCIA DEL AGRIETAMIENTO EN LA RESPUESTA SÍSMICA
DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMA DUAL

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. RAMIREZ FLORES, TOMMY JHEISON

ASESOR:

Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ÁNGEL

CAJAMARCA – PERÚ 2018

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más grande agradecimiento a Dios que ha guiado correctamente mi camino, a mis padres David y Elvira quienes me han cuidado y brindado todo su apoyo, amor y oraciones, a mis hermanos Johana y Brayan por estar siempre alentándome a seguir ante todas las circunstancias y a todos mis grandes amigos que depositaron su confianza en mí.

Quisiera agradecer también a todos los docentes y trabajadores de la universidad nacional de Cajamarca que contribuyeron con el desarrollo de esta tesis, a mi asesor el Dr.Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por sus valiosas aportaciones y a todos los miembros del jurado por sus sabias observaciones.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	i
INDICE DE CONTENIDOS	ii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

CAPITULO 1.

INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Justificación de la Investigación	2
1.4. Alcances o Delimitación de la Investigación.....	2
1.5. Hipótesis General.....	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo General.....	3
1.6.2. Objetivos Específicos	3

CAPITULO 2.

MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Respuesta Sísmica Estructural.....	6
2.2.1.1. Periodo Fundamental de vibración.....	6
2.2.1.2. Cortante Basal.....	7
2.2.1.3. Deriva Máxima de Entrepiso.....	8
2.2.1.4. Fuerzas internas (Momentos y Cortantes).....	8
2.2.2. Agrietamiento de los elementos de concreto armado.....	9
2.2.2.1. Tipos de Agrietamiento.....	9
a) Grietas por esfuerzos de tracción directa.....	9
b) Grietas por esfuerzos de tracción por flexión.....	10
c) Grietas de flexión - cortante y de cortante en el alma.....	10
d) Grietas de torsión.....	11
e) Grietas de adherencia entre el concreto y el acero.....	11
f) Grietas por corrosión en el acero.....	11
g) Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco.....	12
h) Grietas por calor de hidratación.....	13
i) Grietas por retracción plástica del concreto.....	13
j) Fisuración en mapa en muros y losas.....	14

k) Grietas por deformaciones impuestas.	14
2.2.3. El Agrietamiento y las normas de diseño sismorresistente.	15
2.2.3.1. Norma Peruana de Concreto Armado E.060 y ACI -318.	15
2.2.3.2. Norma Chilena Oficial NCh 433.	16
2.2.3.3. Norma Técnica para el diseño de elementos de Concreto (México).	16
2.2.3.4. Factores de reducción Paulay y Priestley.	16
2.2.3.5. Federal Emergency Management Agency FEMA 356.	17

CAPITULO 3.

MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Diseño de la investigación.	18
3.1.1. Tipo.	18
3.1.2. Diseño.	18
3.2. Ubicación Geográfica de la Investigación.	18
3.3. Descripción de Edificios Estudiados.	21
3.4. Descripción de Planta Estructural Típica.	22
3.5. Modelo empleado para cada edificio.	24
3.6. Análisis Sísmico.	26
3.6.1. Parámetros Sísmicos.	27
3.6.2. Peso Sísmico.	29
3.6.3. Procedimiento de Análisis.	29
3.6.3.1. Análisis Estático.	29
3.6.3.2. Análisis Dinámico.	30
3.6.4. Desplazamientos Laterales y Derivas.	33
3.6.5. Análisis del Coeficiente de Reducción.	35
3.7. Casos Estudiados.	35
3.7.1. Agrietamiento solo en Vigas.	36
3.7.2. Agrietamiento solo en Columnas.	36
3.7.3. Agrietamiento solo en Muros.	36
3.7.4. Agrietamiento Simultáneo.	36
3.8. Inclusión del Agrietamiento en los elementos estructurales.	38
3.8.1. Factor de reducción de inercia en Columnas.	38
3.8.2. Factor de reducción de inercia en Vigas.	39
3.8.3. Factor de reducción de inercia en Muros.	40
3.9. Resultados.	42
3.9.1. Período Fundamental de Vibración.	43
3.9.2. Cortante Basal.	45
3.9.3. Deriva Máxima de Entrepiso.	47
3.9.4. Momento Máximo.	49
3.9.4.1. Momento Máximo en Vigas.	50
3.9.4.2. Momento Máximo en Columnas.	51
3.9.4.3. Momento Máximo en Muros.	52
3.9.5. Cortante Máxima.	53
3.9.5.1. Cortante Máxima en Vigas.	53
3.9.5.2. Cortante Máxima en Columnas.	54
3.9.5.3. Cortante Máxima en Muros.	55

CAPITULO 4.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....60

4.1. Variación del Periodo Fundamental de Vibración con el agrietamiento.	60
4.2. Variación de la Cortante Basal con el agrietamiento.	61
4.3. Variación de la Deriva Máxima de entrepiso con el agrietamiento.	63
4.4. Variación de los Momentos Máximos con el agrietamiento.	64
4.4.1. Momento Máximo en Vigas.	64
4.4.2. Momento Máximo en Columnas.	65
4.4.3. Momento Máximo en Muros.	67
4.5. Variación de las Cortantes Máximas con el agrietamiento.	68
4.5.1. Cortante Máxima en Vigas.	68
4.5.2. Cortante Máxima en Columnas.	69
4.5.3. Cortante Máxima en Muros.	71

CAPITULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES73

5.1. Conclusiones.	73
5.2. Recomendaciones.	75

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....76

ANEXO 177

Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 5 Pisos	78
Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 6 Pisos	81
Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 7 Pisos	84

ANEXO 287

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Límites para la distorsión de entrepiso-Norma E.030.....	8
Tabla 2.2. Momentos de Inercia Efectivos propuestos por la Norma Peruana E.060. ...	16
Tabla 2.3. Rigidez Efectiva de elementos Paulay y Priestley (1992)	17
Tabla 2.4. Rigidez Efectiva propuesta por el FEMA (2000)	17
Tabla 3.1. Características de los Edificios	21
Tabla 3.2. Características del concreto armado.....	24
Tabla 3.3. Cargas distribuidas sobre Losas Aligeradas.....	25
Tabla 3.4. Cargas distribuidas sobre Losas Macizas.....	25
Tabla 3.5. Cargas distribuidas sobre vigas 40x60.....	25
Tabla 3.6. Cargas distribuidas sobre vigas 30x60.....	25
Tabla 3.7. Cargas distribuidas sobre vigas 25x40.....	26
Tabla 3.8. Cargas distribuidas sobre vigas 25x20.....	26
Tabla 3.9. Factor de Suelo “S” – Norma E.030	27
Tabla 3.10. Periodos “TP” y “TL”– Norma E.030.....	28
Tabla 3.11. Variación del coeficiente C con respecto al periodo fundamental T	28
Tabla 3.12. Pesos de la edificación	29

Tabla 3.13. Análisis Estático para Edificio de 7 pisos	29
Tabla 3.14. Modos de Vibración y % de Masa Participativa.....	31
Tabla 3.15. Periodos Fundamentales de Vibración.....	32
Tabla 3.16. Cortante de Diseño.....	33
Tabla 3.17. Verificación de Derivas en Dirección X.....	33
Tabla 3.18. Verificación de Derivas en Dirección Y.....	33
Tabla 3.19. Verificación de Cortante en Muros y Pórticos.....	35
Tabla 3.20. Valores de factores de reducción considerados para los 40 casos estudiados	37
Tabla 3.21. Periodos de vibración XX según el caso de agrietamiento.....	43
Tabla 3.22. Periodos de vibración YY según el caso de agrietamiento.....	44
Tabla 3.23. Cortante Basal XX según el caso de agrietamiento.....	45
Tabla 3.24. Cortante Basal YY según el caso de agrietamiento.....	46
Tabla 3.25. Deriva Máxima XX según el caso de agrietamiento.....	47
Tabla 3.26. Cortante Basal YY según el caso de agrietamiento.....	48
Tabla 3.27. Momento máximo en vigas para agrietamiento simultáneo.....	50
Tabla 3.28. Momento máximo en Columnas para agrietamiento simultáneo.....	51
Tabla 3.29. Momento máximo en Muros para agrietamiento simultáneo.....	52
Tabla 3.30. Cortante Máxima en Vigas para agrietamiento simultáneo.....	54
Tabla 3.31. Cortante Máxima en Columnas para agrietamiento simultáneo.....	55
Tabla 3.32. Cortante Máxima en Muros para agrietamiento simultáneo.....	56
Tabla 4.1. Indicadores del periodo de vibración según el tipo de edificio.....	60
Tabla 4.2. Indicadores de la cortante basal según el tipo de edificio.....	62
Tabla 4.3. Indicadores de la deriva máxima según el tipo de edificio.....	63
Tabla 4.4. Indicadores del momento máximo en vigas según el tipo de edificio.....	64
Tabla 4.5. Indicadores del momento máximo en columnas.....	66
Tabla 4.6. Indicadores del momento máximo en muros según el tipo de edificio.....	67
Tabla 4.7. Indicadores de la cortante máxima en vigas según el tipo de edificio.....	68
Tabla 4.8. Indicadores de la cortante máxima en columnas según el tipo de edificio.....	70
Tabla 4.9. Factores de la cortante máxima en muros.....	71
Tabla 4.10. Comparación con resultados de otras investigaciones.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Vibración Libre en forma de péndulo invertido	6
Figura 2.2. Ecuación para obtener la Cortante Basal.....	7
Figura 2.3. Fuerzas externas e internas en una columna.....	8
Figura 2.4. Grietas por esfuerzo de Tracción Diagonal.....	10
Figura 2.5. Grietas por esfuerzos de Tracción por Flexión.....	10
Figura 2.6. Grietas de Flexión – Cortante y de cortante en el alma.....	10
Figura 2.7. Grietas de Torsión.....	11
Figura 2.8. Grietas de Adherencia.....	11
Figura 2.9. Grietas por corrosión en el acero.....	12
Figura 2.10. Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco.....	12
Figura 2.11. Grietas de un muro por contracción térmica inicial.....	13
Figura 2.12. Grieta por retracción plástica en una losa.....	14

Figura 2.13. Grietas en “mapa” en un muro o losa	14
Figura 2.14. Grietas en vigs por asentamiento de una columna interior de un pórtico	15
Figura 2.15. Grietas por retracción en una viga	15
Figura 3.1. Ubicación de Cajamarca con respecto al Perú y con respecto al departamento	18
Figura 3.2. Ubicación de los edificios en zona residencial R-5.	19
Figura 3.3. Ubicación referencial de los Edificios	20
Figura 3.4. Ubicación de la ciudad de Cajamarca según el mapa de zonas sísmicas de la norma sismorresistente E.030	20
Figura 3.5. Vista 3D del Edificio de 7 pisos	21
Figura 3.6. Planta Estructural Típica.....	22
Figura 3.7. Secciones de Columnas	23
Figura 3.8. Secciones de Vigas	23
Figura 3.9. Secciones de Placas PL-1 y PL-AS	23
Figura 3.10. Espectro de Diseño	30
Figura 3.11. Modo 1 (Traslación en X) y Modo 2 (Traslación en Y).....	32
Figura 3.12. Desplazamientos Laterales en la dirección X	34
Figura 3.13. Desplazamientos Laterales en la dirección Y	34
Figura 3.14. Factores de Reducción Simultanea	37
Figura 3.15. Coordenadas Locales de una columna.....	38
Figura 3.16. Aplicación de la reducción de inercia en columnas.....	39
Figura 3.17. Coordenadas Locales de una Viga.....	39
Figura 3.18. Aplicación de la reducción de inercia en vigas.....	40
Figura 3.19. Coordenadas Locales de un muro	40
Figura 3.20. Aplicación de la reducción de inercia en muros	41
Figura 3.21. Nomenclatura utilizada en el análisis de Edificios Típicos	42
Figura 3.22. Influencia del agrietamiento en el Periodo Fundamental del Edificio de 7 Pisos - Dirección X	43
Figura 3.23. Influencia del agrietamiento en el Periodo Fundamental del Edificio de 7 Pisos – Dirección Y	44
Figura 3.24. Influencia del agrietamiento en la cortante basal del Edificio de 7 Pisos - Dirección X	45
Figura 3.25. Influencia del agrietamiento en la cortante basal del Edificio de 7 Pisos - Dirección Y	46
Figura 3.26. Influencia del agrietamiento en la Deriva máxima del Edificio de 7 Pisos - Dirección X	47
Figura 3.27. Influencia del agrietamiento en la Deriva máxima del Edificio de 7 Pisos - Dirección Y	48
Figura 3.28. Viga más esforzada.....	49
Figura 3.29. Columna más esforzada	49
Figura 3.30. Ubicación de Momento Máximos en Muros	50
Figura 3.31. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en vigas del Edificio de 7 Pisos.....	51
Figura 3.32. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en columnas del Edificio de 7 Pisos.....	52

Figura 3.33. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en Muros del Edificio de 7 Pisos.....	53
Figura 3.34. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Vigas del Edificio de 7 Pisos	54
Figura 3.35. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Columnas del Edificio de 7 Pisos.....	55
Figura 3.36. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Muros del Edificio de 7 Pisos	56
Figura 4.1. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Periodo de vibración.....	61
Figura 4.2. Curva de tendencia para el periodo de vibración.....	61
Figura 4.3. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Basal.....	62
Figura 4.4. Curva de tendencia para la cortante basal.....	62
Figura 4.5. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la deriva máxima.	63
Figura 4.6. Curva de tendencia para la deriva máxima.	64
Figura 4.7. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Vigas.	65
Figura 4.8. Curva de tendencia para el momento máximo en vigas	65
Figura 4.9. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Columnas	66
Figura 4.10. Curva de tendencia el Momento Máximo de Columnas.....	66
Figura 4.11. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Muros.	67
Figura 4.12. Curva de tendencia para el Momento Máximo de Muros.	68
Figura 4.13. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Máxima de Vigas.....	69
Figura 4.14. Curva de tendencia para la Cortante Máxima de Vigas.....	69
Figura 4.17. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Máxima de muros	71
Figura 4.18. Curva de tendencia para la Cortante Máxima de muros.....	72
Figura A1.1. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración de un edificio de 5 pisos.....	78
Figura A1.2. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal de un edificio de 5 pisos.	78
Figura A1.3. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima de un edificio de 5 pisos.	79
Figura A1.4. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas de un edificio de 5 pisos.....	79
Figura A1.5. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas de un edificio de 5 pisos.....	79
Figura A1.6. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros de un edificio de 5 pisos.....	80
Figura A1.7. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas de un edificio de 5 pisos.....	80
Figura A1.8. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas de un edificio de 5 pisos.....	80
Figura A1.9. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros de un edificio de 5 pisos.....	80

Figura A1.10. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración del edificio de 6 pisos.....	81
Figura A1.11. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal del edificio de 6 pisos.	81
Figura A1.12. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima del edificio de 6 pisos.	82
Figura A1.13. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas del edificio de 6 pisos.....	82
Figura A1.14. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas de un edificio de 6 pisos.....	82
Figura A1.15. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros del edificio de 6 pisos.....	83
Figura A1.16. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas de un edificio de 6 pisos.....	83
Figura A1.17. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas de un edificio de 6 pisos.....	83
Figura A1.18. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros de un edificio de 6 pisos.....	83
Figura A1.19. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración del edificio de 7 pisos.....	84
Figura A1.20. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal del edificio de 7 pisos.	84
Figura A1.21. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima del edificio de 7 pisos.	85
Figura A1.22. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas del edificio de 7 pisos.....	85
Figura A1.23. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas del edificio de 7 pisos.....	85
Figura A1.24. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros del edificio de 7 pisos.....	86
Figura A1.25. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas del edificio de 7 pisos.....	86
Figura A1.26. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas del edificio de 7 pisos.....	86
Figura A1.27. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros del edificio de 7 pisos.....	86

RESUMEN

Al realizar el análisis sísmico de una estructura de manera convencional considerando las secciones de sus elementos totalmente rígidas se está incurriendo en un grave error, no acorde con la realidad. Esto debido a que el agrietamiento siempre estará presente en el comportamiento de una estructura, ya sea bajo cargas de sismo e incluso solo bajo cargas de gravedad, el cual producirá pérdida de rigidez en los elementos estructurales. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el comportamiento de edificios de 5, 6 y 7 pisos de concreto armado con sistema dual frente a la ocurrencia de un evento sísmico, considerando el agrietamiento en las secciones de los elementos estructurales que los conforman. Para estos edificios se eligió su ubicación referencial, de acuerdo al Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Cajamarca, en el Jr. Barrantes Lingán – Barrio Mollepampa – Zona residencial (R-5). El efecto agrietamiento fue incluido en el análisis sísmico, con el programa ETABS, considerando reducciones de los momentos de inercia de las secciones no agrietada. Para lo cual se utilizó factores que se encontraron dentro de un rango de valores que iba desde la inercia completa (factor de reducción de inercia=1) hasta una inercia reducida mínima (factor de reducción de inercia =0.1). Se consideró la reducción de momentos de inercia en vigas, columnas y muros estructurales, llegándose a analizar un total de 40 casos de agrietamiento para cada tipo de edificio. Como parámetros de observación de la influencia del agrietamiento se analizó: el Periodo Fundamental de Vibración, la Cortante Basal, la Deriva Máxima de Entrepiso y la distribución de fuerzas internas (Momentos y Cortantes máximos). Los resultados analíticos mostraron que para la reducción de momentos de inercia considerada en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) el periodo fundamental de vibración se incrementó en un 30%, la cortante basal se redujo en un 5% y la deriva máxima de entrepiso se incrementó en un 60%. Además, en vigas el momento y la cortante se incrementaron el 20% y 30% respectivamente; en columnas el momento y la cortante se incrementaron ambos en un 20% y en muros el momento se redujo en un 10% y la cortante se incrementó en un 10%, todos estos resultados fueron obtenidos en función al modelo determinístico base de secciones no agrietada e inercia bruta.

Palabras clave: Sistema dual, factores de Inercia, periodo, cortante basal, deriva.

ABSTRACT

When carrying out the seismic analysis of a structure in a conventional manner, considering the sections of its elements that are totally rigid, a serious error is being made, not in accordance with reality. This is because the cracking will always be present in the behavior of a structure, either under earthquake loads and even only under gravity loads, which will produce loss of rigidity in the structural elements. The objective of this work was to determine the behavior of buildings of 5, 6 and 7 floors of reinforced concrete with dual system against the occurrence of a seismic event, considering the cracking in the sections of the structural elements that make them up. For these buildings, their reference location was chosen, according to the Urban Development Plan of the city of Cajamarca, in Jr. Barrantes Lingán - Barrio Mollepampa - Residential area (R-5). The cracking effect was included in the seismic analysis, with the ETABS program, considering reductions in the moments of inertia of the non-cracked sections. For which we used factors that were found within a range of values ranging from complete inertia (inertial reduction factor = 1) to a minimum reduced inertia (inertial reduction factor = 0.1). It was considered the reduction of moments of inertia in beams, columns and structural walls, reaching to analyze a total of 40 cases of cracking for each type of building. As parameters of observation of the influence of cracking, the following were analyzed: The Fundamental Vibration Period, the Basal Cutter, the Maximum Subfloor Drift and the distribution of internal forces (Maximum Moments and Cutters). The analytical results showed that for the reduction of moments of inertia considered in the Peruvian Standard of Armed Concrete E.060 (factor of reduction of inertia in beams = 0.35, factor of reduction of inertia in walls = 0.35 and factor of reduction of inertia in columns = 0.7) the fundamental period of vibration was increased by 30%, the basal shear was reduced by 5% and the maximum drift of mezzanine was increased by 60%. In addition, in beams the moment and the shear increased 20% and 30% respectively; in columns the moment and the shear both increased by 20% and in walls the moment was reduced by 10% and the shear was increased by 10%, all these results were obtained according to the deterministic model base of sections not cracked and gross inertia. Key words: Dual system, inertia factors, period, basal shear, drift.

Key words: Dual system, inertia factors, period, basal shear, drift.

CAPITULO 1.

INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del Problema

Una estructura rígida presenta un mejor comportamiento frente a sollicitaciones sísmicas contrario a lo que sucede con una estructura flexible, es por ello que al realizar el análisis sísmico de una estructura de manera convencional considerando las secciones de sus elementos totalmente rígidas se estaría incurriendo en un grave error, no acorde con la realidad. Esto debido a que el agrietamiento siempre estará presente en el comportamiento de una estructura, ya sea bajo cargas de sismo e incluso solo bajo cargas de gravedad, el cual producirá pérdida de rigidez en los elementos estructurales.

Por otro lado, muchas normas a lo largo de todo el mundo no especifican la rigidez efectiva que se debe considerar en los elementos de concreto armado al momento de realizar el análisis sísmico de una estructura, es por ello que se considera muchas veces la sección no agrietada de los elementos para el cálculo de la rigidez de la estructura.

Priestley (2003). Indica que la rigidez no agrietada nunca será totalmente recuperada durante, o después de la respuesta sísmica, y así no es una estimación útil de la rigidez efectiva. También indica que usando un análisis modal con rigideces de secciones no agrietadas para los diferentes elementos es imposible obtener fuerzas sísmicas precisas, incluso dentro del rango elástico de respuesta. Los periodos elásticos calculados probablemente están errados, y más aún, la distribución de fuerzas a través de la estructura, la cual depende de la rigidez relativa de los elementos, puede estar excesivamente equivocada.

En el caso del Perú la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 tampoco especifica si el modelo sísmico debe incorporar o no el agrietamiento en los elementos estructurales, es por ello que generalmente se realiza el análisis sísmico considerando las secciones de los elementos con su rigidez completa.

1.2. Formulación del Problema

El problema de la presente investigación se sintetiza en la siguiente interrogante:

¿Cuál es la influencia del Agrietamiento en la respuesta sísmica de Edificios de Concreto Armado con Sistema Dual?

1.3. Justificación de la Investigación

La siguiente investigación se justifica debido a que existen muchas normas o códigos de diversos países, entre ellas la norma peruana, que no especifican la rigidez efectiva que se debe considerar en los elementos de concreto armado para el análisis sísmico.

Además, la ciudad de Cajamarca al ubicarse en la zona sísmica 3, según la nueva norma de diseño sismorresistente peruana E.030, sigue encontrándose en una zona de alta sismicidad, por lo que se debería realizar un análisis sísmico en lo posible más cercano a la realidad.

1.4. Alcances o Delimitación de la Investigación

La presente investigación pretende mostrar la forma en que los edificios de 5,6 y 7 pisos de concreto Armado con sistema Dual con planta típica estructural para la ciudad de Cajamarca se comportarían frente a la ocurrencia de un evento sísmico, considerando para ello el Agrietamiento en las secciones de los elementos estructurales que los conforman.

El efecto agrietamiento será incluido en el análisis sísmico considerando reducciones de los momentos de inercia de las secciones sin agrietamiento. Para lo cual se utilizará factores que se encontraran dentro de un rango de valores que va desde la inercia completa (factor de reducción de inercia=1) hasta una inercia reducida mínima (factor de reducción de inercia=0.1), es decir se utilizarán factores que estarán dentro del intervalo [1; 0.1] los cuales serán incluidos en las

propiedades de sección dentro del programa ETABS al momento de realizar el modelamiento sísmico.

Como parámetros de observación de la influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica se analizó: El periodo fundamental de vibración, La cortante Basal, La deriva máxima de entrepiso y la distribución de fuerzas internas (Momentos y cortantes máximos).

Además, es necesario indicar que en la presente investigación no se consideró la interacción suelo-estructura para la evaluación de la influencia del agrietamiento, ya que se estaría incurriendo en otro tipo de análisis.

1.5. Hipótesis General

El agrietamiento en los elementos estructurales influye negativamente en la respuesta sísmica de edificios de concreto armado con sistema Dual.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

- ✘ Determinar la influencia del Agrietamiento en la respuesta sísmica de los edificios de concreto armado con sistema Dual.

1.6.2. Objetivos Específicos

- ✘ Determinar La influencia del Agrietamiento en los Periodos Fundamentales de Vibración.
- ✘ Determinar La influencia del Agrietamiento en las Cortantes Basales.
- ✘ Determinar La influencia del Agrietamiento en las Derivas Máximas de Entrepiso.
- ✘ Determinar La influencia del Agrietamiento en la distribución de fuerzas internas (Momentos y Cortantes Máximos).

CAPITULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

En la actualidad el análisis y diseño sismorresistente de las estructuras es un requisito indispensable en diversas partes del planeta, especialmente en aquellos países que se encuentran en zonas de alta sismicidad como Perú, Chile, México, Japón, etc. Por lo cual cada país cuenta con su norma o código de diseño sismorresistente en donde se establecen los diferentes parámetros de evaluación, pero muchos de estos códigos no especifican la rigidez efectiva que se debe considerar en los elementos de concreto armado para el análisis sísmico; es por ello que en los últimos años se han venido realizando diversos trabajos de investigación que ayuden a demostrar la importancia de considerar el agrietamiento en los elementos de concreto armado al momento de realizar el análisis sísmico y posteriormente se pueda incluir en las normativas de cada País, Algunos de Estos trabajos se mencionan a continuación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En Chile, Constanza López y Juan Music, en el año 2015, realizaron un trabajo sobre el análisis del periodo y desplazamiento de edificios de hormigón armado considerando diferentes grados de rigidez en sus elementos resistentes. En dicho trabajo se estudió principalmente la relación entre los periodos de mayor masa traslacional en condiciones denominadas agrietadas y no agrietadas, para edificios altos de hormigón armado (mayor a 10 pisos) ubicados en la ciudad de Antofagasta, Chile. La metodología consistió en determinar los periodos de los modos con mayor masa traslacional y los desplazamientos a nivel de techo mediante un análisis sísmico según NCh433 Of.96.2009/DS.61 considerando las secciones brutas de los elementos (condición llamada no agrietada). Posteriormente se modificó la rigidez a flexión de los muros estructurales mediante factores de reducción del momento de inercia de las secciones brutas para considerar el agrietamiento (condición llamada agrietada). Dichos factores de reducción fueron elegidos de los recomendados por la comunidad científica. (López C. y Music J; 2015). Llegando a

la conclusión de que lo señalado por el Decreto 61 de la norma chilena está por el lado de la seguridad, ya que la relación entre los períodos agrietados y no agrietados de los edificios estudiados, en general, es inferior a 1.5. De igual manera, los desplazamientos de techo resultan ser menores a los determinados con la expresión dada por el Decreto 61.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En Perú, Eddison Marcial Uchuypoma Silva, en el año 2013, realizó un trabajo sobre la influencia de la rigidez efectiva en el análisis y diseño sismorresistente de un edificio de concreto armado de 12 pisos – sistema dual. El objetivo de este trabajo fue demostrar la necesidad de considerar una metodología para incluir el agrietamiento de los elementos de concreto armado y como esto influyen en el análisis y diseño aplicado a una edificación de sistema dual tipo I de 12 pisos, la misma que se analizó y diseñó de forma tradicional con la norma E.030 del año 2006 y posteriormente se aplicaron los factores de reducción de inercia propuestos por los códigos de Nueva Zelanda (NZS 3101,1995), ACI 318-11(2011), FEMA356(ASCE, 2000), y los estudios realizados por Paulay y Priestley (1992), Priestley(2003). Los resultados que se obtuvieron muestran que con la reducción de la inercia, la deriva y el periodo aumentan significativamente y las fuerzas internas se reducen.

Además, en el Perú se ha realizado otros trabajos similares los cuales se mencionan a continuación:

Claudia Rebeca Luk Malca y Lizbeth Mayleng Luque Curilla, en el año 2011, realizaron un trabajo sobre la influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios Aporticados peruanos. En este trabajo se presentó el estudio de la influencia del agrietamiento en los edificios aporticado de la ciudad de Lima, considerando la antigua norma E.030 de diseño sismorresistente. Llegando a la conclusión de que para la reducción de inercias considerada en la Norma Peruana de Concreto E.060 (f vigas = 0.35 y f columnas = 0.7) el periodo y la deriva se incrementaron por un factor de 1.5 y la fuerza cortante basal se redujo por un factor de 0.7.

Odilio Niler Dávila Pablo y Andrés Pérez Malpartida, en el año 2013, realizaron un trabajo sobre la influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios peruanos con muros de concreto armado. En este trabajo se presentó el estudio de la influencia del agrietamiento en los edificios con muros de concreto armado de 8, 10, 12 y 14 pisos, sabiendo que son sistemas que se utilizan con más frecuencia para la construcción de edificios en la ciudad de Lima. Llegando a la conclusión de que para la reducción de inercia considerada en la norma peruana de concreto E.060 ($f_{Muros}=0.35$) el periodo se incrementó hasta un valor máximo de 1.9 y la deriva se incrementó hasta un valor máximo de 1.98 mientras que la fuerza cortante se redujo hasta un valor mínimo de 0.7.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Respuesta Sísmica Estructural.

La respuesta sísmica de una estructura depende, en gran parte, de las características del espectro de diseño y de la regularidad de la estructura. Esta respuesta se puede medir y controlar mediante parámetros, lo cuales se mencionan a continuación:

2.2.1.1. Periodo Fundamental de vibración.

La Vibración Estructural es un movimiento repetitivo oscilatorio en forma de un Péndulo Invertido. El Período de vibración es el tiempo que tarda la estructura en realizar una oscilación o movimiento y la Frecuencia es la Cantidad de oscilaciones o movimientos que ocurren en una unidad de tiempo.

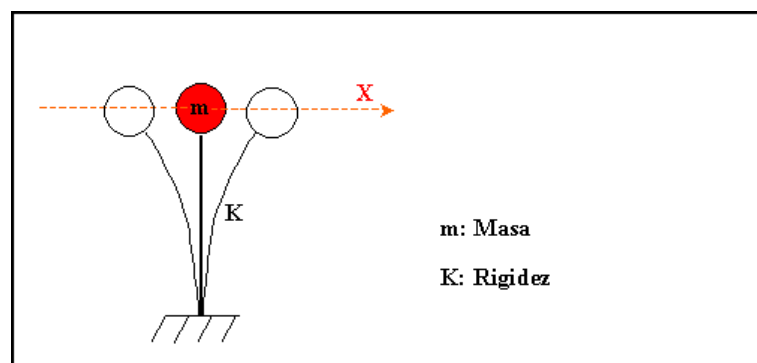


Figura 2.1. Vibración Libre en forma de péndulo invertido

El "Período Fundamental" es aquel de mayor duración por lo que introduce mayor daño a la estructura ya que origina los mayores desplazamientos.

En un diseño sísmico estructural por Análisis Estático el período fundamental es hallado a través de ciertas formulas, y por lo general representa el Primer modo de Vibración en los análisis dinámicos. En un diseño sísmico por análisis dinámico el periodo fundamental es determinado a partir de los modos de vibración, es decir el modo que involucra mayor masa participativa.

2.2.1.2. Cortante Basal.

La cortante en la base del edificio es la suma de todos los cortantes horizontales generadas en cada piso del edificio, correspondiente a la dirección considerada.

Su cálculo se realiza sometiendo a la estructura a un sismo de diseño, el cual está definido por un espectro de diseño, el cual depende de factores o parámetros sísmicos, los cuales se mencionan a continuación:

- Factor de zona (Z)
- Factor de Uso (U)
- Factor de Suelo (S)
- Parámetros de sitio (T_P y T_L)
- Factor de amplificación sísmica (C)
- Coeficiente de Reducción de fuerza sísmica (R)
- Peso sísmico de la estructura (P)

Utilizando los parámetros antes mencionados, la cortante basal se calcula con la siguiente ecuación:

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

Figura 2.2. Ecuación para obtener la Cortante Basal.

2.2.1.3. Deriva Máxima de Entrepiso.

Es el desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al piso consecutivo debido a la acción de una fuerza horizontal mismo que es medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no debe exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{et})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Tabla 2.1. Límites para la distorsión de entrepiso-Norma E.030

2.2.1.4. Fuerzas internas (Momentos y Cortantes).

Cuando un elemento estructural (Vigas, columnas, Muros, etc.) es sometido a un sistema de cargas exteriores (Cargas aplicadas sísmicas o de servicio), se desarrolla en el elemento estructural un sistema de fuerzas resistentes interiores que equilibran a las fuerzas exteriores.

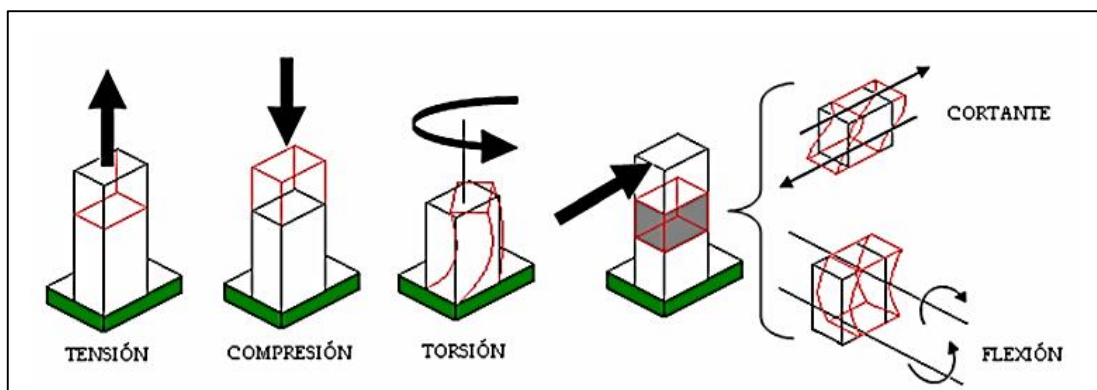


Figura 2.3. Fuerzas externas e internas en una columna

2.2.2. Agrietamiento de los elementos de concreto armado

El concreto presenta baja resistencia a la tracción, por ésta causa es muy frecuente el agrietamiento en elementos como vigas o losas, ocasionados por cargas externas o por las deformaciones impuestas por los cambios volumétricos (retracción, cambios de temperatura). (Ottazzi Pasino, 2009).

La importancia del agrietamiento en las estructuras de concreto armado puede clasificarse de acuerdo a las siguientes cuatro categorías:

- a) Grietas que afectan la integridad estructural de los elementos.
- b) Grietas que pueden conducir, en el tiempo, a problemas de durabilidad de la estructura.
- c) Grietas que pueden conducir a un mal comportamiento de la estructura bajo cargas de servicio. Por ejemplo, filtraciones en estructuras que retienen líquidos, daños en los acabados, pérdida de aislamiento acústico, etc.
- d) Grietas que estéticamente son inaceptables.

2.2.2.1. Tipos de Agrietamiento.

Los Principales tipos de agrietamiento que pueden producirse en el concreto son los siguiente: (Ottazzi Pasino, 2009).

a) Grietas por esfuerzos de tracción directa.

Bajo esta sollicitación los elementos se agrietan a través de toda su sección, con un espaciamiento entre grietas comprendido entre 0.75 a 2 veces la menor dimensión de la sección transversal. En el caso de elementos de sección gruesa con refuerzo solamente en las caras, se desarrollan pequeñas fisuras en la superficie que alcanzan el refuerzo. Algunas de estas fisuras se unen en el centro del elemento (fisuras B), como resultado las fisuras que se unen tienen un mayor ancho que las superficiales.

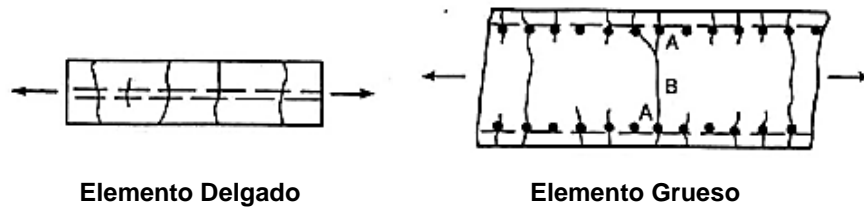


Figura 2.4. Grietas por esfuerzo de Tracción Diagonal

b) Grietas por esfuerzos de tracción por flexión.

Los elementos que soportan momentos flectores desarrollan grietas en la zona de tracción. Algunas de estas fisuras verticales progresan casi hasta el eje neutro de la sección. En vigas de mucho peralte (peralte mayor que 1 m aproximadamente), las fisuras al nivel del refuerzo principal de flexión suelen tener poco espaciamiento.

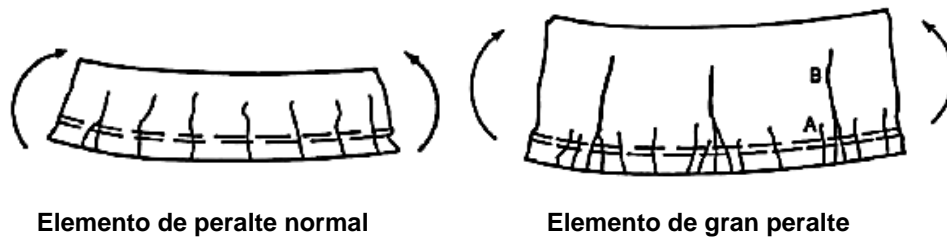


Figura 2.5. Grietas por esfuerzos de Tracción por Flexión

c) Grietas de flexión - cortante y de cortante en el alma.

Se les reconoce por ser inclinadas, muchas de ellas se inician por flexión y luego se inclinan hasta alcanzar, en algunos casos, la zona comprimida de la viga. Las fisuras por cortante en el alma se suelen producir en vigas con patines generosos en tracción y compresión y con almas relativamente delgadas.

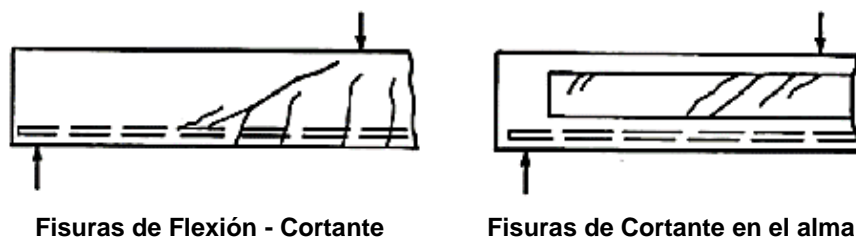


Figura 2.6. Grietas de Flexión – Cortante y de cortante en el alma

d) Grietas de torsión.

Las fisuras originadas por la torsión pura tienden a formar una espiral alrededor del elemento. Si en el elemento, como suele ocurrir en la mayoría de los casos, además de la torsión existe flexión y cortante, las fisuras tienden a ser pronunciadas en la cara donde se suman los esfuerzos cortantes producidos por la torsión y el cortante y menos pronunciadas o ausentes, en la cara opuesta donde los cortantes se contrarrestan.

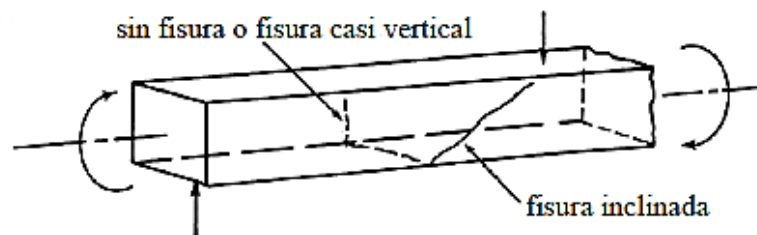


Figura 2.7. Grietas de Torsión

e) Grietas de adherencia entre el concreto y el acero.

Se suelen formar a lo largo del acero de refuerzo como producto de recubrimientos insuficientes o de esfuerzos de adherencia elevados. La grieta es paralela al refuerzo.

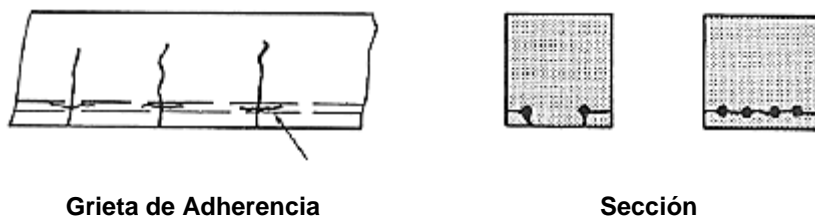
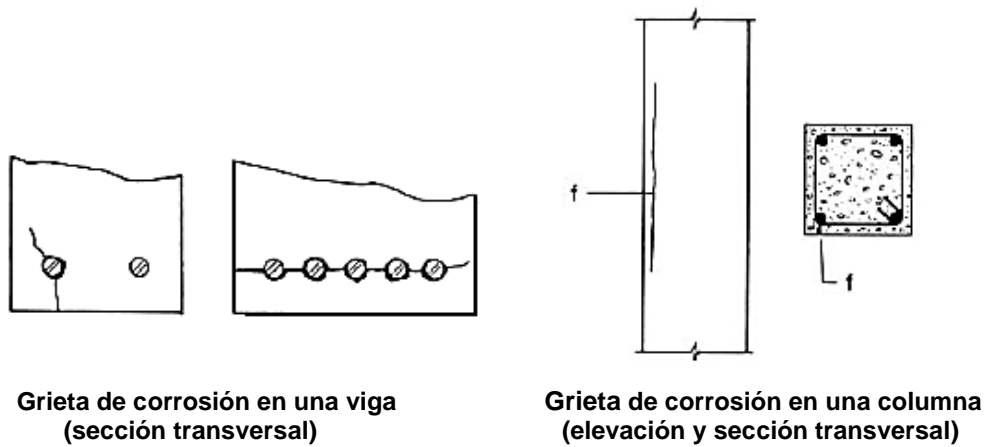


Figura 2.8. Grietas de Adherencia

f) Grietas por corrosión en el acero.

El óxido ocupa varias veces el volumen del metal a partir del cual se formó, en consecuencia, las barras corroídas generan presiones radiales que empujan el concreto que las circunda, este empuje puede conducir a la pérdida del recubrimiento. Las grietas por corrosión suelen ser paralelas al refuerzo y

similares a las grietas de adherencia. Normalmente, cuando el estado de corrosión es avanzado, las fisuras vienen acompañadas de manchas en la superficie del concreto que las hacen fácilmente identificables.



Grieta de corrosión en una viga (sección transversal)

Grieta de corrosión en una columna (elevación y sección transversal)

Figura 2.9. Grietas por corrosión en el acero

g) Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco.

Se producen por el asentamiento plástico que experimenta el concreto fresco cuando se produce la exudación. Cuando las barras de refuerzo no pueden desplazarse verticalmente, el asentamiento plástico del concreto se encuentra restringido y en consecuencia se forman grietas paralelas al refuerzo, generalmente de poca profundidad. Este tipo de agrietamiento también se produce en la parte superior de las columnas, se manifiesta como grietas horizontales que son producidas por el asentamiento plástico restringido por los estribos de la columna. Una correcta dosificación del concreto y recubrimientos adecuados eliminan este tipo de agrietamiento.

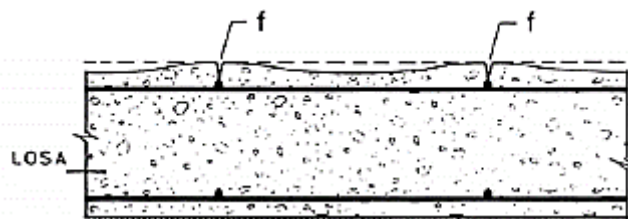


Figura 2.10. Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco.

h) Grietas por calor de hidratación.

Se forman por el enfriamiento a la temperatura del medio ambiente del concreto que se ha expandido por el calor de hidratación generado durante el fraguado. Para que suceda este tipo de agrietamiento, el elemento debe de estar restringido por otros durante su enfriamiento. Un ejemplo es el agrietamiento que se produce en los muros largos (sin juntas) de contención como el mostrado en la figura. El concreto del muro ha sido colocado luego de que la zapata corrida ha endurecido, en consecuencia, ésta restringe la contracción del muro a medida que este se enfría.

Este tipo de agrietamiento puede eliminarse si se controla el aumento de temperatura generado por el calor de hidratación o la velocidad de enfriamiento o ambos. También colocando juntas o vaciando el muro en segmentos cortos o aumentando significativamente la armadura horizontal de retracción.

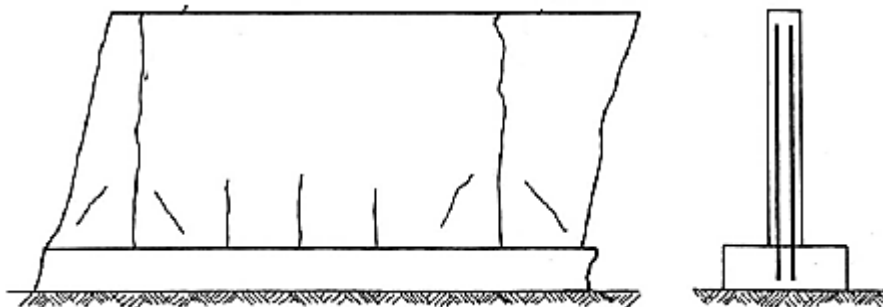


Figura 2.11. Grietas de un muro por contracción térmica inicial

i) Grietas por retracción plástica del concreto.

Se presentan en losas, son de poca profundidad y erráticas. Aparecen pocas horas luego de colocado el concreto y normalmente se deben a una evaporación muy rápida del agua en la superficie del concreto. Se forman con facilidad en zonas de alta temperatura, baja humedad relativa y en días con viento sumado a un curado inadecuado.

Estas fisuras se pueden evitar mediante el empleo un diseño de mezcla adecuado, evitando la evaporación rápida del agua de la superficie durante las primeras horas luego de colocado el concreto y un curado minucioso.

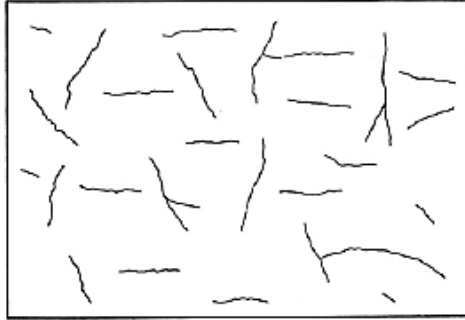


Figura 2.12. Grieta por retracción plástica en una losa

j) Grietas en mapa en muros y losas.

Las grietas se caracterizan por ser de ancho pequeño a medio (0.05 a 0.2 mm) poca profundidad y distribución errática. Aparecen durante la primera semana de edad del concreto. Se deben normalmente a un contenido excesivo de cemento, un curado deficiente, encofrados excesivamente impermeables o a un exceso de llaneado (acabado) en la superficie. En muchas ocasiones se originan por la mala costumbre de los constructores de espolvorear cemento en la superficie. La reacción álcalis - agregado también puede ser responsable de este tipo de agrietamiento.

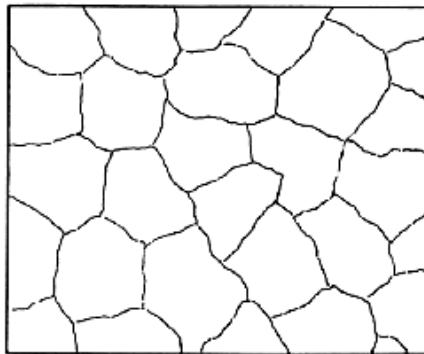


Figura 2.13. Grietas en "mapa" en un muro o losa

k) Grietas por deformaciones impuestas.

Dentro de esta categoría se encuentra el agrietamiento originado por las siguientes causas:

- ✓ Asentamiento de apoyos.
- ✓ Retracción del concreto.
- ✓ Cambios de temperatura.

Si cualquiera de los efectos anteriores ocurre en una estructura que restringe la deformación libre del elemento, se producirá agrietamiento.

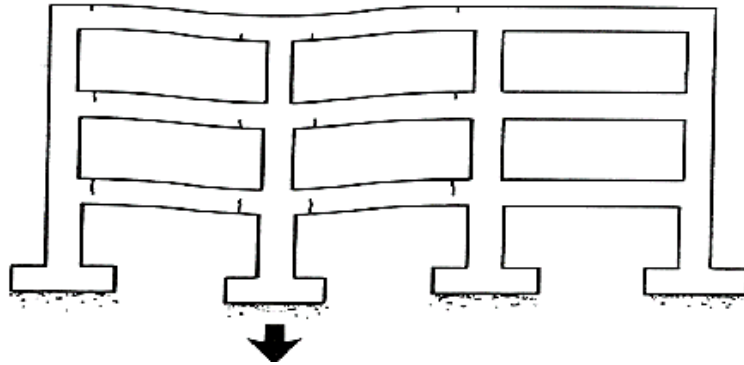


Figura 2.14. Grietas en vigas por asentamiento de una columna interior de un pórtico

Las grietas típicas de retracción en vigas son como se muestra en la figura a continuación. Suelen presentarse cerca del centro y cerca a los tercios de la luz del elemento. Las grietas son casi verticales y a todo lo alto del elemento.

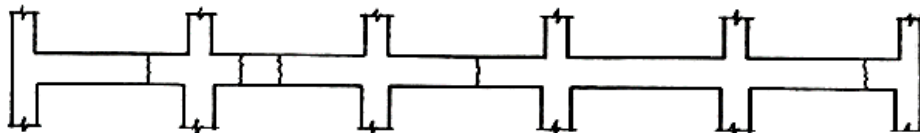


Figura 2.15. Grietas por retracción en una viga

2.2.3. El Agrietamiento y las normas de diseño sismorresistente.

2.2.3.1. Norma Peruana de Concreto Armado E.060 y ACI -318

Tanto la Norma Peruana E.060 (Ítem 10.11.1) como el documento del ACI-318 (Ítem 10.11.1) establecen factores de reducción del momento de inercia de la sección no agrietada los cuales pueden ser usados cuando se está haciendo un análisis de segundo orden (momentos magnificados), pero también pueden ser

usados como una aproximación razonable (dependiendo del nivel de carga) para hacer un análisis general elástico de primer orden para evaluar los desplazamientos laterales relativos del entrepiso. Así los factores especificados son:

Miembros y Condición		Momento de Inercia	Area de Sección Transversal
Columnas		0.7 I _g	A _g
Muros	No Agrietados	0.7 I _g	
	Agrietados	0.35 I _g	
Vigas		0.35 I _g	
Placas planas y Losas planas		0.25 I _g	

Tabla 2.2. Momentos de Inercia Efectivos propuestos por la Norma Peruana E.060.

2.2.3.2. Norma Chilena Oficial NCh 433

En el capítulo 8.6 de la Norma Chilena NCh 430-08 R.8.6.1 como consideración general de análisis se indica que para una estructura que no tenga problemas de P-delta (efectos de segundo orden) puede utilizarse la sección de hormigón sin agrietar, I_g, para la obtención de esfuerzos y deformaciones sísmicas.

2.2.3.3. Norma Técnica para el diseño de elementos de Concreto (México)

En el capítulo 1 (Ítem 1.4.1) de la Norma Mexicana indica que como consideración general para un análisis elástico es necesario tomar en cuenta el agrietamiento para los elementos estructurales, dando una reducción a 0.5 I_g para vigas y muros agrietados.

2.2.3.4. Factores de reducción Paulay y Priestley

Los factores dados en Paulay y Priestley (Paulay & Priestley, 1992) da rangos de valores para vigas rectangulares, formas T y L, y para columnas dependiendo de la carga axial en compresión y/o tensión.

Elemento	Rango de l_e	l_e Recomendado
Vigas Rectangulares	0.30-0.50 l_g	0.40 l_g
Vigas T y L	0.25-0.45 l_g	0.35 l_g
Columnas		
P > 0.5 $f'_c A_g$	0.70-0.90 l_g	0.80 l_g
P > 0.2 $f'_c A_g$	0.50-0.70 l_g	0.60 l_g
P > -0.05 $f'_c A_g$	0.30-0.50 l_g	0.40 l_g

Tabla 2.3. Rigidez Efectiva de elementos Paulay y Priestley (1992)

2.2.3.5. Federal Emergency Management Agency FEMA 356.

Establece que las componentes de la estructura deben ser modeladas con rigidez elástica lineal, correspondiente al valor secante para el nivel de fluencia. Los factores de reducción de rigidez son mostrados en la siguiente tabla:

Elementos	Rigidez a Flexión	Rigidez al Corte	Rigidez Axial
Vigas-no pretensadas	0.5 $E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	-
Vigas-pretensadas	$E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	-
Columnas a compresión con cargas de diseño < 0.5 $A_g f'_c$	0.7 $E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	$E_c.A_g$
Columnas a compresión con cargas diseño < 0.3 $A_g f'_c$ o con tracción	0.5 $E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	$E_s.A_s$
Muros – no agrietados (con inspección)	0.8 $E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	$E_c.A_g$
Muros agrietados	0.5 $E_c.l_g$	0.4 $E_c.A_w$	$E_c.A_g$
Losas no pretensadas	-	0.4 $E_c.A_g$	-
Losas pretensadas	-	0.4 $E_c.A_g$	-

Tabla 2.4. Rigidez Efectiva propuesta por el FEMA (2000)

CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de la investigación.

3.1.1. Tipo.

El tipo de investigación tuvo un nivel descriptivo en una primera parte, luego explicativo y finalmente comparativo.

3.1.2. Diseño.

La investigación tuvo un diseño no experimental debido a que el efecto agrietamiento fue incluido únicamente considerando variaciones del porcentaje del momento de inercia de los elementos estructurales, dichas variaciones fueron incluidas con el programa ETABS, al momento de realizar el modelamiento sísmico.

3.2. Ubicación Geográfica de la Investigación.

La Investigación aquí expuesta fue realizada en la ciudad de Cajamarca - Provincia de Cajamarca - Departamento Cajamarca - Región Cajamarca - Perú.

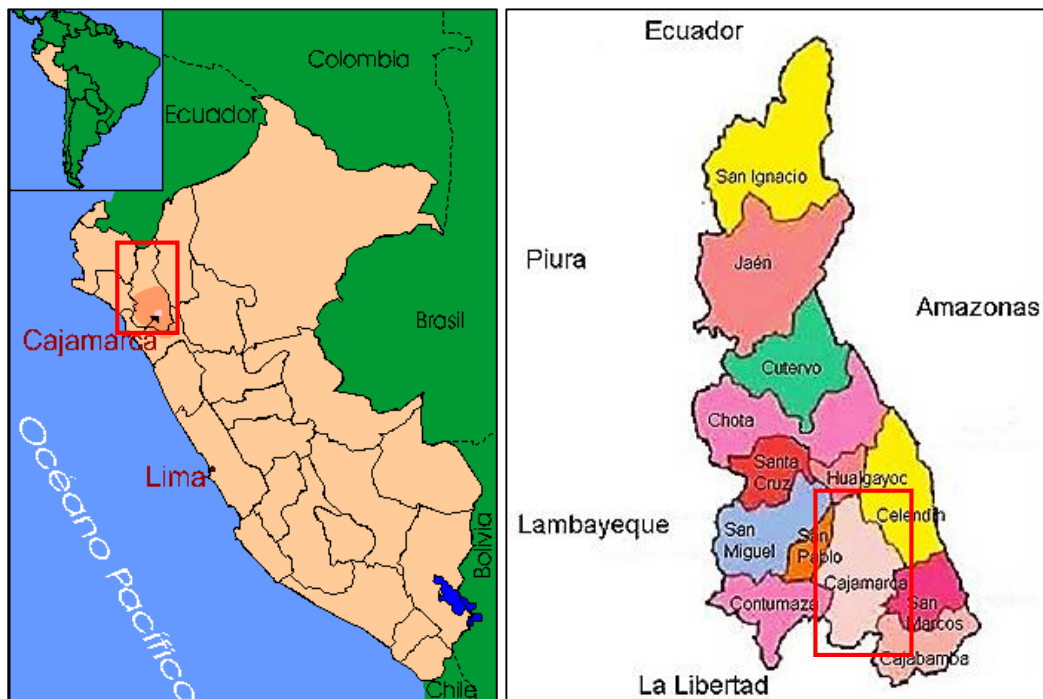


Figura 3.1. Ubicación de Cajamarca con respecto al Perú y con respecto al departamento

Para la siguiente investigación, como se mencionó en el ítem 1.5, se realizó la proyección de una planta típica para los edificios de 5,6 y 7 pisos los cuales fueron objeto de estudio.

Además, se eligió una ubicación referencial en la Av. Héroes del Cenepa-Barrio Mollepampa. Esta zona, de acuerdo al plan de desarrollo urbano (PDU 2016-2026) de la ciudad de Cajamarca, pertenece a una zona residencial de alta densidad (R-5) como se puede observar en la siguiente imagen:

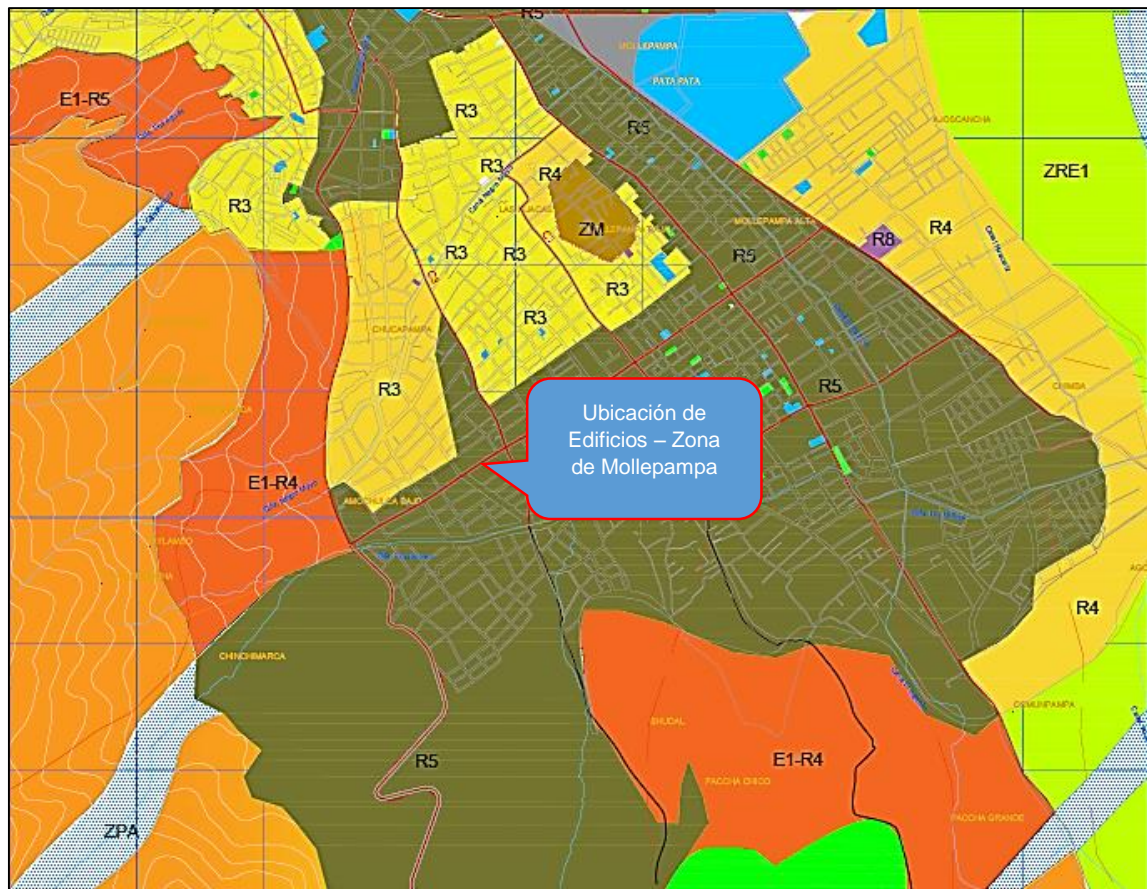


Figura 3.2. Ubicación de los edificios en zona residencial R-5.

Habiendo sido necesaria definir esta ubicación referencial para poder definir la altura de los edificios de 5, 6 y 7 pisos, para los cuales se consideró una altura constante de 3m de entrepiso, resultando alturas de 15, 18 y 21m respectivamente, cumpliendo con la altura máxima de 22.5m según las exigencias de la zona residencial (R-5), teniendo en cuenta el ancho de vía >15m y sin considerar retiros por tratarse de una habilitación urbana consolidada.

Además, la ubicación referencial se utilizó para definir el tipo de perfil de suelo, el cual depende de la capacidad portante del mismo, siendo en promedio de 1 kg/cm^2 para la zona de Mollepampa, lo que es equivalente a un perfil de suelo S3.



Figura 3.3. Ubicación referencial de los Edificios

Es necesario también mencionar que en la siguiente investigación se tuvo en cuenta todos los parámetros sísmicos para la ciudad de Cajamarca, que se encuentra ubicada en la zona sísmica 3 según el mapa presentado a continuación:

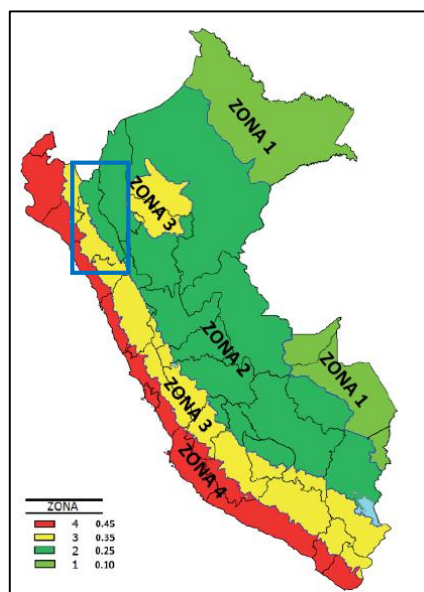


Figura 3.4. Ubicación de la ciudad de Cajamarca según el mapa de zonas sísmicas de la norma sismorresistente E.030

3.3. Descripción de Edificios Estudiados

ITEM	EDIFICIOS DE 5, 6 Y 7 PISOS
TIPO DE PROYECTO	Edificio Multifamiliar
AREA DE TERRENO	1575 m ²
UBICACIÓN	Mollepampa - Cajamarca
ZONA RESIDENCIAL	R-5
AREA TECHADA	764.22 m ²
ALTURA DE CADA PISO	3.00m
N° DE DEPARATAMENTOS	4 departamentos por nivel
CARACTERÍSTICAS DE CADA DEPARTAMENTO	01 Hall, 01 Sala Comedor, 01Cocina, 02 o 03 Baños, 03 Dormitorios y 01 Patio de Servicio
OTROS AMBIENTES	01 Estar, 01 Hall, 01 Cuarto de Basura, 01 Escalera y 02 Ascensores.

Tabla 3.1. Características de los Edificios

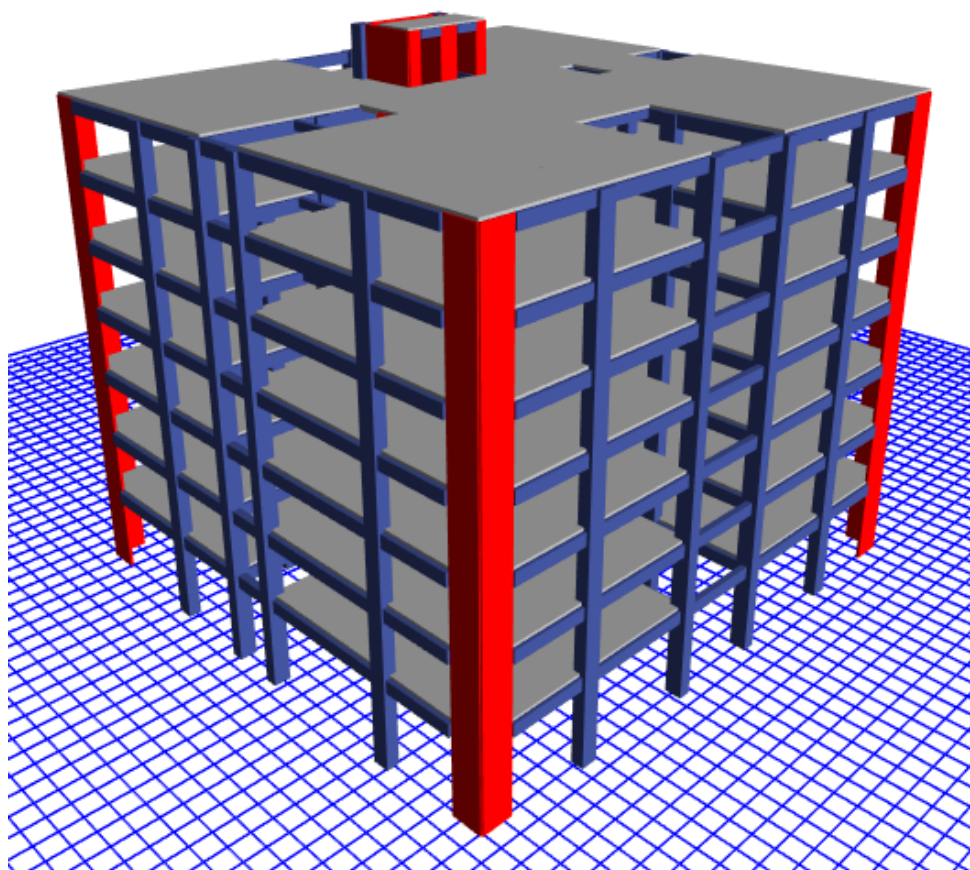


Figura 3.5. Vista 3D del Edificio de 7 pisos

3.4. Descripción de Planta Estructural Típica.

La planta típica estructural proyectada para los edificios de 5, 6 y 7 pisos, tienen una altura constante de entrepiso de 3.00m, intentando conservar la mayor simetría en planta y elevación.

El lado mayor (Eje X), presenta una longitud de 28.20m que contiene 2 luces de 5.50, 2 luces de 5.90m y una luz de 4.80m medidas entre ejes de columnas. El lado menor (Eje Y), presenta una longitud de 27.10m que contiene luces de 6.95, 4.50, 3.05, 6.50 y 5.50.

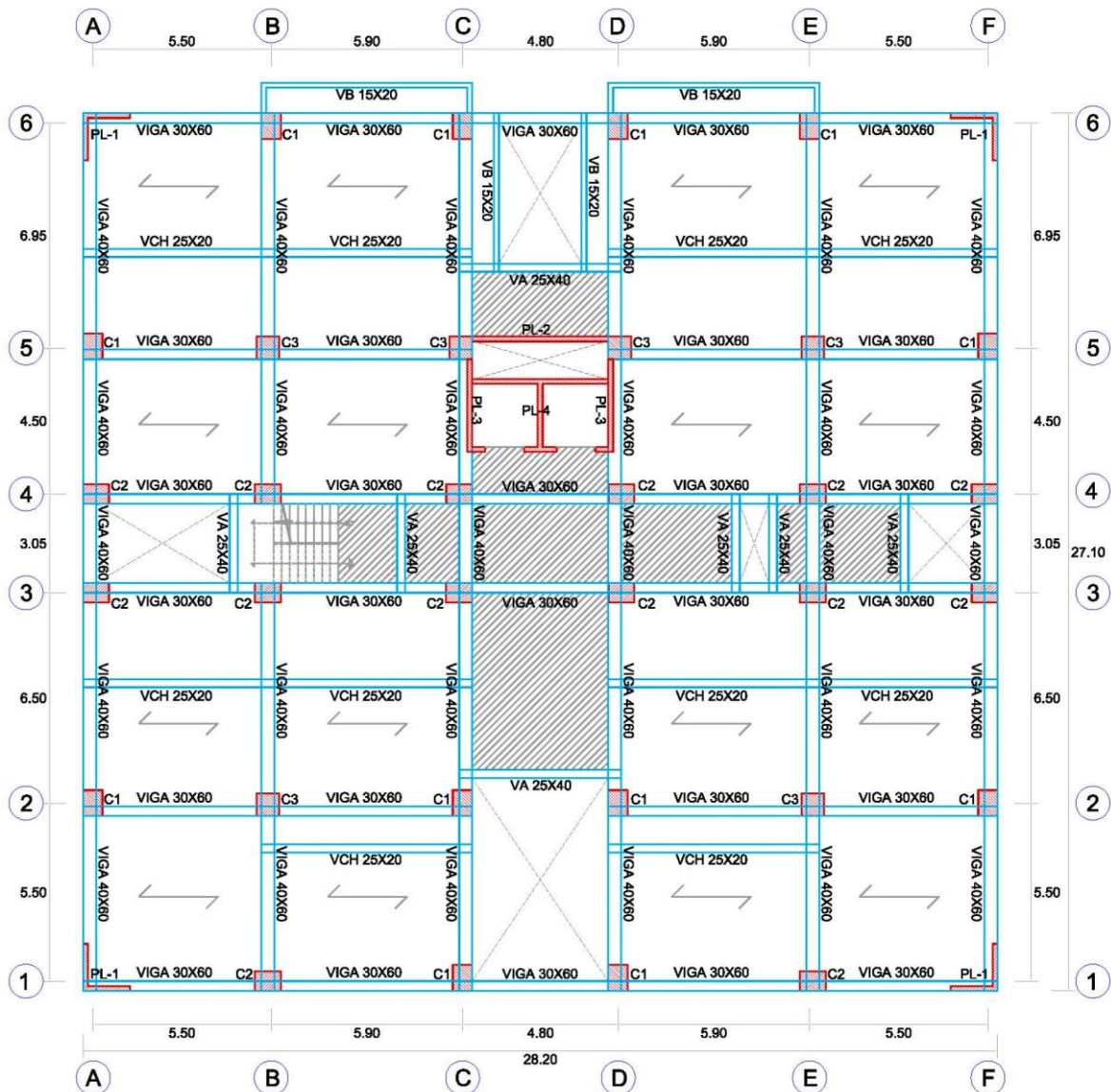


Figura 3.6. Planta Estructural Típica

Se consideraron 3 tipos de columnas, siendo las columnas laterales C1 de 60x80cm, las columnas C2 de 80x60cm y las columnas centrales C3 de 70x70cm, además se consideraron vigas en dirección X de 40x60cm, vigas en dirección Y de 30x60, Vigas de Amare de 25x40, vigas chatas de 25x20 y vigas de borde de 15x20cm.

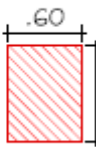
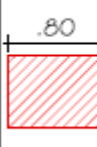
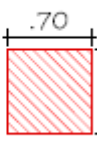
CUADRO DE COLUMNAS			
TIPO	C-1	C-2	C-3
DIMENSIÓN			
CANTIDAD	12	14	6

Figura 3.7. Secciones de Columnas






CUADRO DE VIGAS					
TIPO	VIGA 40X60	VIGA 30X60	VA 25X40	VCH 25X20	VB 15X20
DIMENSIÓN					

Figura 3.8. Secciones de Vigas

Los Muros de concreto armado (Placas) que se consideraron fueron de 2 tipos con un espesor de 15 cm, también se consideró losas aligeradas de 20cm y losas macizas de 15cm (en la parte central del edificio) y una losa maciza de 20cm (en el cuarto de máquinas).

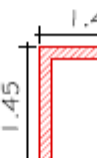
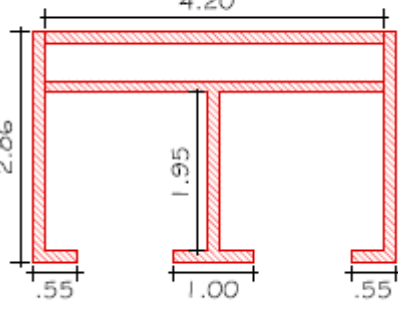
CUADRO DE MUROS DE C° A° - PLACAS		
TIPO	PL-1	PL-AS
DIMENSION		
CANTIDAD	4	1

Figura 3.9. Secciones de Placas PL-1 y PL-AS

Además, es necesario mencionar que, para edificaciones mayores a 5 pisos, la norma recomienda utilizar ascensores como elementos de circulación vertical, los cuales han sido considerados en el siguiente estudio, siendo conformados en su totalidad por Muros de concreto armado, proporcionando así mayor rigidez a la estructura.

3.5. Modelo empleado para cada edificio.

Los edificios de planta estructural típica fueron modelados en el Programa ETABS, usando un modelo 3D.

Para la estimación del peso para cada piso del edificio se considera lo que indica la norma E.030 para edificaciones comunes, peso propio (PP), 100% de carga Muerta (CM), 25% de Carga Viva (CV) y 25% de Carga Viva de Techo (CVT).

El análisis sísmico se realizó de acuerdo a la norma E.030, considerando 3 grados de libertad dinámicos por piso, es decir, 2 componentes de traslación y 1 de rotación. El comportamiento de las losas se simuló con la inclusión de diafragmas rígidos dentro del programa.

El material utilizado para el modelamiento de todos los elementos estructurales fue el concreto armado con una resistencia de 210 Kg/cm².

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		
CONCRETO ARMADO	Peso Unitario de Volumen (P.U)	2.40 Tn/m ²
	Resistencia (f'c)	2100 Tn/m ²
	Módulo de Elasticidad (Ec)	2.17x10 ⁶ Tn/m ²
	Coefficiente de Poisson (ν)	0.15

Tabla 3.2. Características del concreto armado

También se asignaron cargas muertas y cargas vivas a las losas aligeradas y losas macizas como lo establece la norma peruana E.020 de cargas.

CARGAS SOBRE LOSAS ALIGERADAS			
ENTREPISO	Carga Muerta	Ladrillo	0.05 Tn/m ²
		Piso Terminado	0.10 Tn/m ²
		Tabiquería	0.15 Tn/m ²
	Carga Viva		0.20 Tn/m ²
TECHO	Carga Muerta	Ladrillo	0.05 Tn/m ²
		Piso Terminado	0.10 Tn/m ²
	Carga Viva		0.10 Tn/m ²

Tabla 3.3. Cargas distribuidas sobre Losas Aligeradas

CARGAS SOBRE LOSAS MACIZAS			
ENTREPISO	Carga Muerta	Piso Terminado	0.10 Tn/m ²
		Tabiquería	0.15 Tn/m ²
	Carga Viva		0.20 Tn/m ²
TECHO	Carga Muerta	Piso Terminado	0.10 Tn/m ²
	Carga Viva		0.10 Tn/m ²

Tabla 3.4. Cargas distribuidas sobre Losas Macizas

También se asignaron cargas muertas a las vigas como producto del Metrado de la tabiquería de ladrillo la cual soportaran durante su vida útil.

CARGAS SOBRE VIGA 40X60	
Espesor	0.15 m
Altura	2.60 m
Peso específico de ladrillo	1350 Kg/m ³
Carga Distribuida	527 Kg/m

Tabla 3.5. Cargas distribuidas sobre vigas 40x60

CARGAS SOBRE VIGA 30X60	
Espesor	0.15 m
Altura	2.70 m
Peso específico de ladrillo	1350 Kg/m ³
Carga Distribuida	547 Kg/m

Tabla 3.6. Cargas distribuidas sobre vigas 30x60

CARGAS SOBRE VA 25X40	
Espesor	0.15 m
Altura	2.80 m
Peso específico de ladrillo	1350 Kg/m ³
Carga Distribuida	567 Kg/m

Tabla 3.7. Cargas distribuidas sobre vigas 25x40

CARGAS SOBRE VCH 25X20	
Espesor	0.15 m
Altura	3.00 m
Peso específico de ladrillo	1350 Kg/m ³
Carga Distribuida	608 Kg/m

Tabla 3.8. Cargas distribuidas sobre vigas 25x20

3.6. Análisis Sísmico.

El análisis empleado para estimar la respuesta sísmica de los 120 modelos de edificios (40 modelos para cada tipo de edificio de 5, 6 y 7 pisos) fue el análisis dinámico modal espectral, considerando el criterio de combinación cuadrática completa (CQC), que es el criterio establecido en la norma de diseño sismorresistente E.030.

Es necesario mencionar que para definir la planta estructural típica a utilizar en todos los casos se realizó el análisis sísmico del edificio de 7 pisos, que demanda mayores solicitaciones sísmicas, para luego emplear la misma planta estructural en los edificios de 5 y 6 pisos.

Esto se justifica debido a que el presente estudio solamente se realizó para verificar en primer lugar como influye el incluir el agrietamiento en los elementos estructurales para cada altura de edificio (5, 6 y 7 pisos) y en segundo lugar para realizar una comparación entre los edificios que fueron objeto de estudio y verificar en cuál de ellos dicha influencia es mayor o menor, siendo necesario para ello variar únicamente el número de pisos y no variar las dimensiones de sus elementos estructurales.

3.6.1. Parámetros Sísmicos.

- **Factor de Zona Z.**

Representa la aceleración sísmica en suelo firme o bueno, dicha aceleración tiene un 10% de probabilidad de ser excedida en 50 años. La norma E.030 considera 4 zonas sísmicas, el edificio a estudiar se encuentra en Cajamarca por lo tanto pertenece a la zona 3, es decir $Z=0.35$.

- **Factor de Uso U.**

El edificio se encuentra en la categoría de edificaciones comunes (Edificio Multifamiliar), es decir $U=1.00$

- **Parámetros de Sitio S, T_P y T_L .**

Debido a que el edificio en estudio se encuentra en un suelo cuya capacidad portante promedio es 1.0 Kg/cm^2 le corresponde un perfil de suelo S3, es decir un suelo flexible. Por lo tanto, de acuerdo a la tabla N° 3 de la norma E.030, para un suelo tipo S3 ubicado en una zona 3 corresponde un factor de suelo $S=1.20$.

Tabla N°3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 3.9. Factor de Suelo "S" – Norma E.030

Asimismo, de acuerdo a la tabla N°4 de la norma E.030, para un suelo flexible tipo S3 los valores del periodo T_P que indica el fin de plataforma del espectro de aceleraciones, y del periodo T_L que limita el comportamiento elástico de la estructura son: $T_P=1.0$ y $T_L=1.6$.

Tabla N°4 PERIODOS "TP" y "TL"				
	Perfil de Suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
TP (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Tabla 3.10. Periodos "TP" y "TL"– Norma E.030

- **Factor de Amplificación Sísmica C.**

Efectuando el análisis sísmico modal se obtiene:

- 1er modo en X: T=0.66s con el 42% de masa participante
- 1er modo en Y: T=0.59s con el 74% de masa participante

Por lo tanto, para calcular el valor de C en cada dirección se utilizó las formulas de la siguiente tabla:

	$T < T_P$	$T_P < T < T_L$	$T > T_L$
C	2.50	$2.50 T_P / T_L$	$2.50 T_P \cdot T_L / T$

Tabla 3.11. Variación del coeficiente C con respecto al periodo fundamental T

- Para la dirección X, como $T=0.66 < T_P=1.00$, el valor de C es 2.50
- Para la dirección Y, como $T=0.59 < T_P=1.00$, el valor de C es 2.50

- **Coeficiente de Reducción R.**

El edificio presenta un sistema estructural dual en ambos sentidos ya que está conformado por pórticos y muros de concreto armado (placas) tanto en la dirección X como en la dirección Y.

Asimismo, al tratarse de una estructura regular tanto en planta como en elevación se considera la unidad tanto para el factor de irregularidad como en altura.

Por lo tanto, de acuerdo a lo que indica la norma E.030 el coeficiente de reducción de resistencia para el Eje X e Y es: $R_x = R_y = 7$.

3.6.2. Peso Sísmico.

Como se mencionó anteriormente para el cálculo del peso sísmico se consideró lo que indica la norma E.030 para edificaciones comunes (Categoría C)

$$P = \text{Peso Propio (PP)} + 100\% \text{ de carga Muerta (CM)} + 25\% \text{ de Carga Viva (CV)} \\ + 25\% \text{ de Carga Viva de Techo (CVT)}.$$

NIVEL	PESO POR NIVEL	PESO ACUMULADO
C.MAQ	33.60	33.60
TECHO 7	569.24	602.84
TECHO 6	842.89	1445.73
TECHO 5	842.89	2288.62
TECHO 4	842.89	3131.51
TECHO 3	842.89	3974.40
TECHO 2	842.89	4817.30
TECHO 1	884.55	5701.85

Tabla 3.12. Pesos de la edificación

3.6.3. Procedimiento de Análisis

3.6.3.1. Análisis Estático

Se realizó inicialmente el análisis estático del edificio para obtener la fuerza cortante estática a la cual estará sometida la estructura.

	DIRECCIÓN	
	X	Y
T =	0.66	0.59
TP =	1.00	1.00
TL =	1.60	1.60
Z =	0.35	0.35
U =	1.00	1.00
C =	2.50	2.50
S =	1.20	1.20
R =	7	7
$\frac{ZUCS}{R} =$	0.1500	0.1500
P =	5701.85	5701.85
V =	855.28Tn	855.28Tn

Tabla 3.13. Análisis Estático para Edificio de 7 pisos

3.6.3.2. Análisis Dinámico.

Para realizar el análisis dinámico modal espectral del edificio se ha considerado un espectro de pseudoaceleraciones para cada dirección horizontal de acuerdo a lo dispuesto en la norma E.030. Este análisis tiene como objetivo obtener la respuesta máxima esperada de las fuerzas internas en todos los elementos estructurales del edificio, así como de los desplazamientos. La respuesta obtenida es producto de la combinación de los resultados de todos los modos de vibración considerados. Dicha combinación se ha realizado empleando el criterio de combinación cuadrática completa (CQC) aceptada por la norma.

- **Espectro de Diseño.**

El espectro de diseño es definido en la norma E.030 mediante la siguiente ecuación

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

Y tiene la siguiente forma para un perfil de suelo S3:

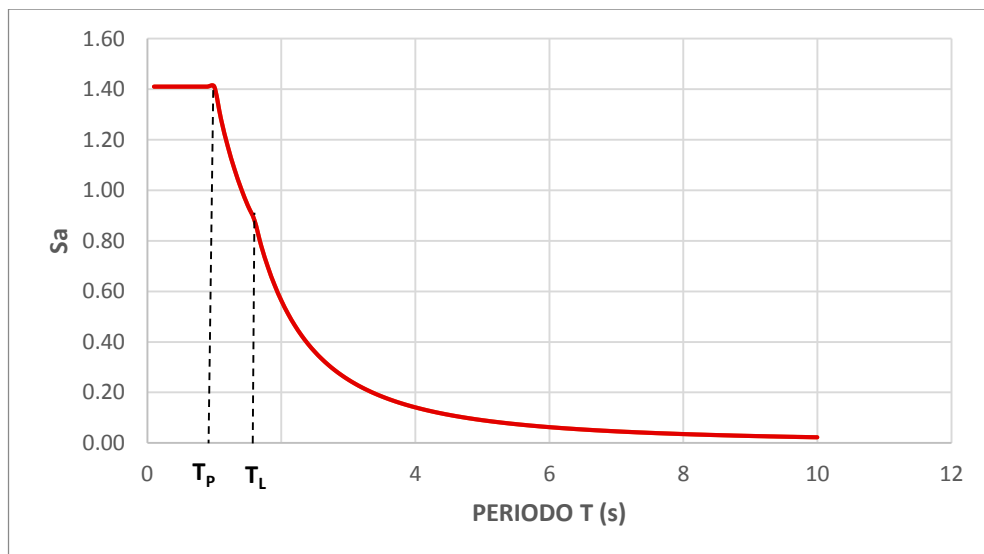


Figura 3.10. Espectro de Diseño

En todos los casos se empleó el método de respuesta espectral y del método estático sólo se calculó la fuerza Cortante basal del edificio con el fin de escalar las fuerzas de diseño. En todos los casos se consideraron excentricidades accidentales de 5%.

- **Modos y Periodos Resultantes.**

Los modos de vibración dependen de la rigidez del edificio y de la distribución de masas en el mismo. Cada modo está asociado a una forma de vibrar y a un periodo de vibración. Se consideró un modo de vibración por cada grado de libertad en la estructura. En nuestro caso se ha considerado diafragmas rígidos con tres grados de libertad por piso (2 traslaciones y 1 rotación perpendicular), teniendo 21 modos en total.

En la siguiente tabla se muestran los 21 modos de vibración de la estructura, obtenidos con el programa ETABS y sus respectivos periodos y porcentajes de masa participativa:

Modo	Periodo T (s)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)
1	0.66	0.42	0.03	0.36
2	0.59	0.07	0.71	0.01
3	0.53	0.28	0.05	0.45
4	0.19	0.06	0.01	0.06
5	0.17	0.01	0.13	0.00
6	0.15	0.08	0.01	0.06
7	0.10	0.02	0.00	0.02
8	0.09	0.00	0.04	0.00
9	0.08	0.02	0.00	0.02
10	0.06	0.01	0.00	0.01
11	0.06	0.00	0.01	0.00
12	0.05	0.01	0.00	0.01
13	0.04	0.00	0.00	0.00
14	0.04	0.00	0.00	0.00
15	0.04	0.00	0.00	0.00
16	0.03	0.00	0.00	0.00
17	0.03	0.00	0.00	0.00
18	0.03	0.00	0.00	0.00
19	0.03	0.00	0.00	0.00
20	0.03	0.00	0.00	0.00
21	0.02	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.14. Modos de Vibración y % de Masa Participativa

En base a estos valores verificamos que los modos considerados son suficientes para lograr un porcentaje de masa participativa mayor al 90%, además obtenemos el periodo fundamental de la estructura para cada una de las direcciones de análisis.

Dirección	Periodo T (s)
X	0.66
Y	0.59

Tabla 3.15. Periodos Fundamentales de Vibración

De los resultados anteriores podemos observar que la estructura es más rígida en la dirección Y.

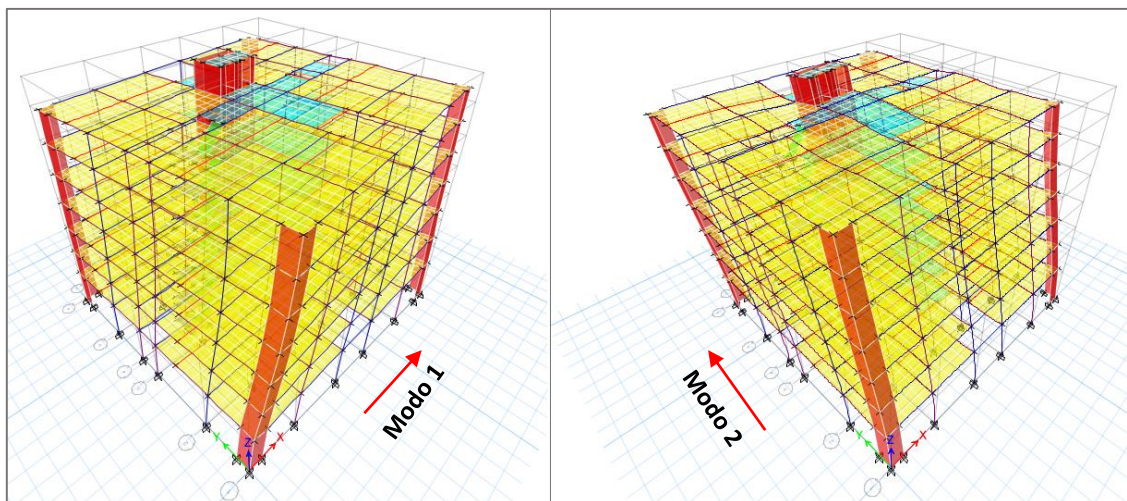


Figura 3.11. Modo 1 (Traslación en X) y Modo 2 (Traslación en Y)

- **Fuerza Cortante Mínima de Diseño.**

Generalmente los análisis dinámicos de las estructuras dan valores de cortantes en la base menores a los obtenidos mediante métodos estáticos. Razón por la cual es necesario amplificar los valores de esta fuerza para realizar el diseño de las secciones de los elementos estructurales. De acuerdo a lo indicado en la norma E.030, para cada una de las direcciones de análisis, la fuerza cortante basal calculada en el análisis dinámico no podrá ser menor que el 80% de la calculada en el análisis estático para el

caso de una estructura regular ni menor que el 90% en el caso de una estructura irregular.

	DIRECCIÓN	
	X	Y
V_{din}	511.01Tn	643.49Tn
V_{est}	855.28Tn	855.28Tn
80% V_{est}	684.22Tn	684.22Tn
V_{din} > 0.80 V_{est}	ESCALAR	ESCALAR
Factor de Escala	1.3390	1.0633

Tabla 3.16. Cortante de Diseño

3.6.4. Desplazamientos Laterales y Derivas

El cálculo de los desplazamientos se realizó con el programa ETABS. Según lo indicado en la norma E.030 el desplazamiento máximo obtenido del análisis lineal elástico debe multiplicarse por $0.75R=5.25$, para un edificio regular.

Para la dirección X se obtuvo:

PISO	ALTURA (m)	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVAS ELÁSTICAS	$\theta \leq 0.007$
7	23.45	0.0007	0.003	OK
6	20.25	0.0009	0.005	OK
5	17.05	0.0011	0.006	OK
4	13.85	0.0013	0.007	OK
3	10.65	0.0014	0.007	OK
2	7.45	0.0013	0.007	OK
1	4.25	0.0008	0.004	OK

Tabla 3.17. Verificación de Derivas en Dirección X

Para la dirección Y se obtuvo:

PISO	ALTURA (m)	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVAS ELÁSTICAS	$\theta \leq 0.007$
7	23.45	0.0006	0.003	OK
6	20.25	0.0007	0.004	OK
5	17.05	0.0009	0.005	OK
4	13.85	0.0010	0.005	OK
3	10.65	0.0010	0.005	OK
2	7.45	0.0009	0.005	OK
1	4.25	0.0006	0.003	OK

Tabla 3.18. Verificación de Derivas en Dirección Y

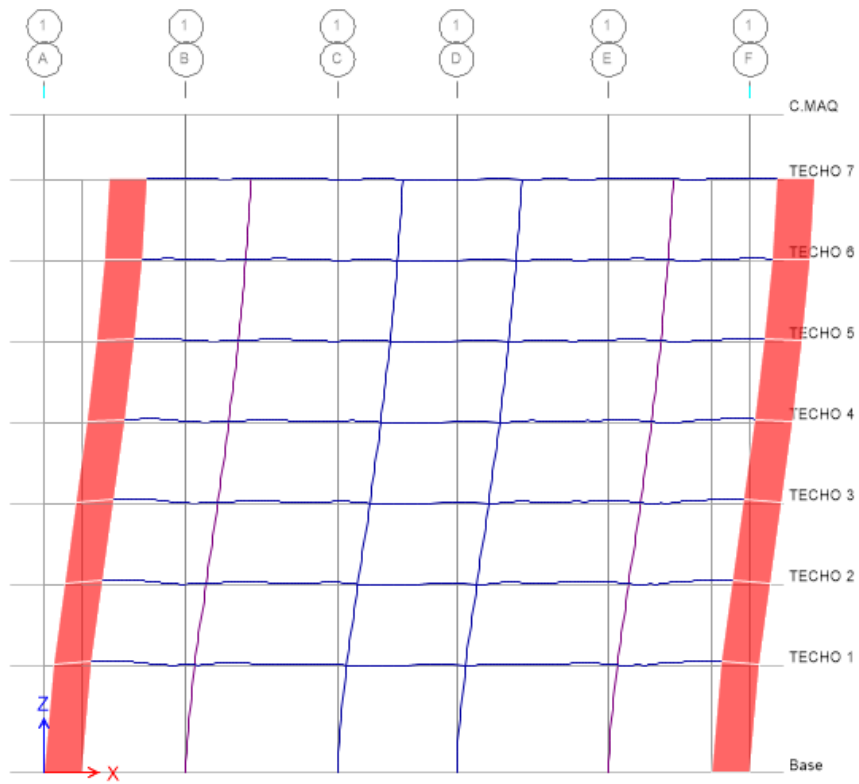


Figura 3.12. Desplazamientos Laterales en la dirección X

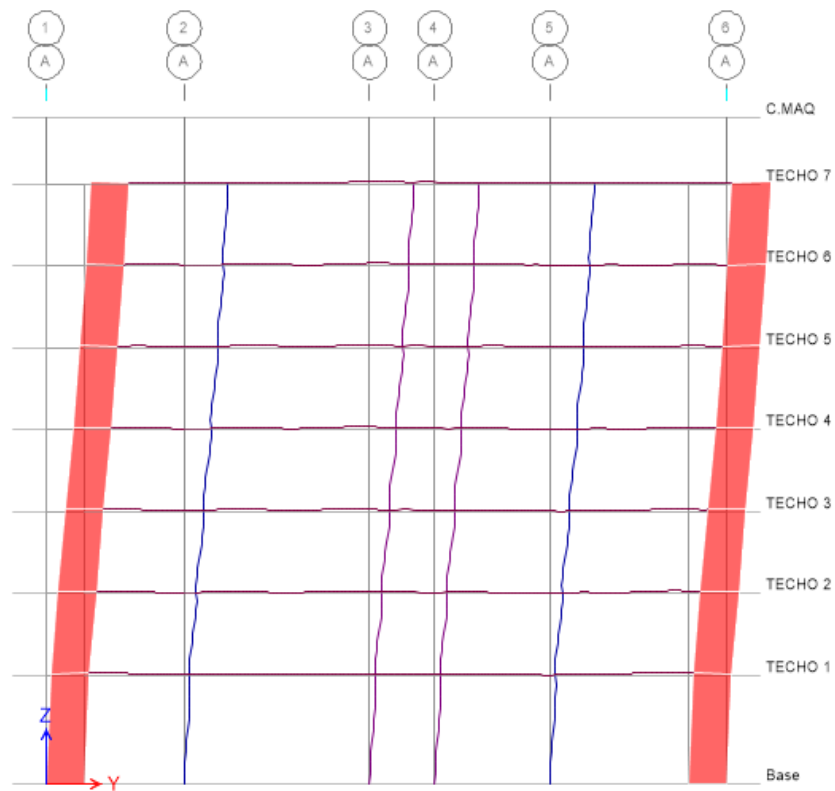


Figura 3.13. Desplazamientos Laterales en la dirección Y

La norma no limita el desplazamiento máximo de las edificaciones, en lugar de ello utiliza la deriva de entrepiso para controlarlo de manera indirecta, siendo este valor menor o igual a 0.007 para edificios de concreto armado. Para el caso de nuestro proyecto las máxima derivas obtenidas en la dirección X es de 0.007 y en la dirección Y es de 0.005. Por lo tanto, se está cumpliendo con las exigencias establecidas en la norma para las derivas.

3.6.5. Análisis del Coeficiente de Reducción

Inicialmente se realizó una inspección visual de la estructuración y se asumió valores de $R=7$ en ambos sentidos, considerando un sistema Dual en el que los muros estructurales (Placas) tomarían menos del 70% de la fuerza cortante en la base y los Pórticos Tomarían como mínimo el 30% de la fuerza cortante en la base. Se realizó la verificación cuyos resultados se muestran a continuación:

	DIRECCIÓN	
	X	Y
V_{basal}	511.01Tn	643.49Tn
V_{muros}	356.36Tn	443.03Tn
V_{pórticos}	154.65Tn	200.46Tn
V_{muros} < 70% V_{basal}	69.74%	68.85%
V_{pórticos} >= 30% V_{basal}	30%	31%

Tabla 3.19. Verificación de Cortante en Muros y Pórticos

3.7. Casos Estudiados

El punto de partida en el análisis fue el edificio constituido por todos sus elementos estructurales trabajando con todas las secciones sin agrietamiento, es decir con la inercia completa, cuyos resultados corresponderán a los que se usan en la práctica actual en el análisis sísmico de edificios en nuestro país.

Luego se desarrollaron análisis de edificios incluyendo reducciones de momentos de inercia utilizando factores, los cuales se encontraron en el intervalo: [1;0.1], teniendo como puntos de control a lo propuesto por la norma peruana de concreto armado E.060 y por el American Concrete Institute (ACI), que recomienda

utilizar factores de reducción para el momento de inercia de las secciones con inercia completa (I_g), solo para fines de diseño, los cuales son: $0.35I_g$ para vigas, $0.70I_g$ para columnas y $0.35I_g$ para Muros de concreto Armado (Placas).

Para cada altura de edificio (5, 6 y 7 pisos) se obtuvo la respuesta sísmica considerando 40 casos de agrietamiento, como se indica a continuación:

3.7.1. Agrietamiento solo en Vigas.

Se consideraron 10 casos de reducción de Inercia solo en Vigas, es decir se consideró factores de reducción de inercia en Vigas desde 1 hasta 0.1; dejando la inercia bruta en Columnas y Muros, es decir se consideró el factor de reducción de inercia en Columnas igual a 1 y el factor de reducción de inercia en Muros igual a 1.

3.7.2. Agrietamiento solo en Columnas.

Se consideraron 10 casos de reducción de Inercia solo en Columnas, es decir se consideró factores de reducción de inercia en Columnas desde 1 hasta 0.1; dejando la inercia bruta en Vigas y Muros, es decir se consideró el factor de reducción de inercia en Vigas igual a 1 y el factor de reducción de inercia en Muros igual a 1.

3.7.3. Agrietamiento solo en Muros.

Se consideraron 10 casos de reducción de Inercia solo en Muros, es decir se consideró factores de reducción de inercia en Muros desde 1 hasta 0.1; dejando la inercia bruta en Vigas y Columnas, es decir se consideró el factor de reducción de inercia en Vigas igual a 1 y el factor de reducción de inercia en Columnas igual a 1.

3.7.4. Agrietamiento Simultáneo.

Los 10 últimos casos de estudio consideran una reducción simultánea de la inercia en vigas, columnas y Muros. Teniendo como referencia a los siguientes puntos:

- Los valores indicados por la norma E.060 y ACI (factor de reducción de inercia en Vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en Muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7).

- Lo valores considerando secciones sin agrietar (factores de reducción de inercia envigas, Columnas y Muros = 1).
- Los valores mínimos siguiendo la tendencia a lo establecido por la norma E.060 (factor de reducción de inercia en Vigas = 0.05, factor de reducción de inercia en Muros =0.05 y factor de reducción de inercia en Columnas =0.1).

Los demás casos de reducción simultánea corresponden a interpolaciones según la figura 3.9.

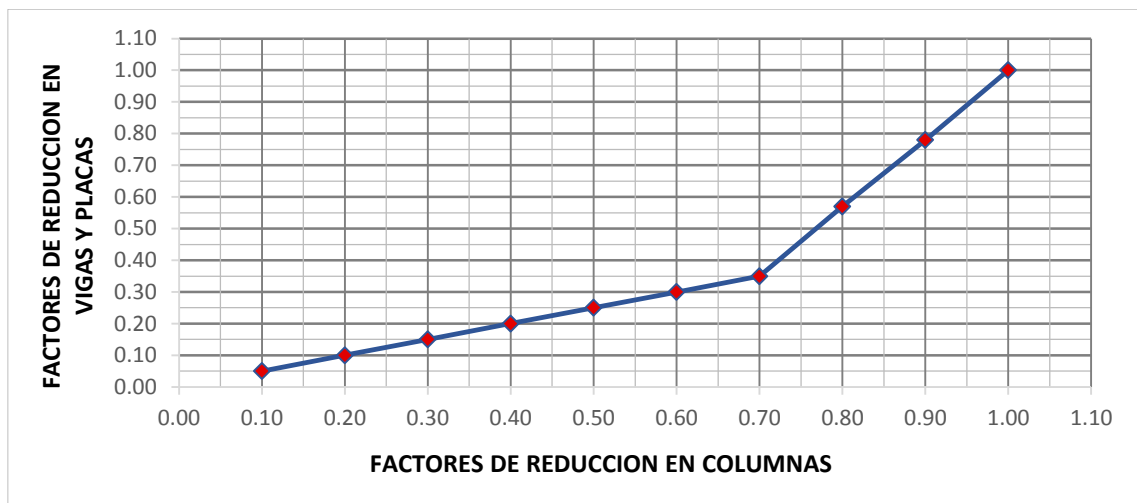


Figura 3.14. Factores de Reducción Simultanea

La tabla 3.13 muestra los valores de reducción de inercia para los 120 casos estudiados, siendo 40 casos para cada altura de edificio (5,6 y 7 pisos)

Casos	Descripción	Factor de Reducción en Vigas	Factor de Reducción en Columnas	Factor de Reducción en Placas
C1...C10	Reducción de Inercia en Vigas	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1	1	1
C11...C20	Reducción de Inercia en Columnas	1	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1	1
C21...C30	Reducción de Inercia en Placas	1	1	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1
C31...C40	Reducción de Inercia Simultanea	0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.57, 0.78, 1	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1	0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.57, 0.78, 1

Tabla 3.20. Valores de factores de reducción considerados para los 40 casos estudiados

3.8. Inclusión del Agrietamiento en los elementos estructurales.

El agrietamiento fue incluido en los elementos estructurales considerando reducciones de la inercia bruta mediante factores, los cuales fueron incluidos a las propiedades de sección de las vigas, columnas y Muros de concreto armado o placas mediante el programa ETABS, el procedimiento realizado en cada caso fue el siguiente:

3.8.1. Factor de reducción de inercia en Columnas

El programa ETABS trabaja con el sistema de coordenadas X, Y, Z, además considera coordenadas locales para cada elemento del modelo estructural, para el caso de columnas tenemos lo siguiente:

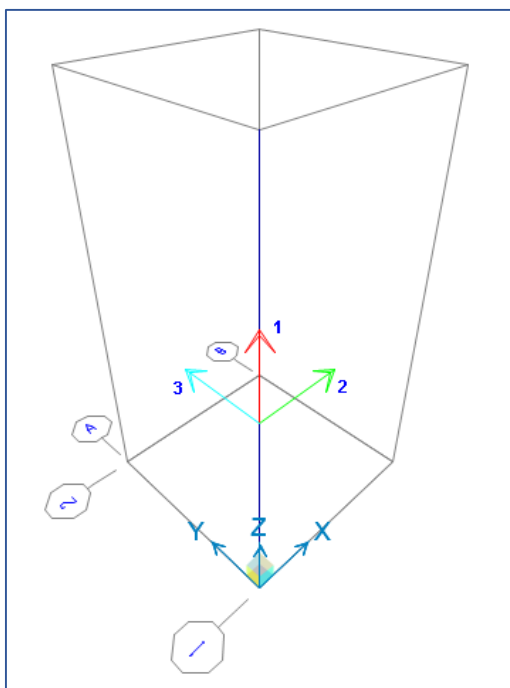


Figura 3.15. Coordenadas Locales de una columna

Como se observa los cambios que se realizaron para el caso de columnas fueron en los ejes 2-2 y 3-3, respecto a los momentos de inercia, como se observa en la siguiente figura:

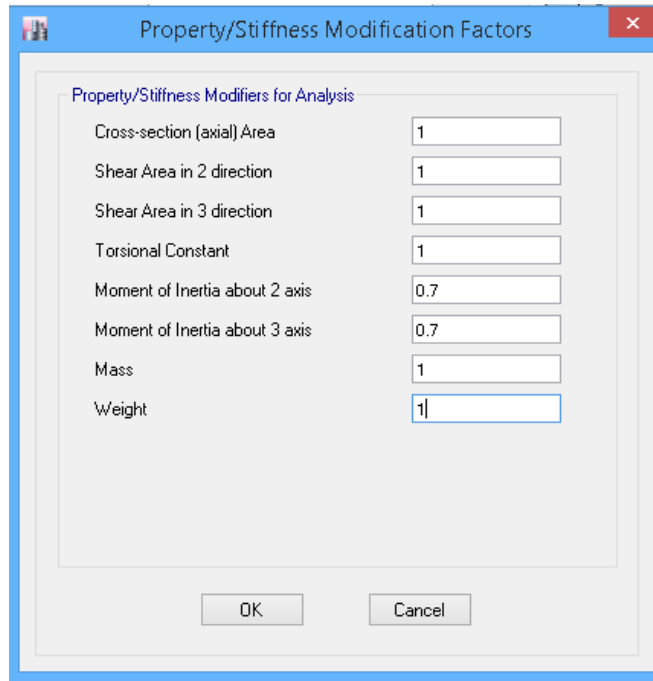


Figura 3.16. Aplicación de la reducción de inercia en columnas

3.8.2. Factor de reducción de inercia en Vigas

Para el caso de vigas tenemos lo siguiente:

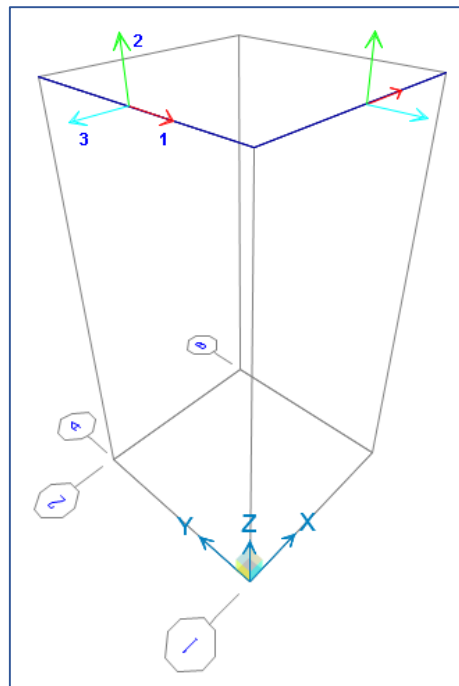


Figura 3.17. Coordenadas Locales de una Viga

Como se observa los cambios que se realizaron para el caso de vigas fueron en el eje 3-3, respecto a los momentos de inercia, como se observa en la siguiente figura:

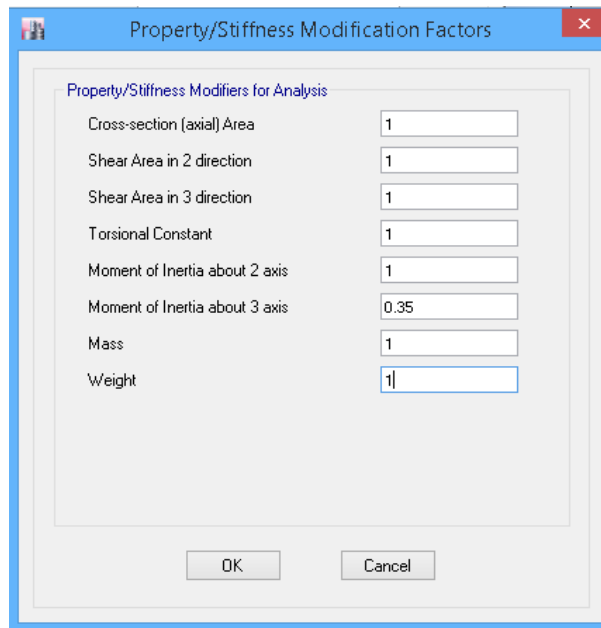


Figura 3.18. Aplicación de la reducción de inercia en vigas

3.8.3. Factor de reducción de inercia en Muros.

Para el caso de muros tenemos lo siguiente:

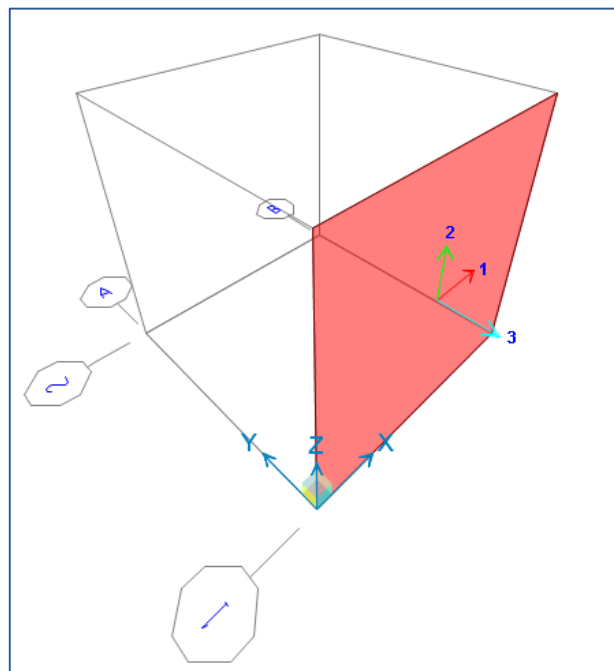


Figura 3.19. Coordenadas Locales de un muro

Como se observa los cambios que se realizaron para el caso de muros fueron en el eje 2-2, respecto a los momentos de inercia, como se observa en la siguiente figura:

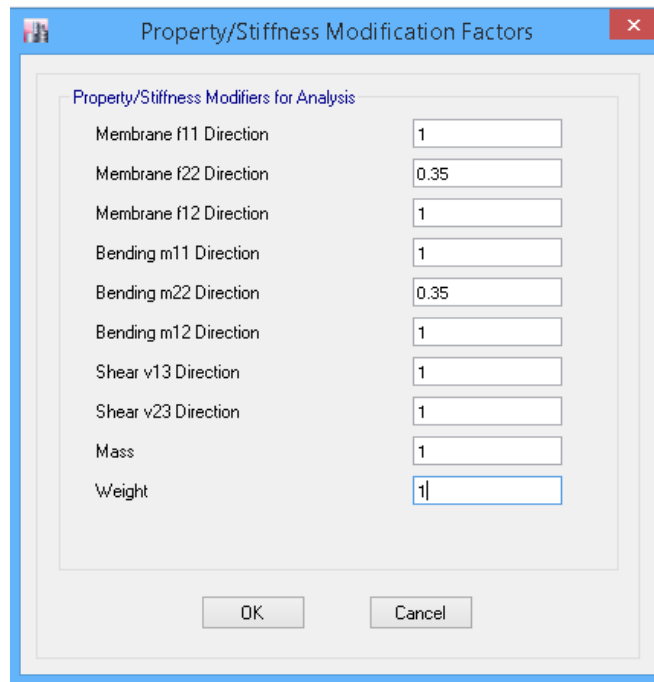


Figura 3.20. Aplicación de la reducción de inercia en muros

3.9. Resultados

Está claro que se debe considerar el agrietamiento de los elementos estructurales para el análisis sísmico de las edificaciones, la justificación se encuentra en los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales se muestran en su totalidad en el Anexo 1. A continuación, se muestran los resultados para el edificio de 7 pisos y se comentan la influencia del agrietamiento en cada uno de los parámetros estudiados.

La figura muestra la nomenclatura utilizada en el análisis de los edificios típicos, donde se analizaron los resultados de Periodos de vibración, Cortante Basal, Deriva Máxima y fuerzas internas máximas de momentos y cortantes, para vigas, columnas y Placas.

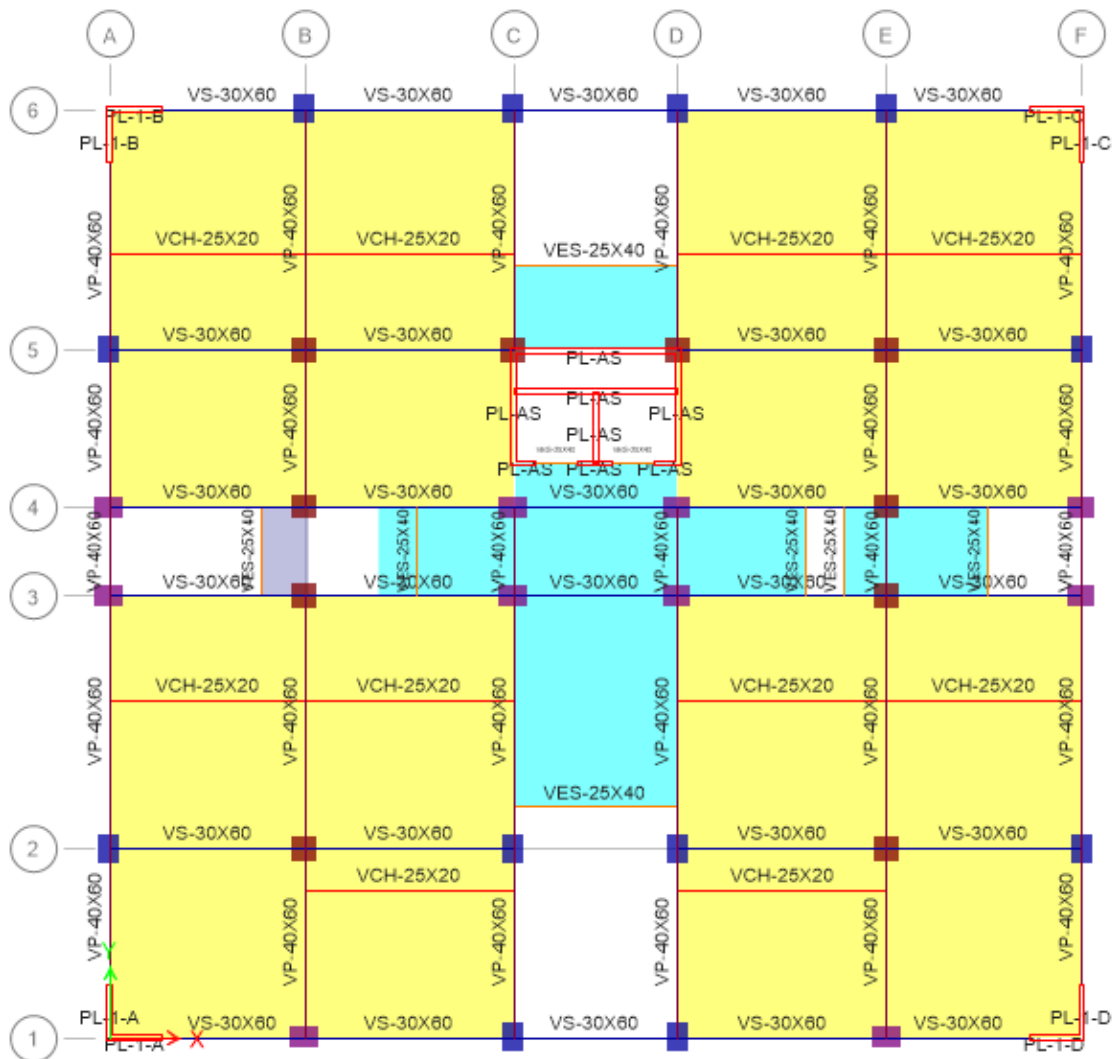


Figura 3.21. Nomenclatura utilizada en el análisis de Edificios Típicos

3.9.1. Período Fundamental de Vibración.

Se puede observar que todos los periodos tienden a incrementar en tiempo en función a la perdida de Inercia del modelo estructural.

Las figuras 3.22 y 3.23 muestran la variación del período fundamental en el edificio de 7 pisos en función del nivel de agrietamiento presente para ambas direcciones. Cada Curva corresponde a uno de los casos de reducción por agrietamiento (agrietamiento sólo en Vigas, agrietamiento solo en columnas, agrietamiento solo en placas y agrietamiento simultaneo en vigas, columnas y placas).

PERIODOS DE VIBRACIÓN - DIRECCIÓN XX				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO EN VIGAS	AGRIETAMIENTO EN COLUMNAS	AGRIETAMIENTO EN PLACAS	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	1.15	0.83	0.71	1.86
0.20	0.99	0.76	0.70	1.49
0.30	0.90	0.72	0.69	1.29
0.40	0.84	0.70	0.68	1.17
0.50	0.79	0.69	0.68	1.07
0.60	0.75	0.68	0.67	1.00
0.70	0.72	0.67	0.67	0.94
0.80	0.70	0.67	0.66	0.80
0.90	0.67	0.66	0.66	0.72
1.00	0.66	0.66	0.66	0.66

Tabla 3.21. Periodos de vibración XX según el caso de agrietamiento

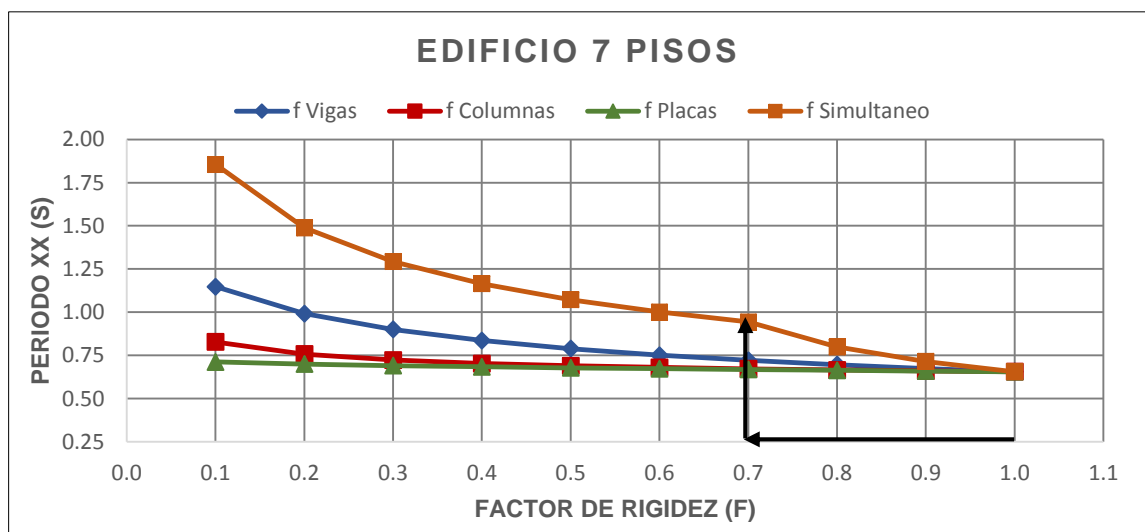


Figura 3.22. Influencia del agrietamiento en el Período Fundamental del Edificio de 7 Pisos - Dirección X

Como resultado se tiene que para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, el periodo crece de 0.66s a 0.94s en la dirección “X” y crece de 0.59s a 0.78s en la dirección “Y”.

Además, en las curvas se puede observar que, para casos de agrietamiento individuales, el periodo fundamental crece e influye en mayor proporción en vigas, luego en columnas y por último en placas.

PERIODOS DE VIBRACIÓN - DIRECCIÓN YY				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO EN VIGAS	AGRIETAMIENTO EN COLUMNAS	AGRIETAMIENTO EN PLACAS	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	0.86	0.74	0.64	1.34
0.20	0.78	0.69	0.63	1.11
0.30	0.73	0.66	0.62	0.99
0.40	0.69	0.64	0.62	0.92
0.50	0.67	0.62	0.61	0.86
0.60	0.64	0.61	0.60	0.81
0.70	0.63	0.60	0.60	0.78
0.80	0.61	0.60	0.60	0.69
0.90	0.60	0.59	0.59	0.63
1.00	0.59	0.59	0.59	0.59

Tabla 3.22. Periodos de vibración YY según el caso de agrietamiento

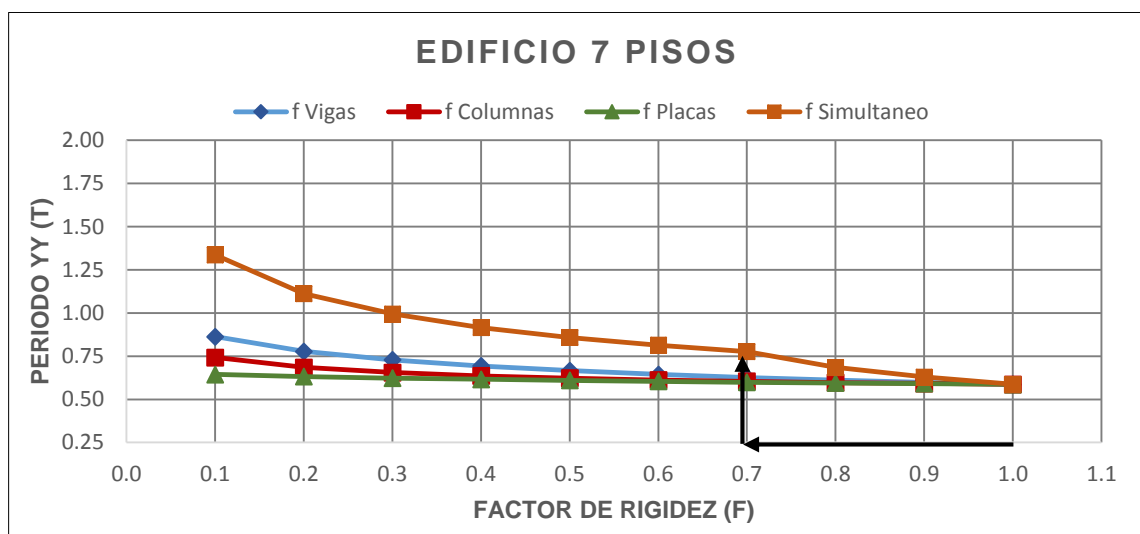


Figura 3.23. Influencia del agrietamiento en el Periodo Fundamental del Edificio de 7 Pisos – Dirección Y

3.9.2. Cortante Basal

Se puede observar que la cortante de piso tiende a disminuir en función a la pérdida de inercia (Rigidez) del modelo estructural.

Las figuras 3.24 y 3.25 muestran la variación de la cortante basal en el edificio de 7 pisos en función del nivel de agrietamiento presente para ambas direcciones. Cada Curva corresponde a uno de los casos de reducción por agrietamiento (agrietamiento sólo en Vigas, agrietamiento solo en columnas, agrietamiento solo en placas y agrietamiento simultaneo en vigas, columnas y placas).

CORTANTE BASAL - DIRECCIÓN XX				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO EN VIGAS	AGRIETAMIENTO EN COLUMNAS	AGRIETAMIENTO EN PLACAS	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	466.53	484.75	527.12	445.68
0.20	469.85	490.33	526.02	449.85
0.30	472.85	494.97	524.97	453.92
0.40	475.75	498.70	523.45	458.34
0.50	480.29	501.73	521.30	462.99
0.60	485.80	504.22	519.50	469.30
0.70	491.86	506.30	517.99	474.32
0.80	498.20	508.09	515.35	487.25
0.90	504.62	509.64	513.04	499.35
1.00	511.01	511.01	511.01	511.01

Tabla 3.23. Cortante Basal XX según el caso de agrietamiento

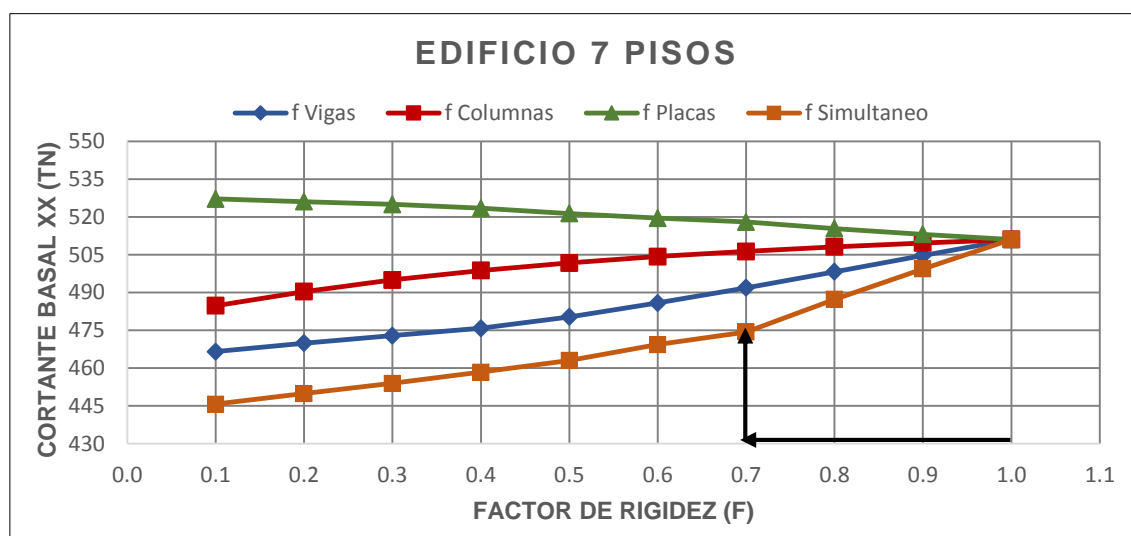


Figura 3.24. Influencia del agrietamiento en la cortante basal del Edificio de 7 Pisos - Dirección X

Como resultado se tiene que para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, la cortante basal decrece de 511.01Tn a 474.32Tn en la dirección “X” y decrece de 643.49Tn a 627.43Tn en la dirección” Y”.

Además, en las curvas se puede observar que, para casos de agrietamiento individuales, la cortante basal decrece e influye en mayor proporción en vigas y luego en columnas, pero contrario a ello para el caso de placas la cortante basal crece.

CORTANTE BASAL - DIRECCIÓN YY				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENT O EN VIGAS	AGRIETAMIENT O EN COLUMNAS	AGRIETAMIENT O EN PLACAS	AGRIETAMIENT O SIMULTÁNEO
0.10	616.90	621.45	643.94	608.00
0.20	623.63	627.96	643.48	614.21
0.30	627.33	632.67	643.25	618.34
0.40	630.28	637.07	643.16	621.23
0.50	632.90	639.76	643.14	624.28
0.60	635.31	641.42	643.18	625.53
0.70	637.55	642.44	643.23	627.43
0.80	639.65	643.04	643.31	633.50
0.90	641.63	643.36	643.40	638.84
1.00	643.49	643.49	643.49	643.49

Tabla 3.24. Cortante Basal YY según el caso de agrietamiento

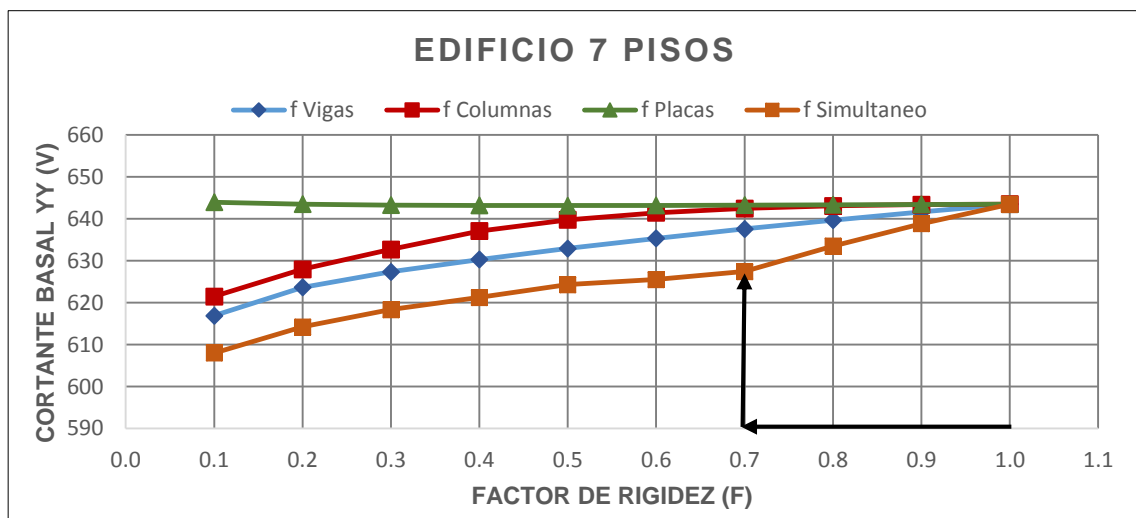


Figura 3.25. Influencia del agrietamiento en la cortante basal del Edificio de 7 Pisos - Dirección Y

3.9.3. Deriva Máxima de Entrepiso.

Se puede observar que todas las derivas tienden a incrementar en función a la pérdida de Inercia (Rigidez) del modelo estructural.

Las figuras 3.26 y 3.27 muestran la variación de la deriva máxima en el edificio de 7 pisos en función del nivel de agrietamiento presente para ambas direcciones. Cada Curva corresponde a uno de los casos de reducción por agrietamiento (agrietamiento sólo en Vigas, agrietamiento solo en columnas, agrietamiento solo en placas y agrietamiento simultaneo en vigas, columnas y placas).

DERIVA MÁXIMA - DIRECCIÓN XX				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO EN VIGAS	AGRIETAMIENTO EN COLUMNAS	AGRIETAMIENTO EN PLACAS	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	14.66	9.42	9.02	19.80
0.20	13.41	8.76	8.63	18.32
0.30	11.65	8.40	8.35	16.91
0.40	10.52	7.98	8.16	16.00
0.50	9.67	7.71	7.98	15.30
0.60	9.01	7.59	7.83	14.73
0.70	8.47	7.50	7.68	13.45
0.80	8.01	7.42	7.54	10.26
0.90	7.63	7.35	7.41	8.51
1.00	7.29	7.29	7.29	7.29

Tabla 3.25. Deriva Máxima XX según el caso de agrietamiento

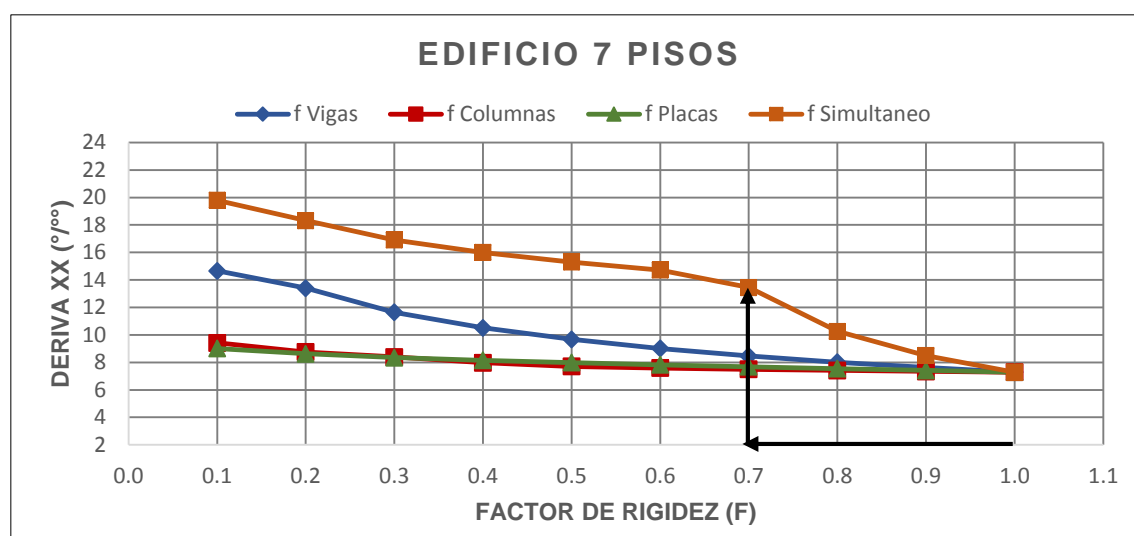


Figura 3.26. Influencia del agrietamiento en la Deriva máxima del Edificio de 7 Pisos - Dirección X

Como resultado se tiene que para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, la cortante basal crece de 7.29‰ a 13.45‰ en la dirección “X” y crece de 5.16‰ a 8.56‰ en la dirección” Y”.

Además, en las curvas se puede observar que, para casos de agrietamiento individuales, la deriva máxima de entrepiso crece e influye en mayor proporción en vigas, luego en columnas y por último en placas.

DERIVA MÁXIMA - DIRECCIÓN YY				
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO EN VIGAS	AGRIETAMIENTO EN COLUMNAS	AGRIETAMIENTO EN PLACAS	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	11.69	7.99	6.32	22.19
0.20	9.03	6.87	6.11	17.28
0.30	7.65	6.33	5.93	14.66
0.40	6.90	5.99	5.79	12.16
0.50	6.40	5.76	5.66	10.50
0.60	6.02	5.58	5.54	9.43
0.70	5.75	5.44	5.43	8.56
0.80	5.52	5.33	5.34	6.86
0.90	5.33	5.24	5.25	5.87
1.00	5.16	5.16	5.16	5.16

Tabla 3.26. Cortante Basal YY según el caso de agrietamiento.

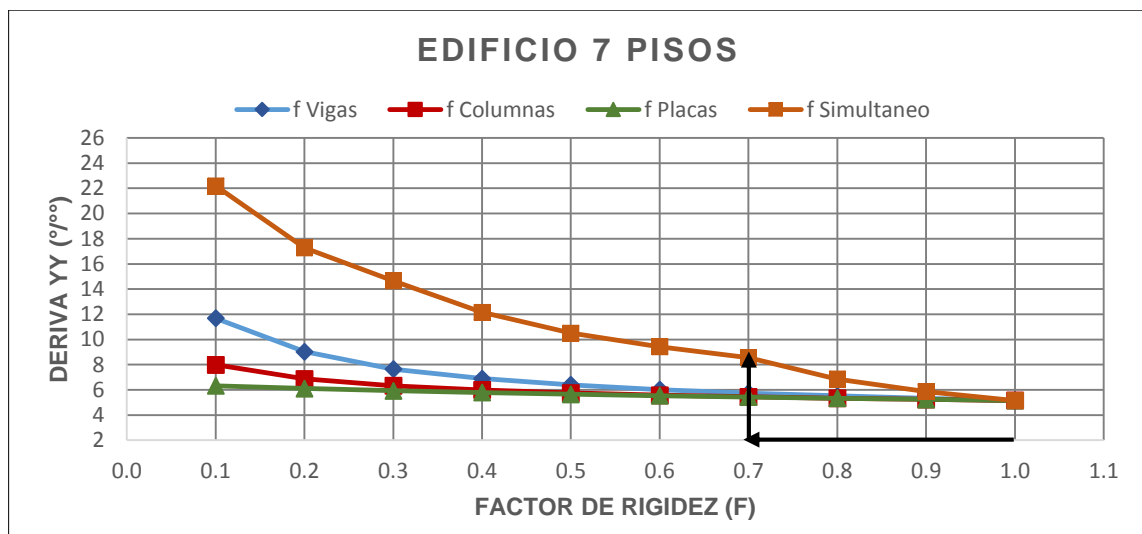


Figura 3.27. Influencia del agrietamiento en la Deriva máxima del Edificio de 7 Pisos - Dirección Y

3.9.4. Momento Máximo.

Para la evaluación de la influencia del agrietamiento en los momentos, se determinó los elementos más esforzados, considerando un agrietamiento simultaneo en vigas, columnas y placas.

En el caso de vigas se determinó el momento máximo en una COLUMNA C2 de 80X60, en el 2° nivel, producido por el “SISMO YY” y entre los ejes que se muestran en la siguiente figura:

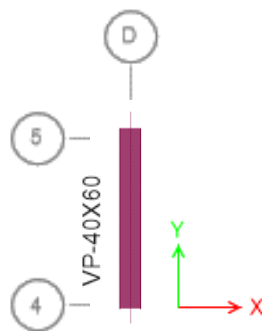


Figura 3.28. Viga más esforzada

En el caso de vigas se determinó el momento máximo en una COLUMNA C2 de 80X60, en el 2° nivel, producido por el “SISMO YY” y entre los ejes que se muestran en la siguiente figura:

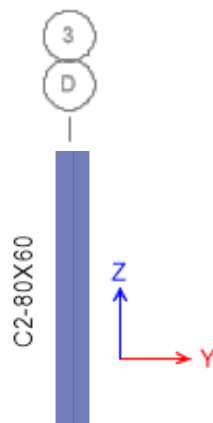


Figura 3.29. Columna más esforzada

En el caso de Muros Estructurales (Placas) se determinó el momento máximo en los muros de la caja del ascensor denominados PL-AS, en el 1° nivel, producido por el “SISMO YY” y entre los ejes que se muestran en la siguiente figura:

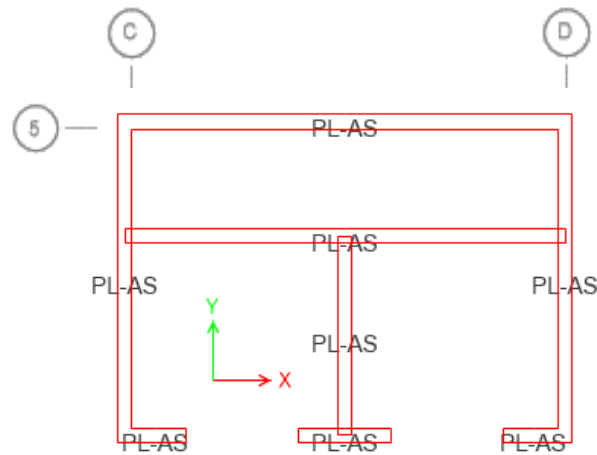


Figura 3.30. Ubicación de Momento Máximos en Muros

3.9.4.1. Momento Máximo en Vigas.

Para un agrietamiento simultáneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, el Momento Máximo crece de 40.78 Tn-m a 47.12 Tn-m.

MOMENTO MÁXIMO EN VIGAS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	35.59
0.20	46.38
0.30	50.49
0.40	50.27
0.50	49.52
0.60	48.85
0.70	47.12
0.80	45.15
0.90	42.89
1.00	40.78

Tabla 3.27. Momento máximo en vigas para agrietamiento simultáneo.

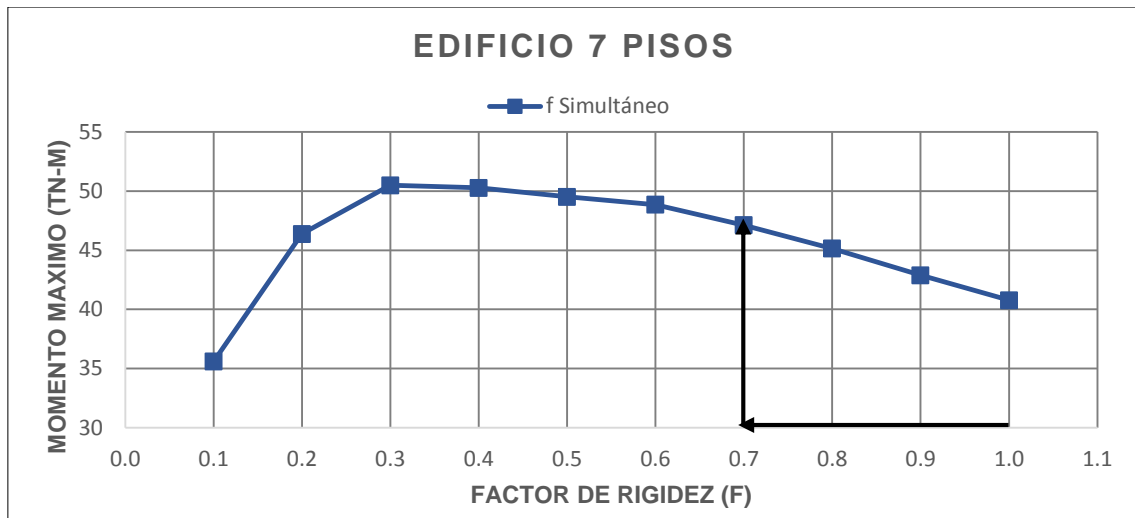


Figura 3.31. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en vigas del Edificio de 7 Pisos

3.9.4.2. Momento Máximo en Columnas.

Para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, el Momento Máximo crece de 40.78 Tn-m a 47.12 Tn-m.

MOMENTO MÁXIMA EN COLUMNAS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	35.04
0.20	44.33
0.30	49.24
0.40	50.30
0.50	50.79
0.60	49.76
0.70	48.56
0.80	45.88
0.90	42.63
1.00	40.09

Tabla 3.28. Momento máximo en Columnas para agrietamiento simultáneo

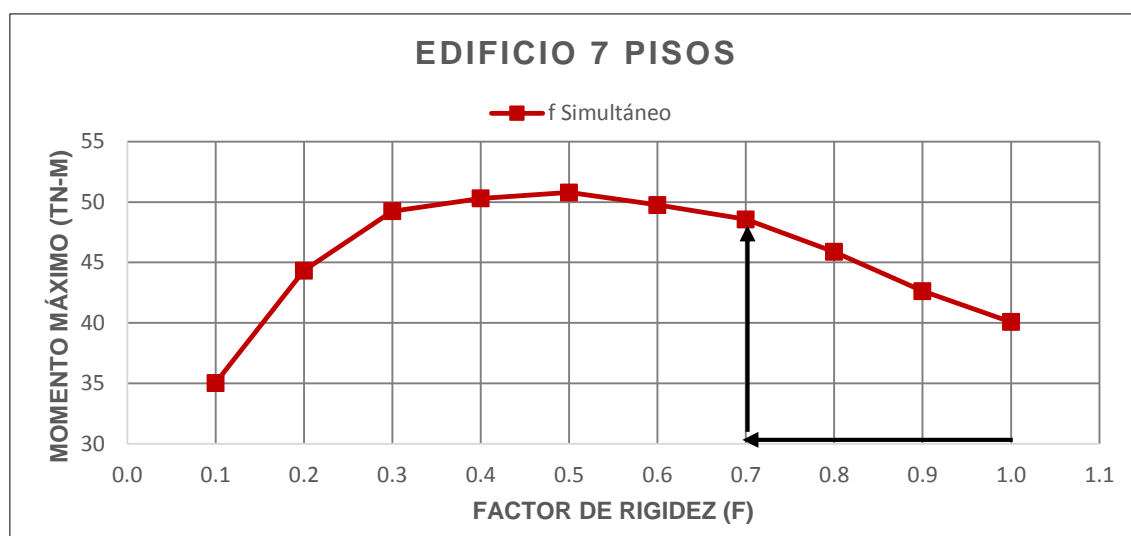


Figura 3.32. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en columnas del Edificio de 7 Pisos

3.9.4.3. Momento Máximo en Muros

Para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, el Momento Máximo en Placas crece de 1687.72 Tn-m a 1450.87 Tn-m.

MOMENTO MÁXIMO EN MUROS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	1047.23
0.20	1250.10
0.30	1368.93
0.40	1391.11
0.50	1406.80
0.60	1418.85
0.70	1450.87
0.80	1551.09
0.90	1628.30
1.00	1687.72

Tabla 3.29. Momento máximo en Muros para agrietamiento simultáneo

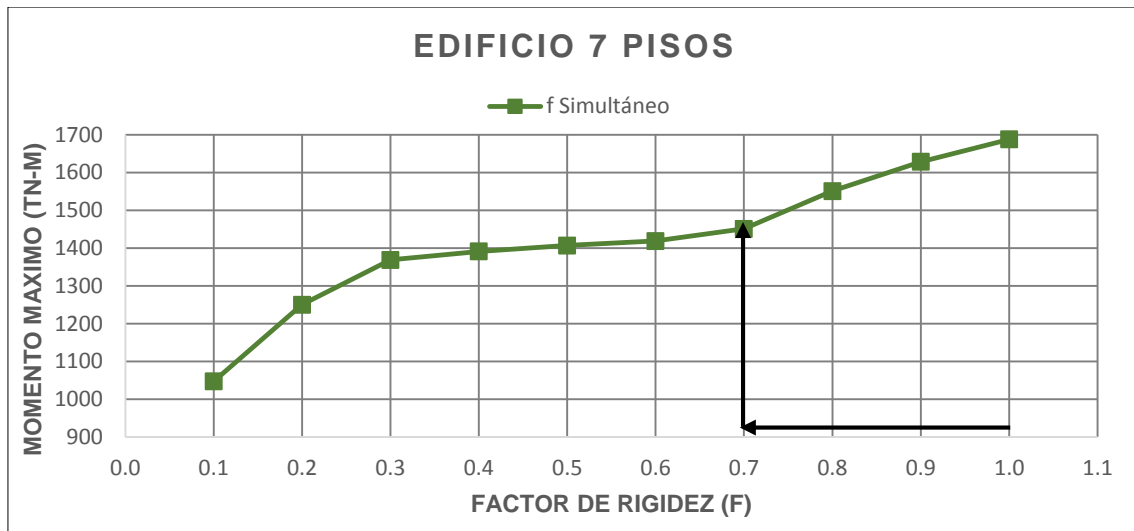


Figura 3.33. Influencia del agrietamiento simultáneo en el momento máximo en Muros del Edificio de 7 Pisos

3.9.5. Cortante Máxima.

Para la evaluación de la influencia del agrietamiento en la fuerza cortante máxima, se determinó las fuerzas cortantes máximas, considerando un agrietamiento simultáneo, producidos en vigas, columnas y placas

3.9.5.1. Cortante Máxima en Vigas.

En el caso de vigas se determinó el momento máximo en una VIGA de 40x60, la misma en la que se determinó los momentos máximos, mencionados en el ítem 3.9.4.

Para un agrietamiento simultáneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, la Cortante Máxima crece de 70.06 Tn a 90.19 Tn.

CORTANTE MÁXMA EN VIGAS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	83.15
0.20	96.63
0.30	102.52
0.40	100.07
0.50	97.40
0.60	94.76
0.70	90.19
0.80	82.53
0.90	75.68
1.00	70.06

Tabla 3.30. Cortante Máxima en Vigas para agrietamiento simultáneo.

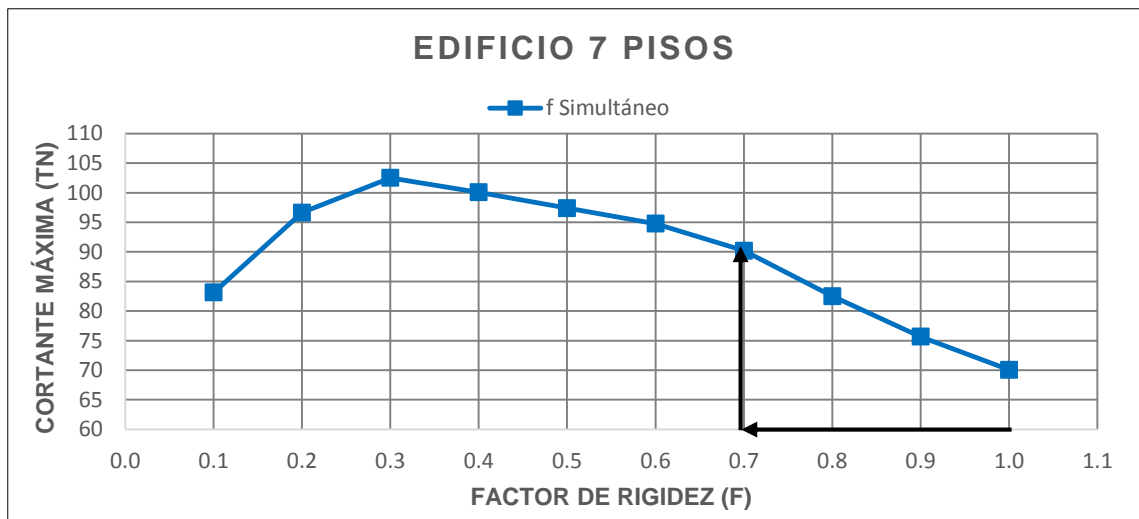


Figura 3.34. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Vigas del Edificio de 7 Pisos

3.9.5.2. Cortante Máxima en Columnas.

En el caso de columnas se determinó la fuerza cortante máxima en una COLUMNA C2 de 80X60, la misma en la que se determinó los momentos máximos, mencionados en el ítem 3.9.4.

Para un agrietamiento simultaneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, la Cortante Máxima crece de 24.25 Tn-m a 29.52 Tn.

CORTANTE MÁXIMA EN COLUMNAS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	21.92
0.20	27.67
0.30	29.76
0.40	30.31
0.50	30.54
0.60	30.59
0.70	29.52
0.80	27.65
0.90	25.76
1.00	24.25

Tabla 3.31. Cortante Máxima en Columnas para agrietamiento simultáneo.

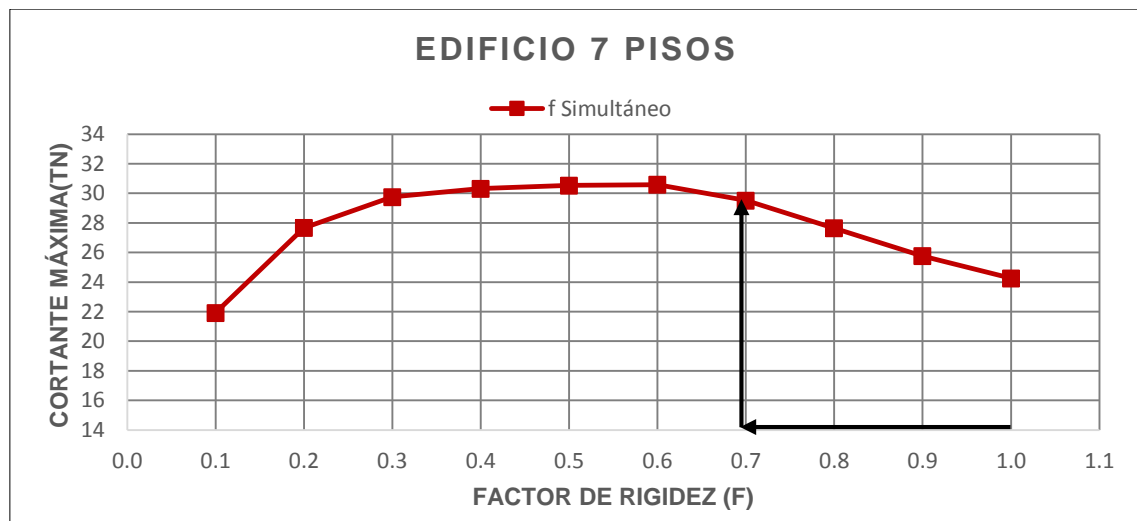


Figura 3.35. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Columnas del Edificio de 7 Pisos

3.9.5.3. Cortante Máxima en Muros.

En el caso de Muros de C°A° (Placas) se determinó la fuerza cortante máxima en los muros de la caja del ascensor denominados PL-AS, donde se determinó los momentos máximos, mencionados en el ítem 3.9.4.

Para un agrietamiento simultáneo de vigas, columnas y placas desde un factor de reducción de inercia de 1.0 hasta un factor de reducción de inercia de 0.7, establecido en la norma peruana de concreto armado E.060, la Cortante Máxima crece de 2.28 Tn-m a 2.73 Tn.

CORTANTE MÁXIMA EN MUROS	
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO
0.10	350.23
0.20	375.15
0.30	390.86
0.40	377.71
0.50	365.76
0.60	354.97
0.70	345.03
0.80	332.33
0.90	321.70
1.00	312.34

Tabla 3.32. Cortante Máxima en Muros para agrietamiento simultáneo.

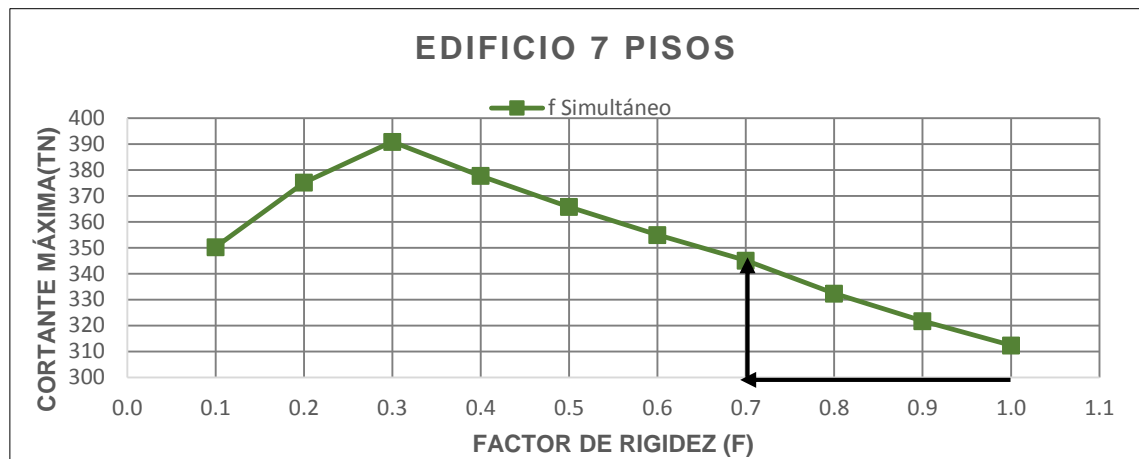


Figura 3.36. Influencia del agrietamiento simultáneo en la fuerza cortante máxima en Muros del Edificio de 7 Pisos

CAPITULO 4.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el fin de facilitar el estudio y ordenar los resultados se calcularon indicadores que relacionan los casos agrietados y el caso sin agrietar; estos valores se organizan en curvas para cada altura de edificios (5,6 y 7 pisos) las cuales se presentan en un mismo gráfico para luego poder obtener una curva de tendencia para cada parámetro de estudio.

Al momento de calcular los indicadores los resultados mostraron que sus valores numéricos fueron prácticamente iguales para ambas direcciones, por lo cual se tomaron los correspondientes a una sola dirección y se muestran a continuación.

4.1. Variación del Periodo Fundamental de Vibración con el agrietamiento.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que el periodo se incrementa hasta un indicador de **1.30**, es decir el periodo aumenta el **30%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTANEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	PERIODO 7 PISOS (T AG/T SAG)	PERIODO 6 PISOS (T AG/T SAG)	PERIODO 5 PISOS (T AG/T SAG)
0.10	2.83	2.84	2.86
0.20	2.27	2.28	2.28
0.30	1.97	1.97	1.98
0.40	1.78	1.78	1.77
0.50	1.64	1.63	1.63
0.60	1.53	1.52	1.52
0.70	1.44	1.44	1.43
0.80	1.22	1.22	1.22
0.90	1.09	1.09	1.09
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.1. Indicadores del periodo de vibración según el tipo de edificio

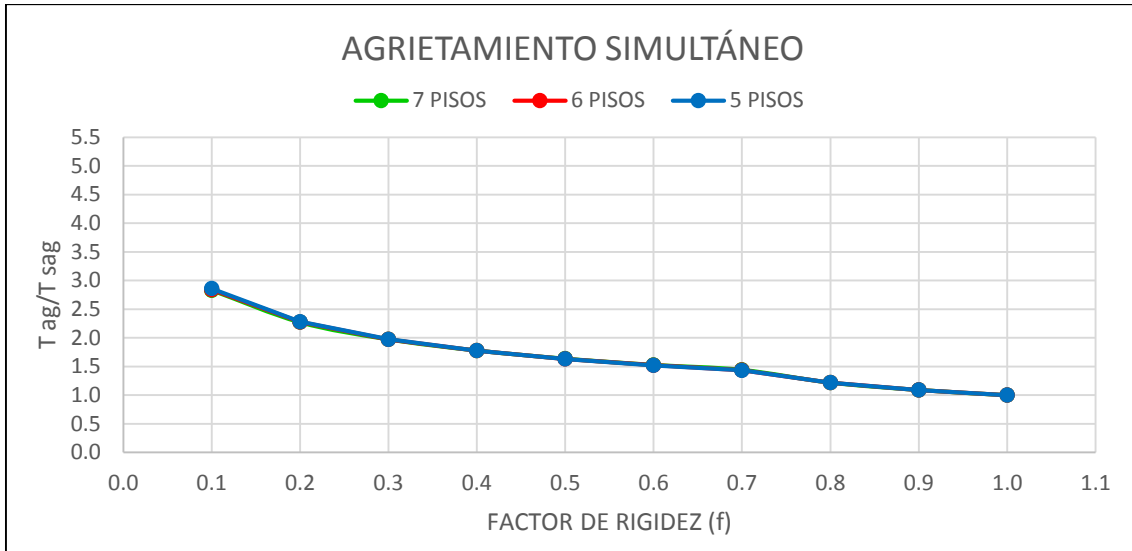


Figura 4.1. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Periodo de vibración

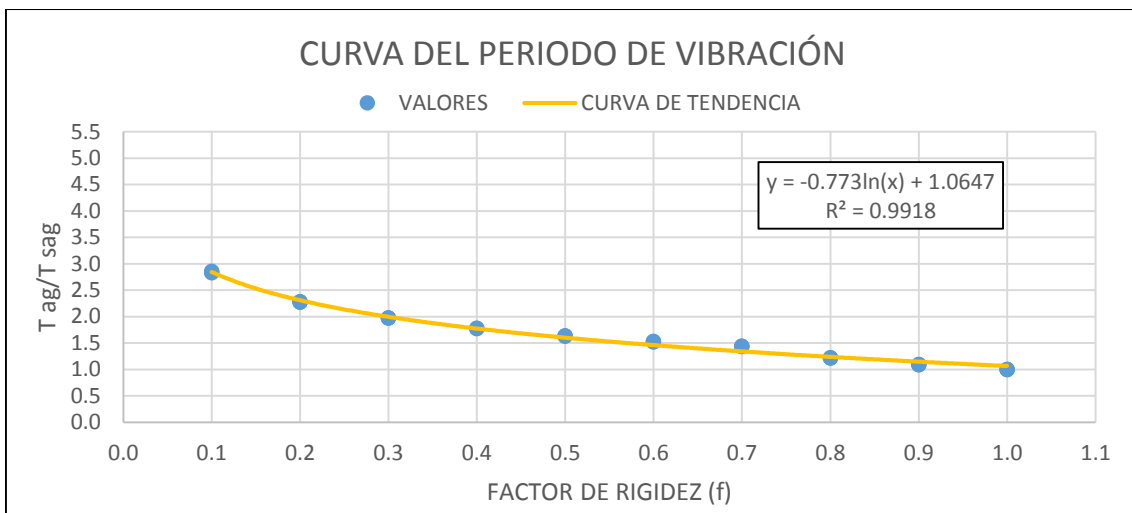


Figura 4.2. Curva de tendencia para el periodo de vibración

4.2. Variación de la Cortante Basal con el agrietamiento.

Quando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que la cortante basal se reduce hasta un indicador de **0.95**, es decir la cortante basal disminuye el **5%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	CORTANTE 7 PISOS (V AG/V SAG)	CORTANTE 6 PISOS (V AG/V SAG)	CORTANTE 5 PISOS (V AG/V SAG)
0.10	0.87	0.88	0.91
0.20	0.88	0.89	0.91
0.30	0.89	0.90	0.92
0.40	0.90	0.91	0.93
0.50	0.91	0.92	0.94
0.60	0.92	0.93	0.95
0.70	0.93	0.94	0.96
0.80	0.95	0.96	0.97
0.90	0.98	0.98	0.98
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.2. Indicadores de la cortante basal según el tipo de edificio

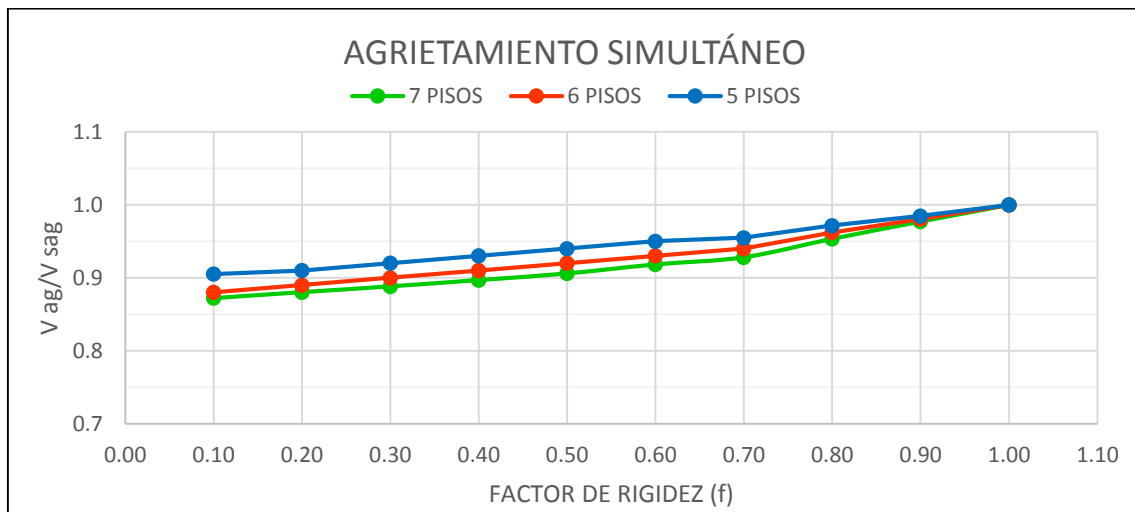


Figura 4.3. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Basal

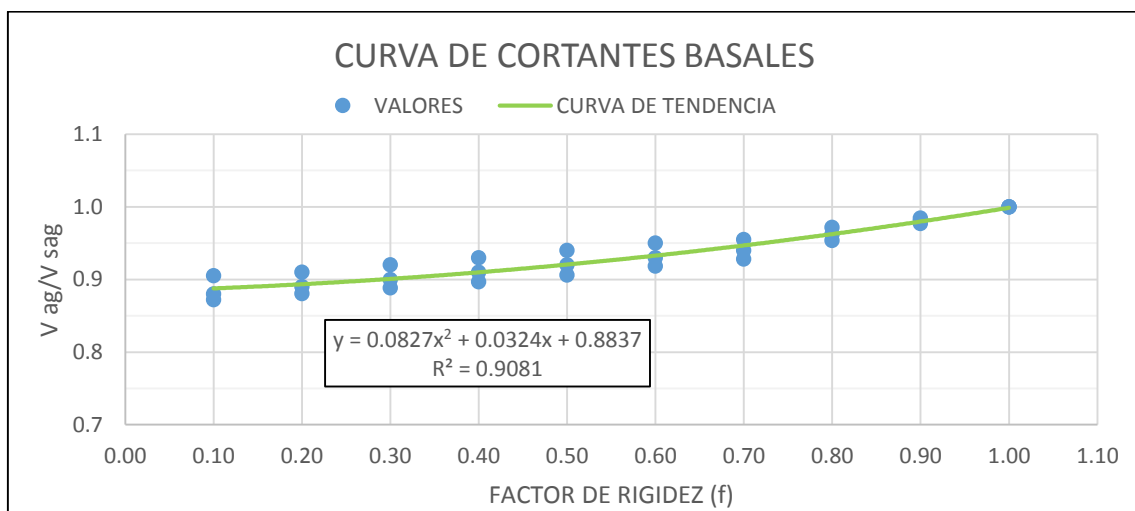


Figura 4.4. Curva de tendencia para la cortante basal

4.3. Variación de la Deriva Máxima de entrepiso con el agrietamiento.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que la deriva se incrementa hasta un indicador de **1.60**, es decir la deriva aumenta el **60%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	DERIVA 7 PISOS (D AG/D SAG)	DERIVA 6 PISOS (D AG/D SAG)	DERIVA 5 PISOS (D AG/D SAG)
0.10	2.86	3.60	4.29
0.20	2.61	3.05	3.59
0.30	2.43	2.77	3.02
0.40	2.29	2.53	2.53
0.50	2.10	2.23	2.21
0.60	2.02	2.00	1.97
0.70	1.84	1.83	1.79
0.80	1.41	1.40	1.38
0.90	1.21	1.16	1.16
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.3. Indicadores de la deriva máxima según el tipo de edificio.

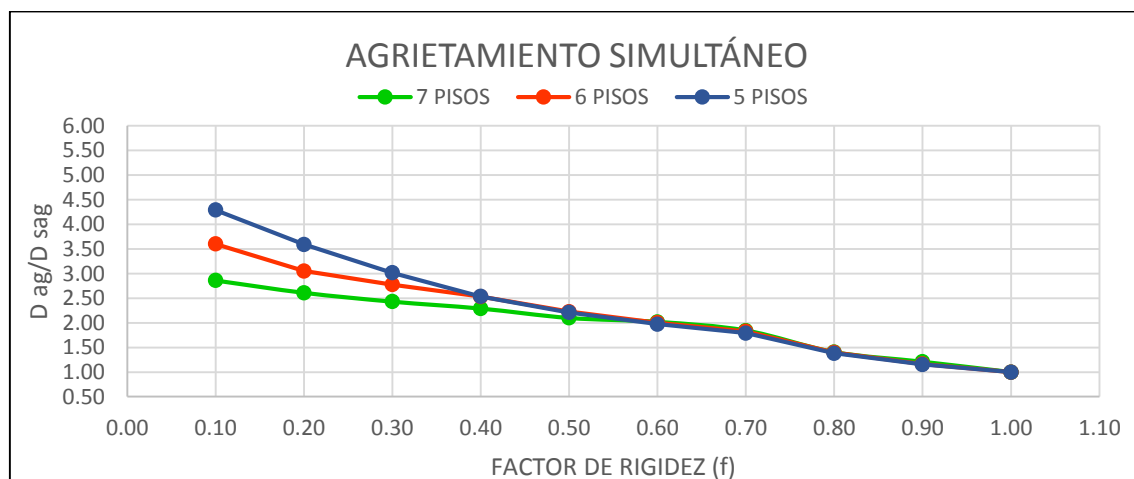


Figura 4.5. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la deriva máxima.

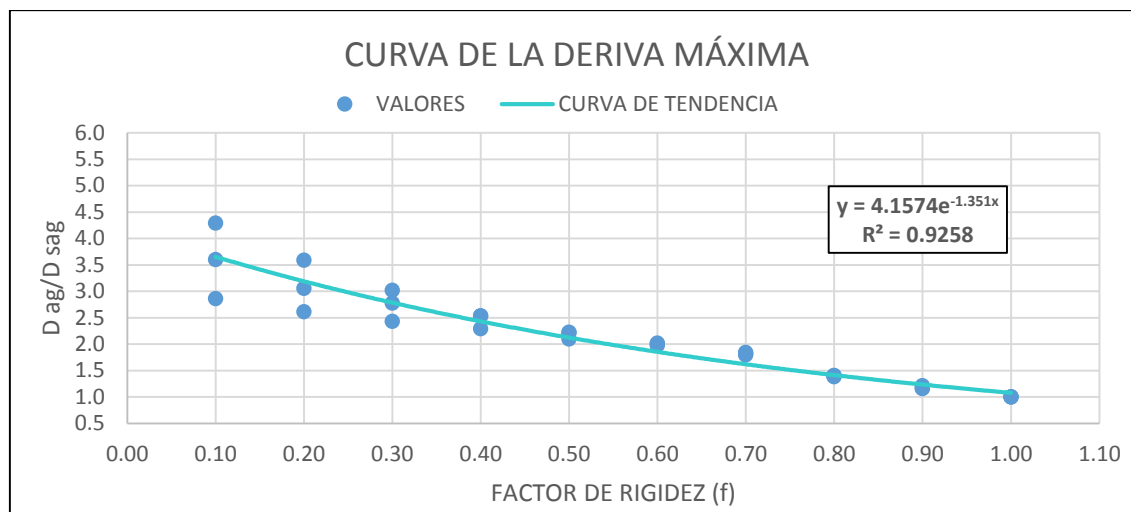


Figura 4.6. Curva de tendencia para la deriva máxima.

4.4. Variación de los Momentos Máximos con el agrietamiento.

4.4.1. Momento Máximo en Vigas.

Quando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que el momento máximo en vigas se incrementa hasta un indicador de **1.20**, es decir el momento aumenta el **20%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	M.MAX EN VIGAS 7 PISOS (M VAG/M VSAG)	M.MAX EN VIGAS 6 PISOS (M VAG/M VSAG)	M.MAX EN VIGAS 5 PISOS (M VAG/M VSAG)
0.10	0.87	0.97	1.07
0.20	1.14	1.21	1.22
0.30	1.24	1.24	1.24
0.40	1.23	1.24	1.24
0.50	1.21	1.22	1.22
0.60	1.20	1.19	1.19
0.70	1.16	1.17	1.17
0.80	1.11	1.11	1.11
0.90	1.05	1.05	1.05
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.4. Indicadores del momento máximo en vigas según el tipo de edificio

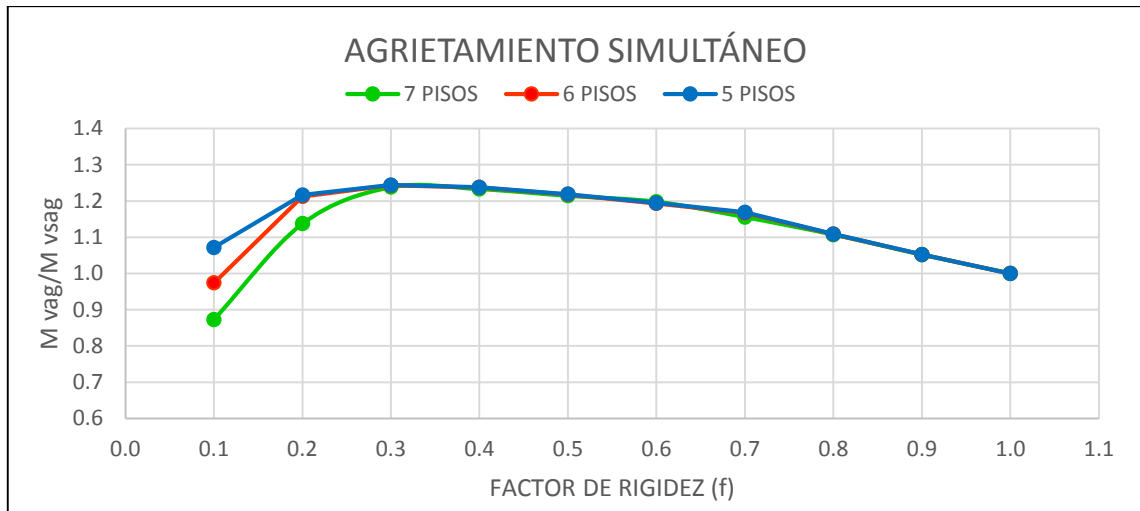


Figura 4.7. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Vigas.

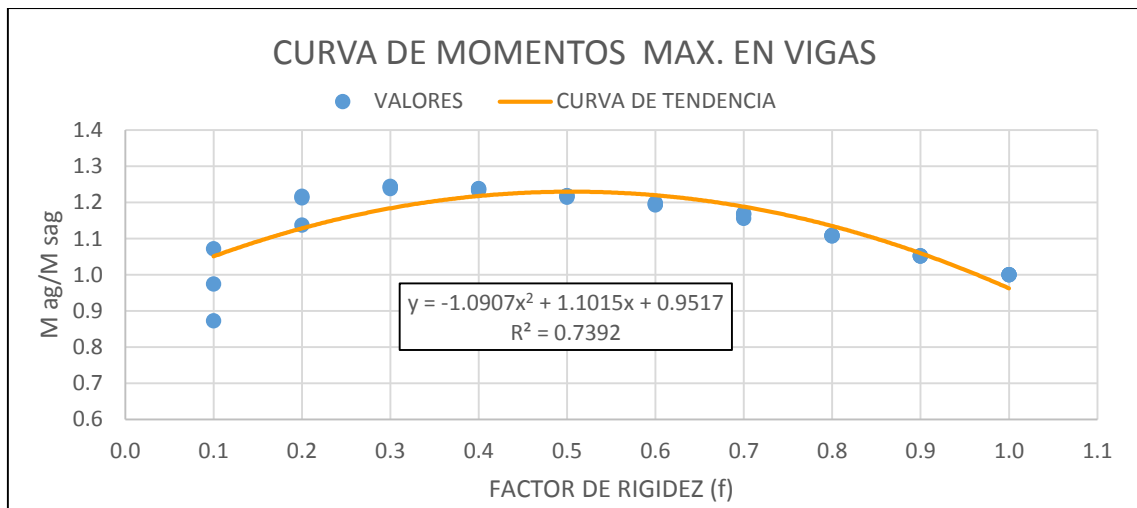


Figura 4.8. Curva de tendencia para el momento máximo en vigas

4.4.2. Momento Máximo en Columnas.

Quando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que el momento máximo en columnas se incrementa hasta un indicador de **1.20**, es decir el momento aumenta el **20%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	M.MAX EN COL. 7 PISOS (M CAG/M CSAG)	M.MAX EN COL. 6 PISOS (M CAG/M CSAG)	M.MAX EN COL. 5 PISOS (M CAG/M CSAG)
0.10	0.87	0.94	1.03
0.20	1.11	1.17	1.18
0.30	1.23	1.23	1.23
0.40	1.25	1.26	1.26
0.50	1.27	1.27	1.27
0.60	1.24	1.25	1.25
0.70	1.21	1.21	1.20
0.80	1.14	1.15	1.14
0.90	1.06	1.06	1.06
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.5. Indicadores del momento máximo en columnas

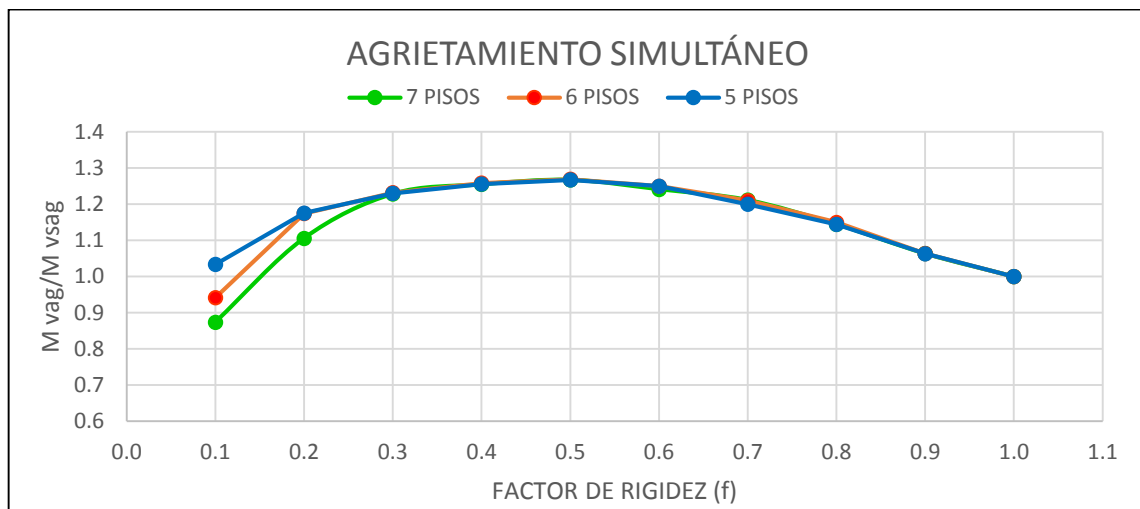


Figura 4.9. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Columnas

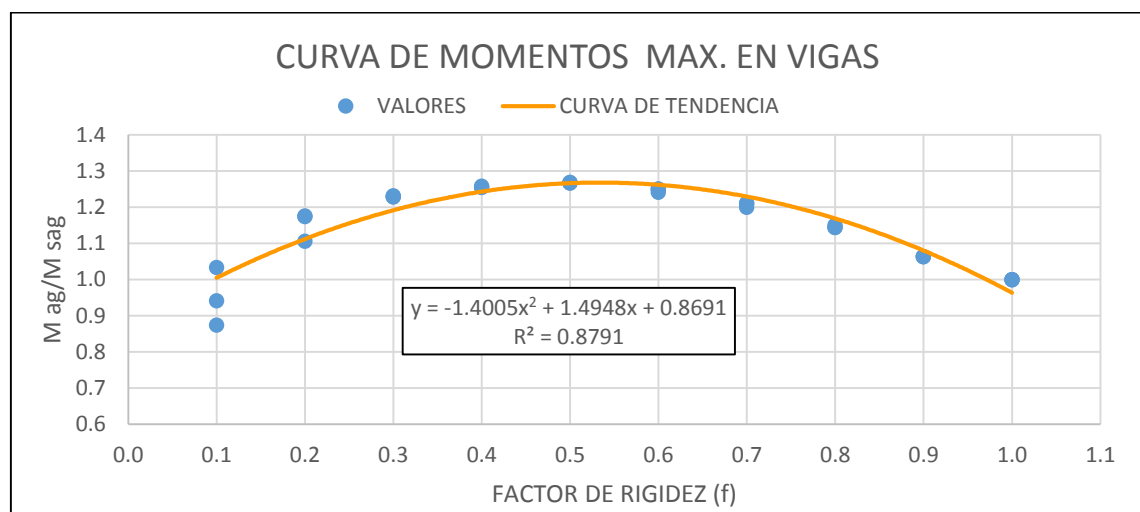


Figura 4.10. Curva de tendencia el Momento Máximo de Columnas

4.4.3. Momento Máximo en Muros.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que el momento máximo en muros se reduce hasta un indicador de **0.90**, es decir el momento disminuye el **10%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	M.MAX EN MUROS 7 PISOS (M MAG/M MSAG)	M.MAX EN MUROS 6 PISOS (M MAG/M MSAG)	M.MAX EN MUROS 5 PISOS (M MAG/M MSAG)
0.10	0.62	0.70	0.79
0.20	0.74	0.81	0.83
0.30	0.81	0.83	0.85
0.40	0.82	0.84	0.86
0.50	0.83	0.85	0.86
0.60	0.84	0.85	0.87
0.70	0.86	0.87	0.88
0.80	0.92	0.92	0.91
0.90	0.96	0.97	0.97
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.6. Indicadores del momento máximo en muros según el tipo de edificio

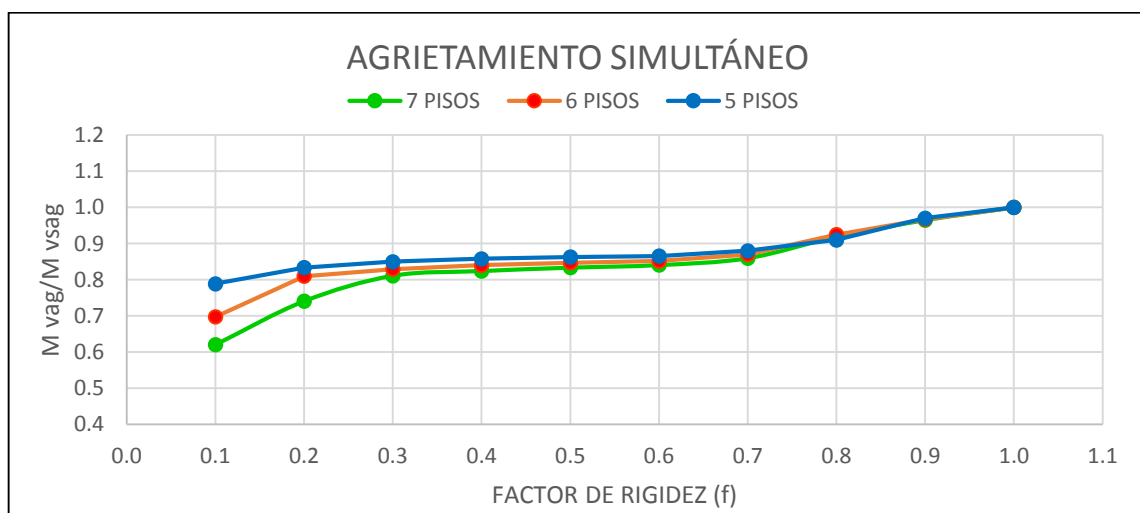


Figura 4.11. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en el Momento Máximo de Muros.

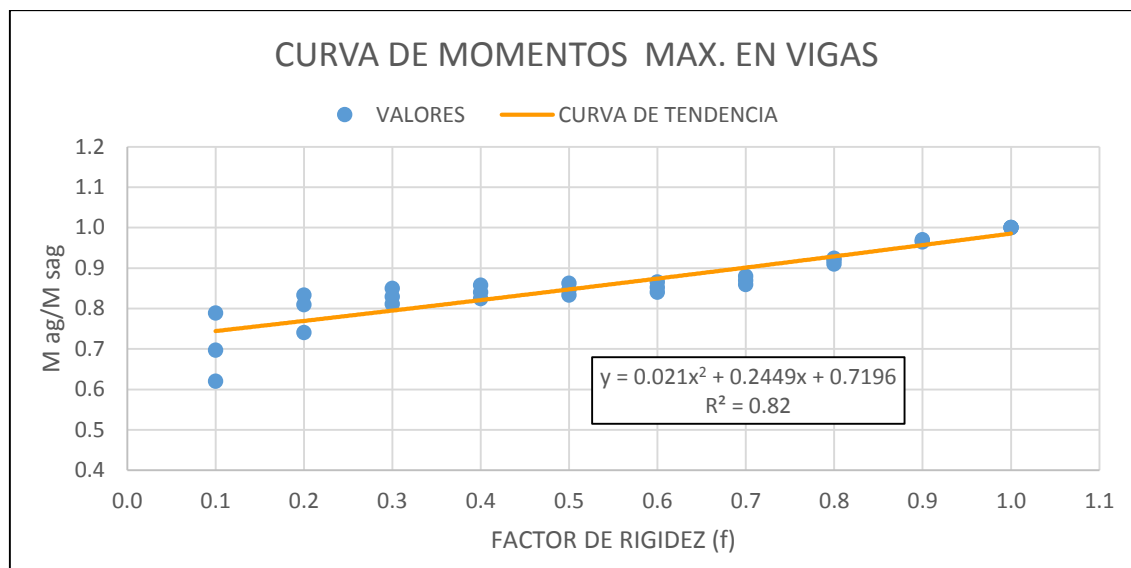


Figura 4.12. Curva de tendencia para el Momento Máximo de Muros.

4.5. Variación de las Cortantes Máximas con el agrietamiento.

4.5.1. Cortante Máxima en Vigas.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que la cortante máxima en vigas se incrementa hasta un indicador de **1.30**, es decir la cortante aumenta el **30%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	V.MAX EN VIGAS 7 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN VIGAS 6 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN VIGAS 5 PISOS (M VAG/M VSAG)
0.10	1.21	1.32	1.46
0.20	1.41	1.49	1.49
0.30	1.46	1.47	1.47
0.40	1.43	1.43	1.43
0.50	1.39	1.39	1.39
0.60	1.35	1.35	1.36
0.70	1.28	1.28	1.28
0.80	1.18	1.18	1.18
0.90	1.08	1.08	1.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.7. Indicadores de la cortante máxima en vigas según el tipo de edificio

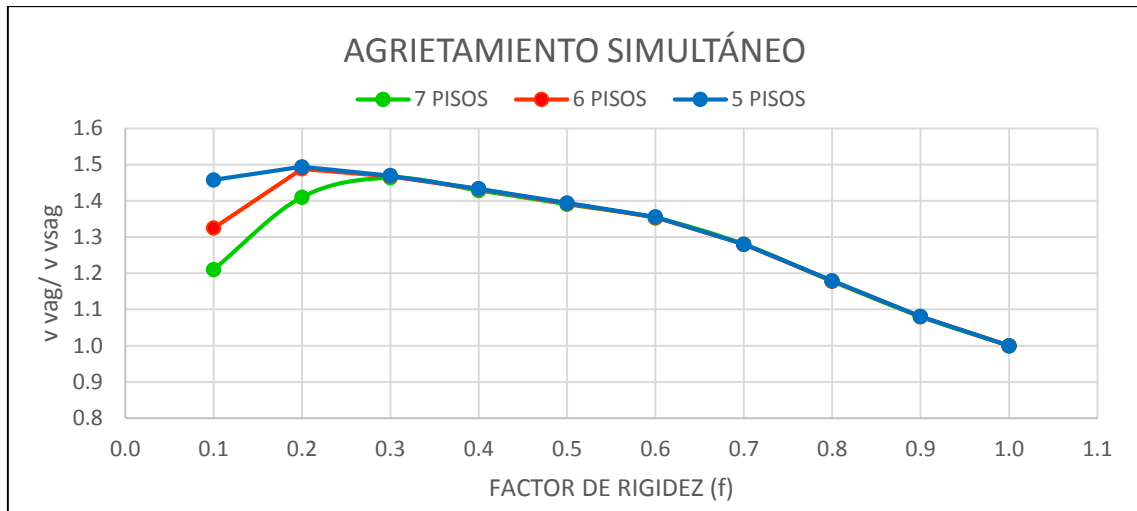


Figura 4.13. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Máxima de Vigas

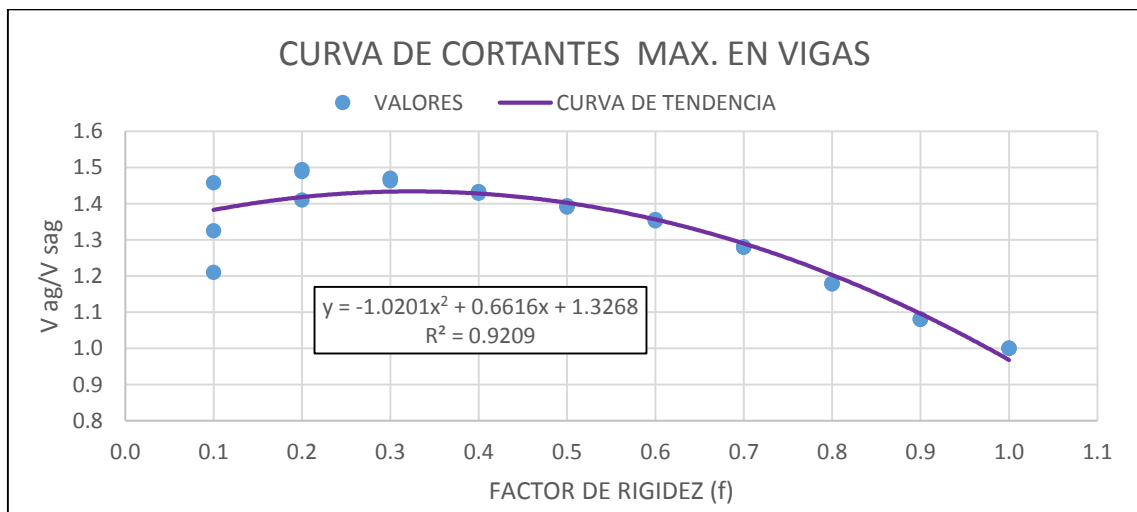


Figura 4.14. Curva de tendencia para la Cortante Máxima de Vigas

4.5.2. Cortante Máxima en Columnas.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que la cortante máxima en columnas se incrementa hasta un indicador de **1.20**, es decir la cortante aumenta el **20%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	V.MAX EN MUROS 7 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN MUROS 6 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN MUROS 5 PISOS (M VAG/M VSAG)
0.10	1.12	1.22	1.34
0.20	1.20	1.30	1.31
0.30	1.25	1.26	1.27
0.40	1.21	1.22	1.22
0.50	1.17	1.18	1.18
0.60	1.14	1.14	1.14
0.70	1.10	1.11	1.11
0.80	1.06	1.07	1.07
0.90	1.03	1.03	1.03
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.8. Indicadores de la cortante máxima en columnas según el tipo de edificio

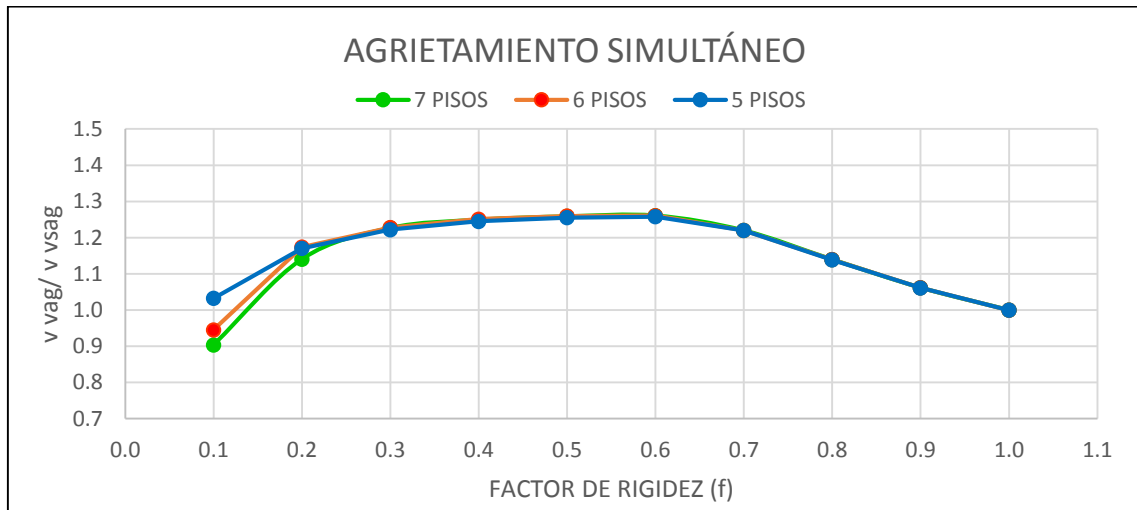


Figura 4.15. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Máxima de Columnas

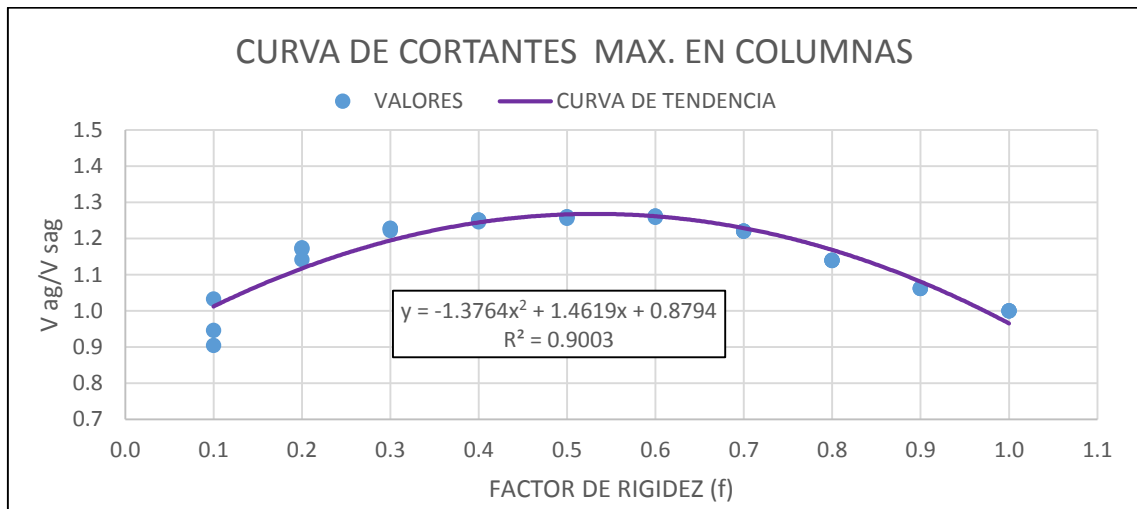


Figura 4.16. Curva de tendencia para la Cortante Máxima de Columnas

4.5.3. Cortante Máxima en Muros.

Cuando se considera agrietamiento simultáneo considerando los factores de reducción establecidos en la norma peruana E.060 de concreto armado (0.70 para columnas y 0.35 para vigas y placas), utilizando la ecuación de la curva de tendencia se obtiene que la cortante máxima en muros se incrementa hasta un indicador de **1.10**, es decir la cortante aumenta el **10%** en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

AGRIETAMIENTO SIMULTÁNEO			
FACTOR DE RIGIDEZ (f)	V.MAX EN MUROS 7 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN MUROS 6 PISOS (M VAG/M VSAG)	V.MAX EN MUROS 5 PISOS (M VAG/M VSAG)
0.10	1.12	1.22	1.34
0.20	1.20	1.30	1.31
0.30	1.25	1.26	1.27
0.40	1.21	1.22	1.22
0.50	1.17	1.18	1.18
0.60	1.14	1.14	1.14
0.70	1.10	1.11	1.11
0.80	1.06	1.07	1.07
0.90	1.03	1.03	1.03
1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.9. Factores de la cortante máxima en muros

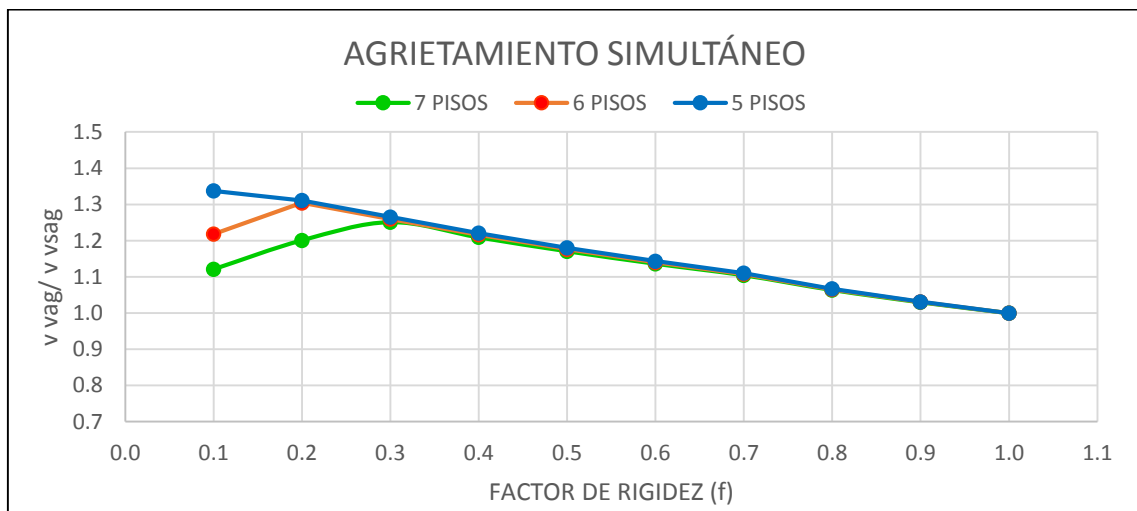


Figura 4.17. Influencia del Agrietamiento Simultáneo en la Cortante Máxima de muros

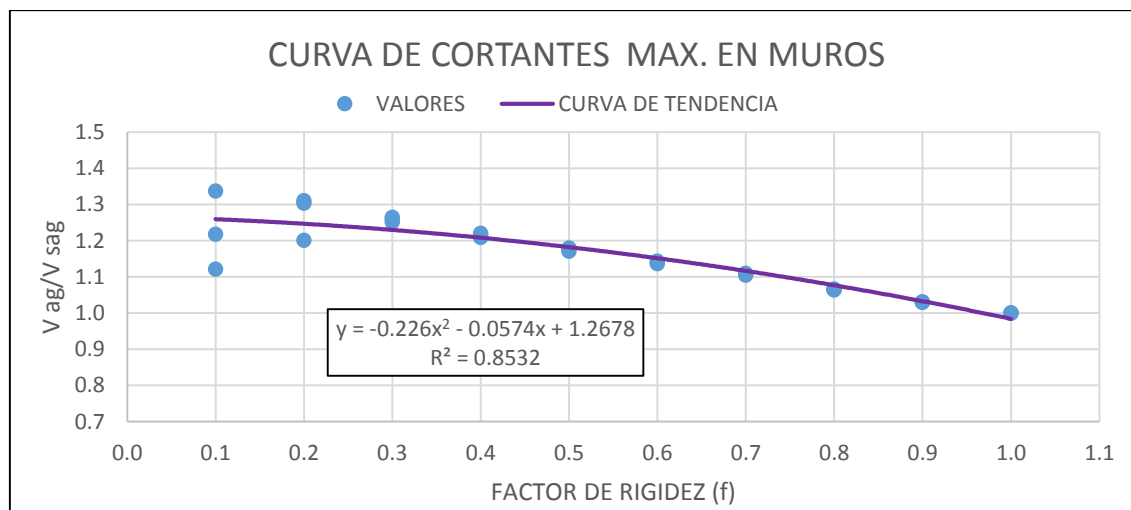


Figura 4.18. Curva de tendencia para la Cortante Máxima de muros

Finalmente se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en la presente investigación y otras investigaciones realizadas en el Perú.

PARÁMETRO	EDIFICIOS CON SISTEMA APORTICADO ⁽¹⁾	EDIFICIOS CON SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES ⁽²⁾	EDIFICIOS CON SISTEMA DUAL ⁽³⁾
PERIODO DE VIBRACIÓN	1.50 (+50%)	1.60 (+60%)	1.30 (+30%)
CORTANTE BASAL	0.70 (-30%)	0.85 (-15%)	0.95 (-5%)
DERIVA MÁXIMA	1.50 (+50%)	2.00 (+100%)	1.60 (+60%)
MOMENTO EN VIGAS	0.50 (-50%)	----	1.20 (+20%)
MOMENTO EN COLUMNAS	0.80 (-20%)	----	1.20 (+20%)
MOMENTO EN MUROS	----	0.85 (-15%)	0.90 (-10%)
CORTANTE EN VIGAS	----	----	1.30 (+30%)
CORTANTE EN COLUMNAS	----	----	1.20 (+20%)
CORTANTE EN MUROS	----	1.10 (+10%)	1.10 (+10%)

Tabla 4.10. Comparación con resultados de otras investigaciones.

De la tabla anterior se puede sacar las siguientes conclusiones, todas en función al modelo probabilístico base de secciones no agrietada e inercia bruta.

- El periodo de vibración para el sistema (1) se incrementa un 50%, para el sistema (2) se incrementa un 60% y para el sistema (3) se incrementa un 30%.
- La cortante basal para el sistema (1) se reduce un 30%, para el sistema (2) se reduce un 15% y para el sistema (3) se reduce un 5%.
- La deriva máxima para el sistema (1) se incrementa en un 50%, para el sistema (2) se incrementa un 100% y para el sistema (3) se incrementa un 60%.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Las siguientes conclusiones corresponden a edificios de concreto armado con sistema dual de 5, 6 y 7 pisos, ubicados en zona residencial (R-5) de la ciudad de Cajamarca, cuyos elementos sin considerar agrietamiento, tienen las dimensiones necesarias para satisfacer los requisitos de rigidez de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente.

El agrietamiento en los elementos estructurales influye negativamente en la respuesta sísmica de los edificios de concreto armado con sistema dual, debido a que:

- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) el periodo de vibración se incrementa hasta un indicador de 1.3, es decir aumenta el 30% en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.
- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) la cortante basal se reduce hasta un indicador de 0.95, es decir disminuye el 5% en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.
- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) la deriva máxima se incrementa hasta un indicador de 1.6, es decir aumenta el 60% en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.

- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) el momento y la cortante en las vigas se incrementan hasta un indicador de 1.2 y 1.3 respectivamente, es decir aumentan el 20% y 30% en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.
- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) el momento y la cortante en las columnas se incrementan ambos hasta un indicador de 1.2, es decir aumentan el 20% en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.
- Utilizando los factores de reducción de inercia indicados en la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 (factor de reducción de inercia en vigas = 0.35, factor de reducción de inercia en muros = 0.35 y factor de reducción de inercia en columnas = 0.7) el momento en los muros se reduce hasta un indicador de 0.9, es decir disminuye el 10% y la cortante se incrementa hasta un indicador de 1.1, es decir aumenta el 10%, en función al modelo determinístico base de secciones no agrietadas e inercia bruta.
- Cuando se consideran factores de reducción de inercia en vigas, columnas y placas independientemente, los resultados muestran que el agrietamiento influye en mayor proporción en las vigas que en las columnas y placas.
- Si se quiere mantener la misma exigencia de rigidez para los edificios duales establecidos en la norma E.030 de diseño sismorresistente y además se quiere trabajar con factores de agrietamiento establecidos en la norma E.060 de concreto armado, el límite de la deriva se debería aumentar a 11 ‰.

5.2. Recomendaciones.

- Lo edificios de 5, 6 y 7 pisos consideradas en la presente investigación responden favorablemente al planeamiento urbano para una zona residencial R-5, según el plan de desarrollo urbano 2016-2026 de la ciudad de Cajamarca, por lo cual pueden ser utilizados en dicha zona.
- Se debe incluir el agrietamiento de los elementos estructurales a la hora de realizar el análisis sísmico, para lo cual debería haber una actualización de la norma de diseño sismorresistente E.030.
- Se recomienda hacer un análisis de influencia del agrietamiento, incluyendo la interacción suelo estructura, ya que sería una manera más exacta y a la vez correcta de hacer un análisis.
- Se debería hacer un análisis sísmico considerando también los factores de reducción de rigidez al corte como lo recomienda el FEMA 356.
- Se recomienda hacer la misma investigación, pero considerando sistemas con muros de ductilidad limitada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ✎ Burgos Namuche, Maribel, Ing. Civil. (2009). Rigidez Efectiva de los elementos de Concreto Armado. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ✎ Luk Malca C, Luque Curilla C. (2011). Influencia del Agrietamiento en la Respuesta Sísmica de Edificios Apoticados peruanos. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✎ Borja S. M. (2013). Metodología de la Investigación Científica Para Ingenieros.
- ✎ Dávila Pablo O, Pérez Malpartida A. (2013). Influencia del Agrietamiento en la Respuesta Sísmica de Edificios Peruanos de Muros de Concreto Armado. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✎ Uchuypoma Silva E. (2013). Influencia de la Rigidez Efectiva en el Análisis y Diseño sismorresistente de un edificio de concreto armado de 12 pisos – Sistema Dual. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- ✎ Córdova Shedán Romel, Ing. Civil. (2017). Diseño Sísmico Directo Basado en Desplazamientos de un sistema estructural Dual. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✎ Vercelli Velásquez J. (2017). Diseño Estructural de un Edificio de Oficinas de Concreto Armado de 6 Pisos y 2 Sótanos ubicado en el distrito de San Miguel. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✎ Morales Morales R, Ing. Civil. (2017). Diseño en Concreto Armado.

ANEXO 1

Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios de 5, 6 y 7 Pisos

Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 5 Pisos

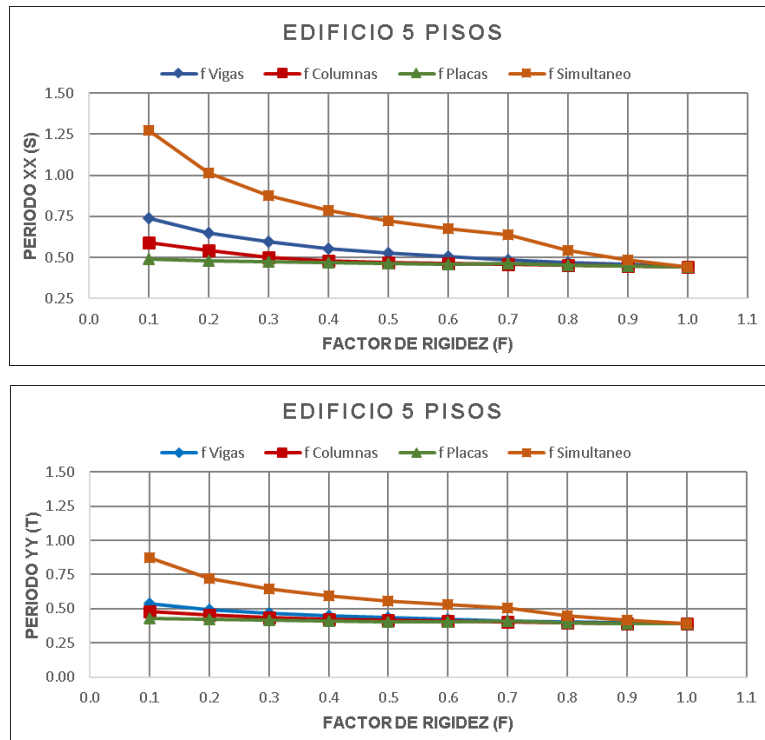


Figura A1.1. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración de un edificio de 5 pisos.

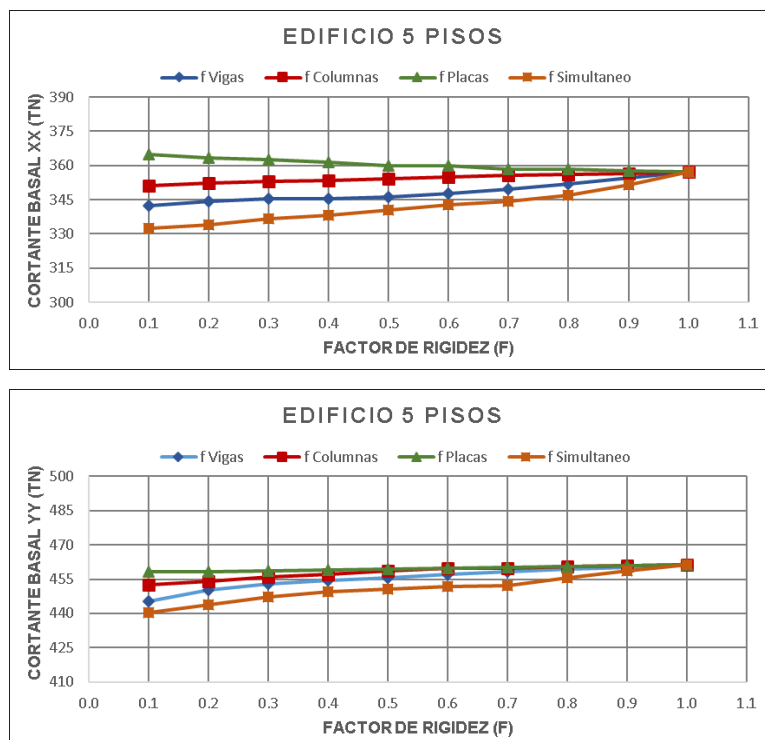


Figura A1.2. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal de un edificio de 5 pisos.

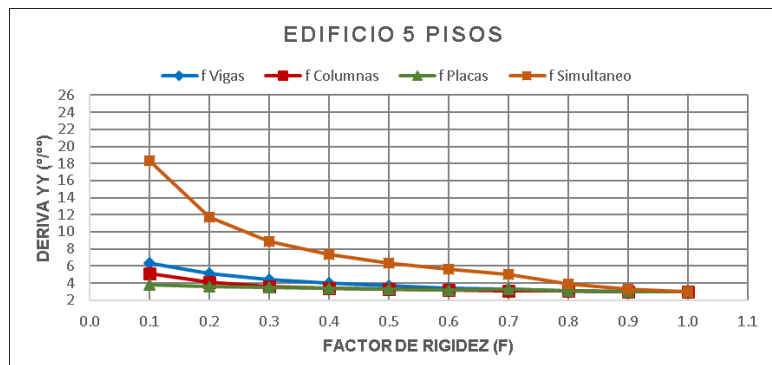
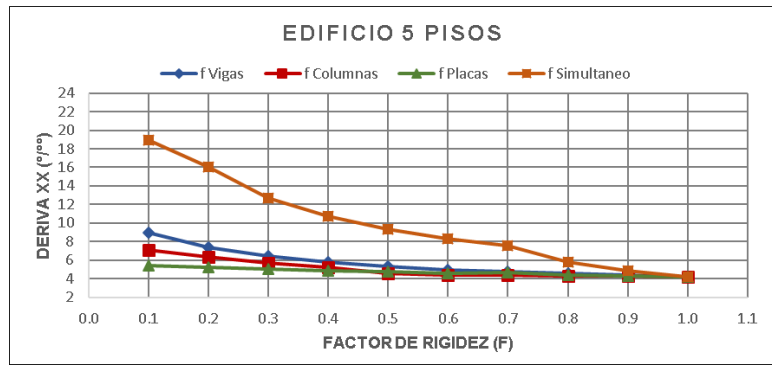


Figura A1.3. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima de un edificio de 5 pisos.

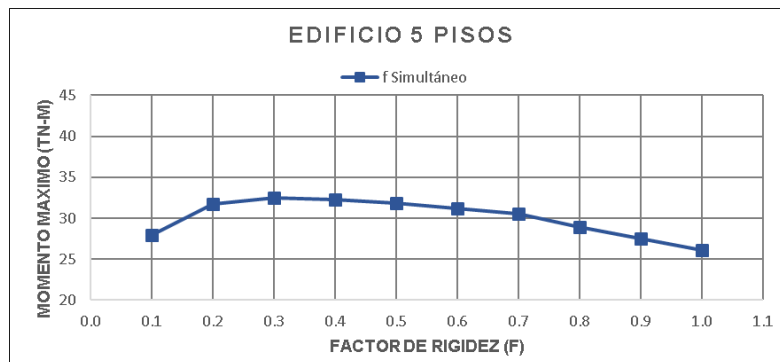


Figura A1.4. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas de un edificio de 5 pisos.

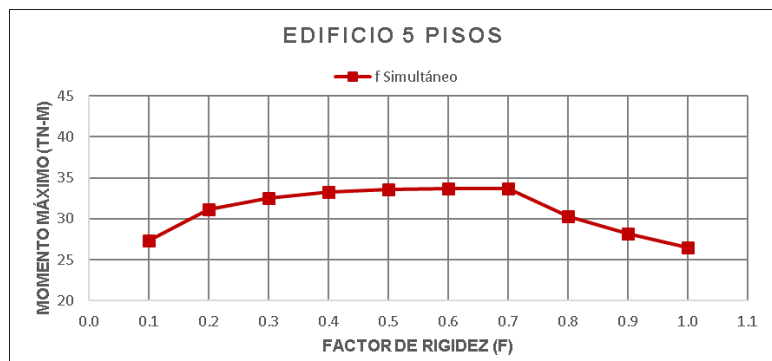


Figura A1.5. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas de un edificio de 5 pisos.

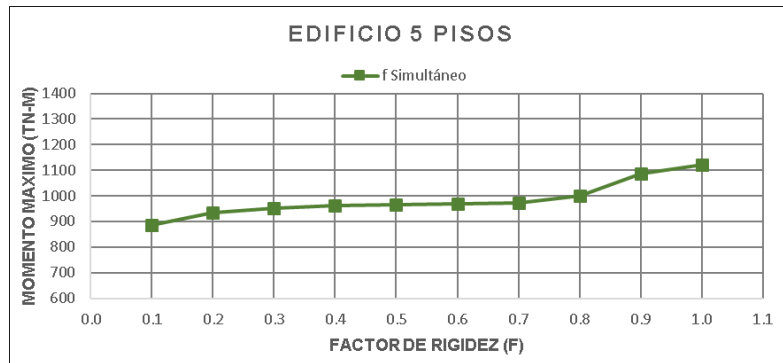


Figura A1.6. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros de un edificio de 5 pisos.

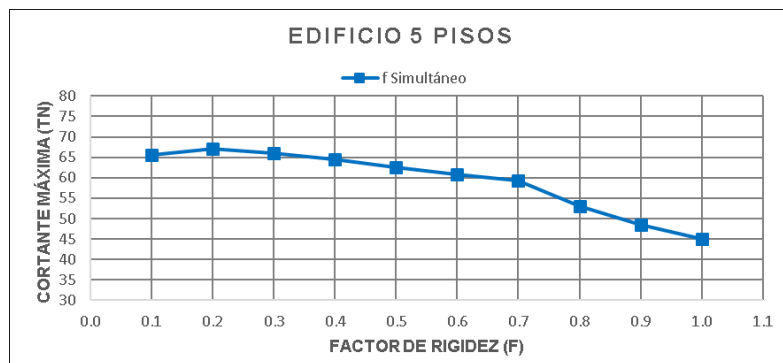


Figura A1.7. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas de un edificio de 5 pisos.

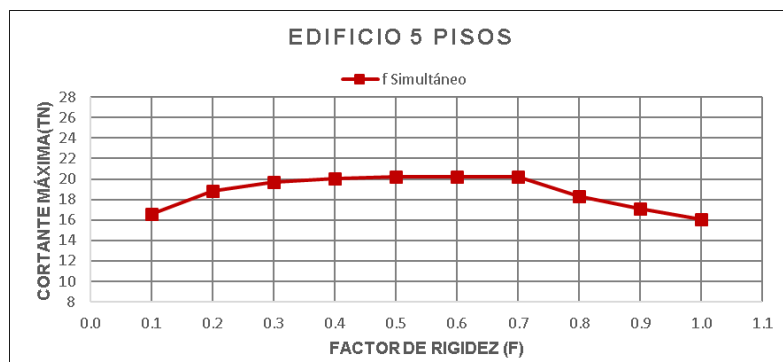


Figura A1.8. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas de un edificio de 5 pisos.

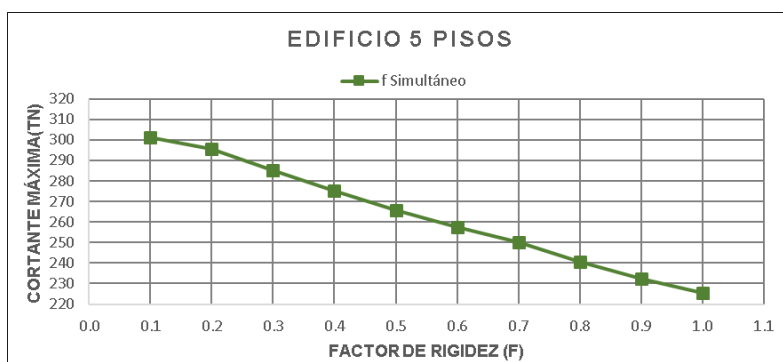


Figura A1.9. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros de un edificio de 5 pisos.

Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 6 Pisos

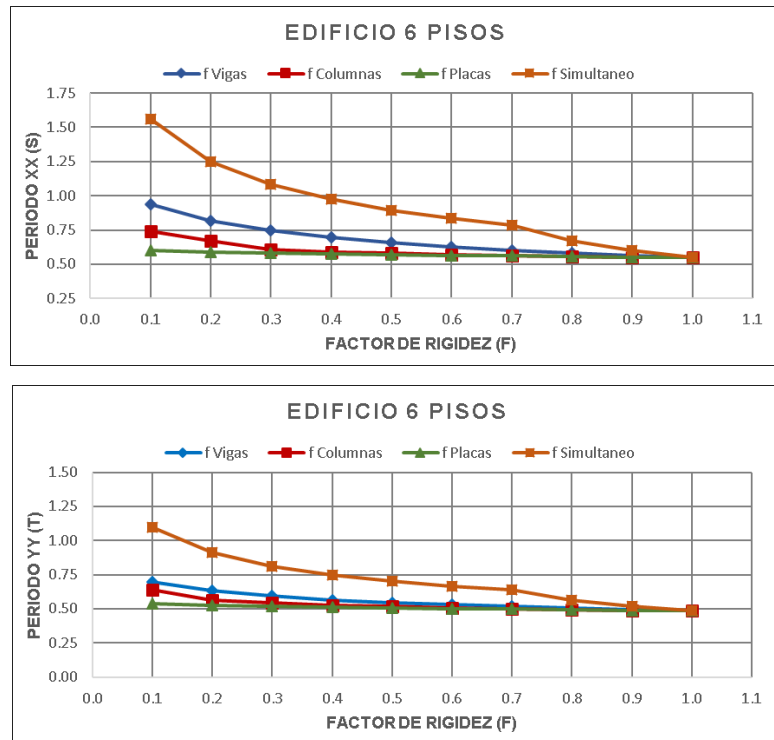


Figura A1.10. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración del edificio de 6 pisos.

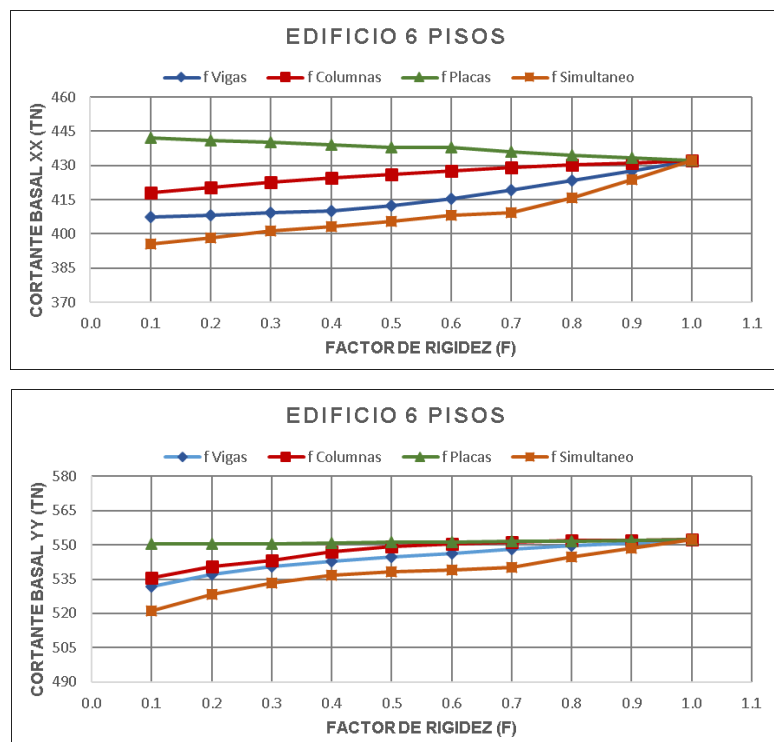


Figura A1.11. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal del edificio de 6 pisos.

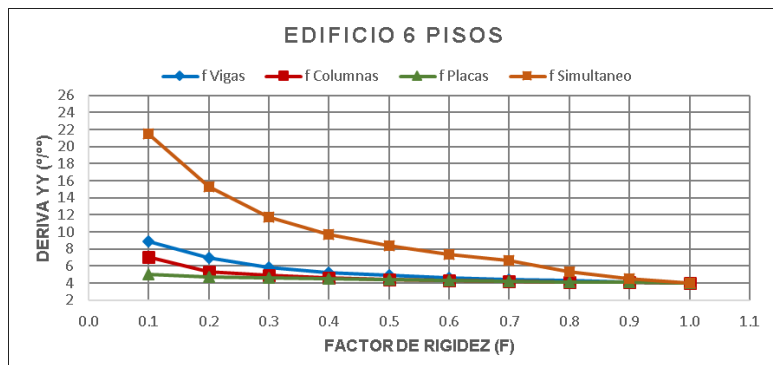
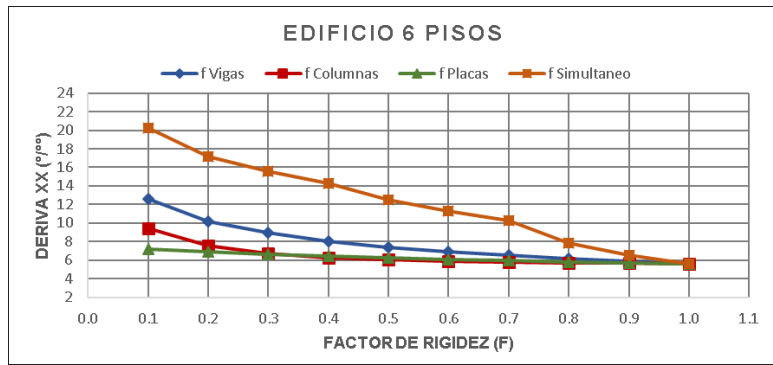


Figura A1.12. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima del edificio de 6 pisos.

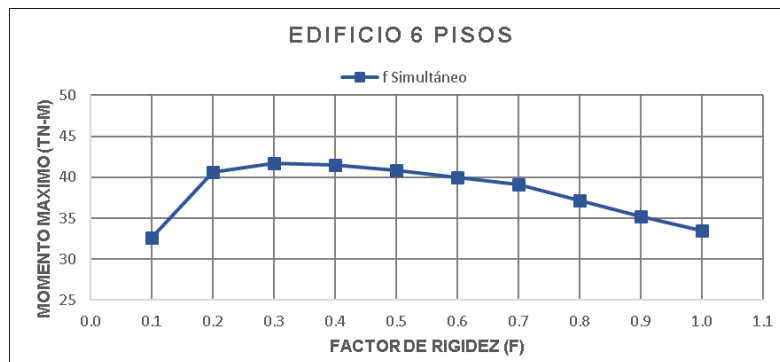


Figura A1.13. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas del edificio de 6 pisos.

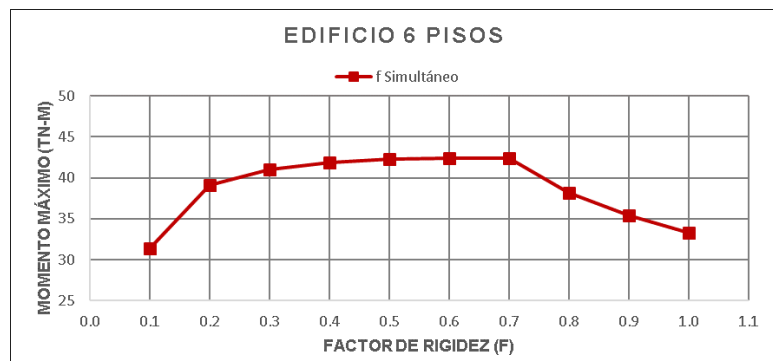


Figura A1.14. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas de un edificio de 6 pisos.

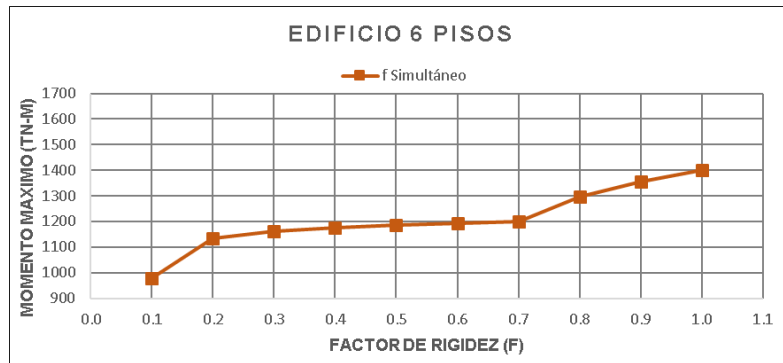


Figura A1.15. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros del edificio de 6 pisos.

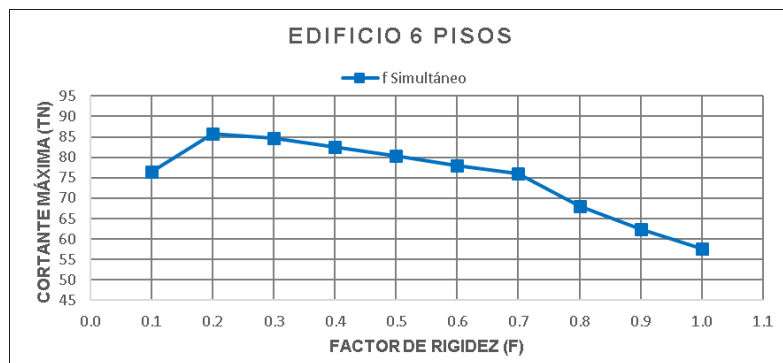


Figura A1.16. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas de un edificio de 6 pisos.

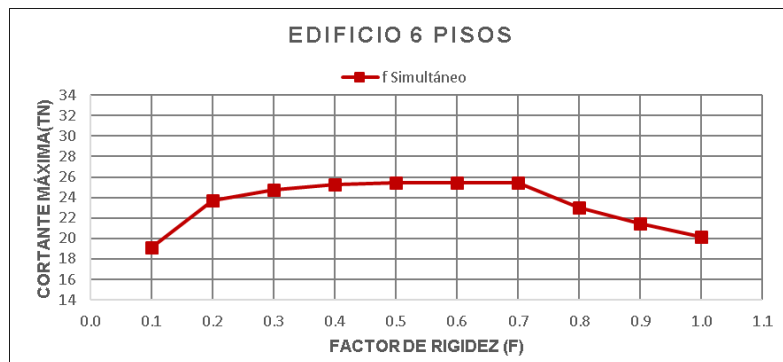


Figura A1.17. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas de un edificio de 6 pisos.

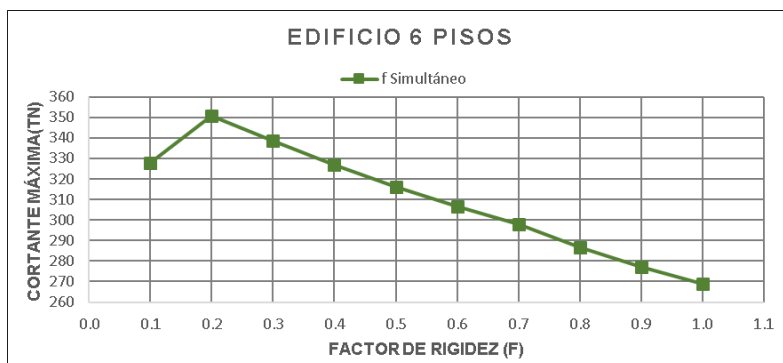


Figura A1.18. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros de un edificio de 6 pisos.

Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica del edificio de 7 Pisos

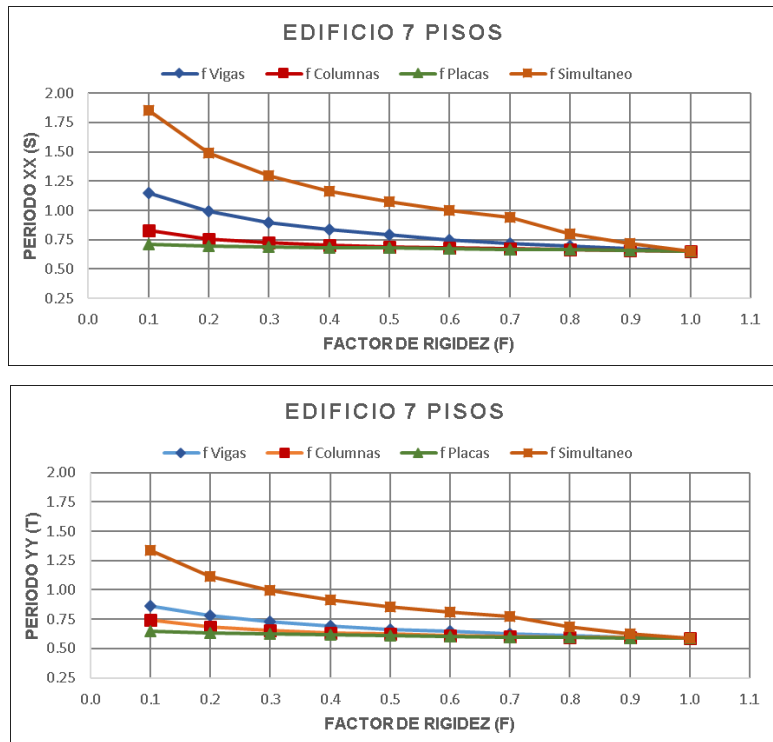


Figura A1.19. Influencia del Agrietamiento en el periodo de vibración del edificio de 7 pisos.

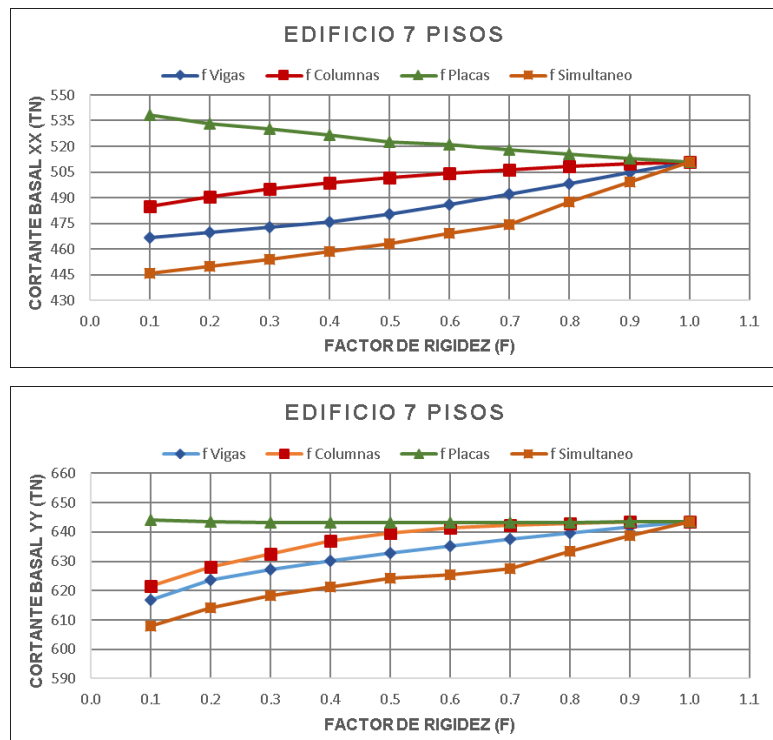


Figura A1.20. Influencia del Agrietamiento en la cortante basal del edificio de 7 pisos.

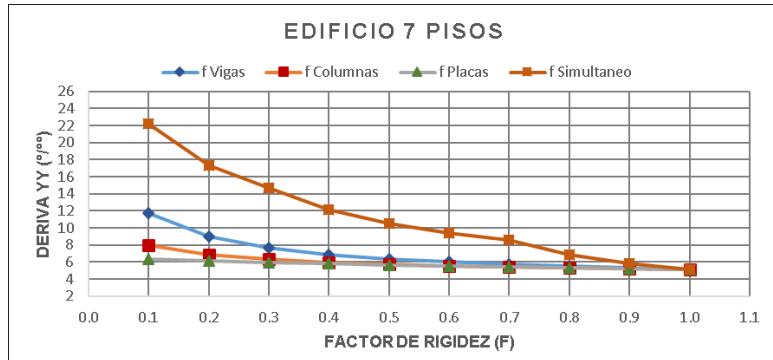
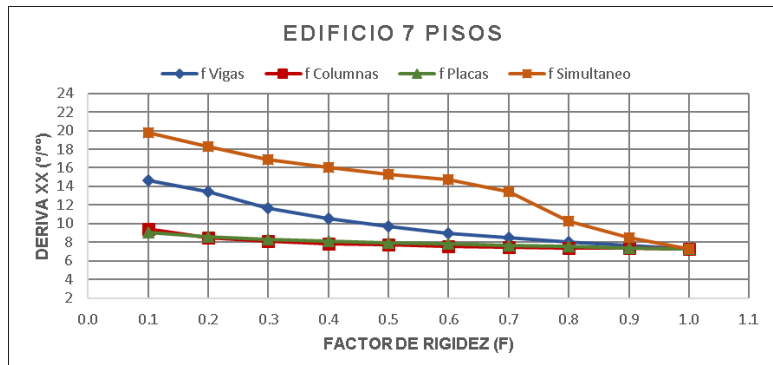


Figura A1.21. Influencia del Agrietamiento en la deriva máxima del edificio de 7 pisos.

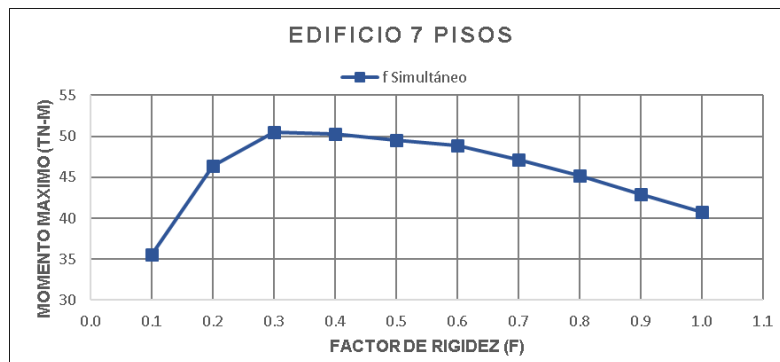


Figura A1.22. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de vigas del edificio de 7 pisos.

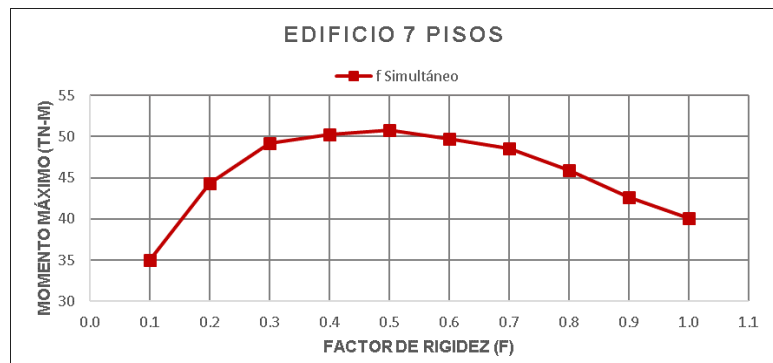


Figura A1.23. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de columnas del edificio de 7 pisos.

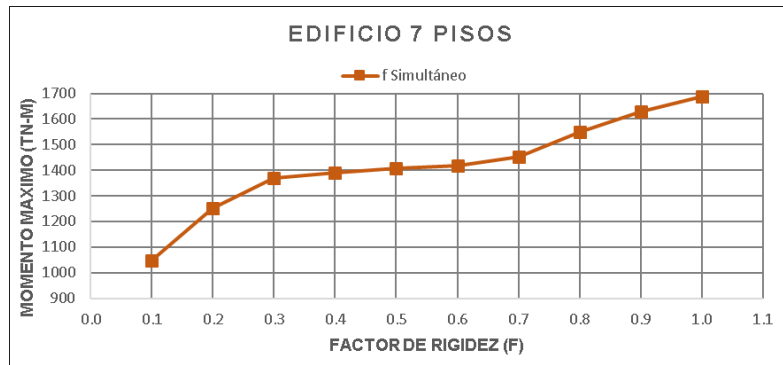


Figura A1.24. Influencia del Agrietamiento en el momento máximo de muros del edificio de 7 pisos.

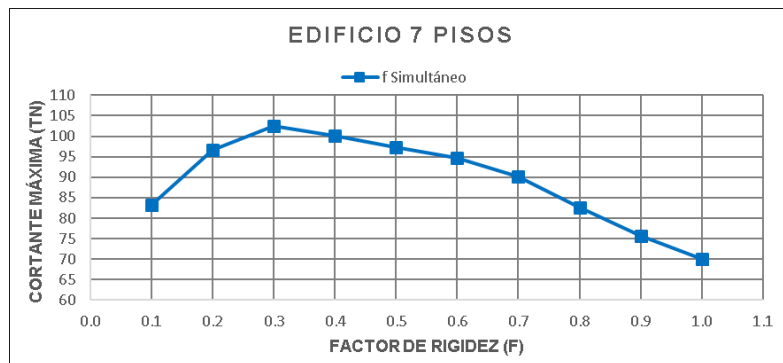


Figura A1.25. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de vigas del edificio de 7 pisos.

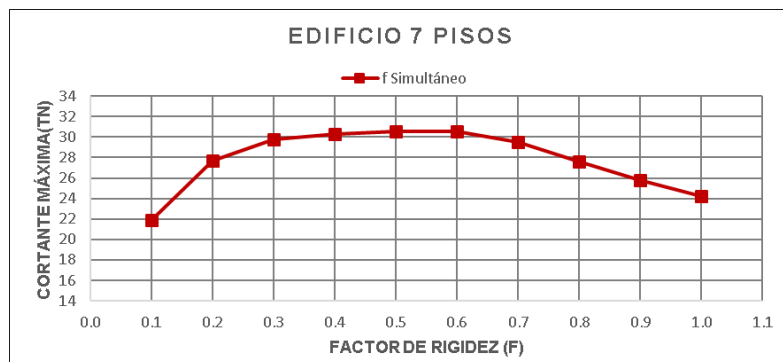


Figura A1.26. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de columnas del edificio de 7 pisos.

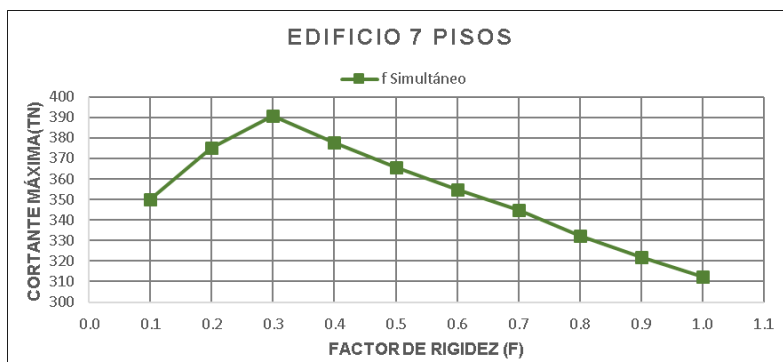
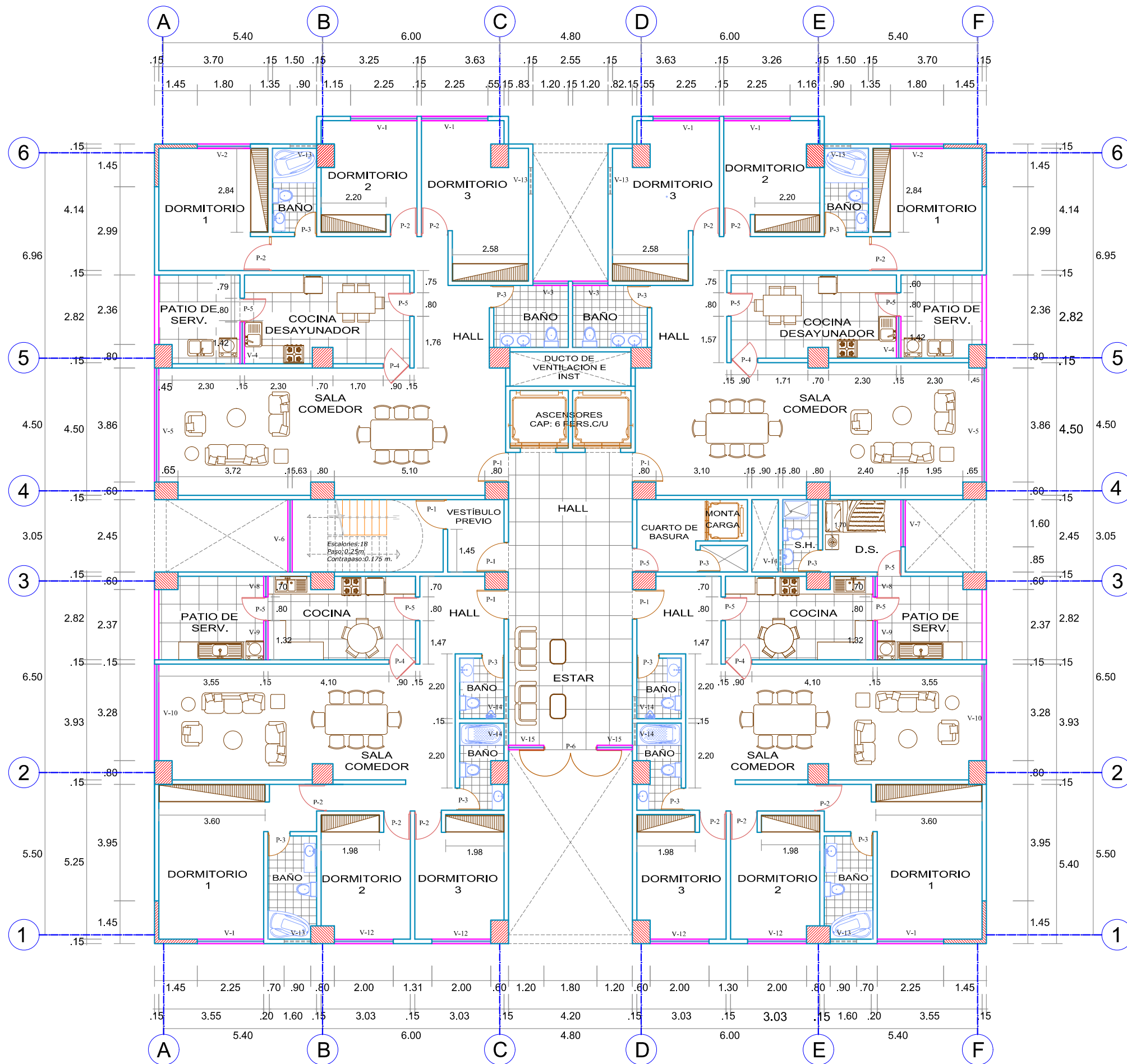


Figura A1.27. Influencia del Agrietamiento en la cortante máxima de muros del edificio de 7 pisos.

ANEXO 2

Planos a escala de la arquitectura y planta típica estructural considerados en la investigación



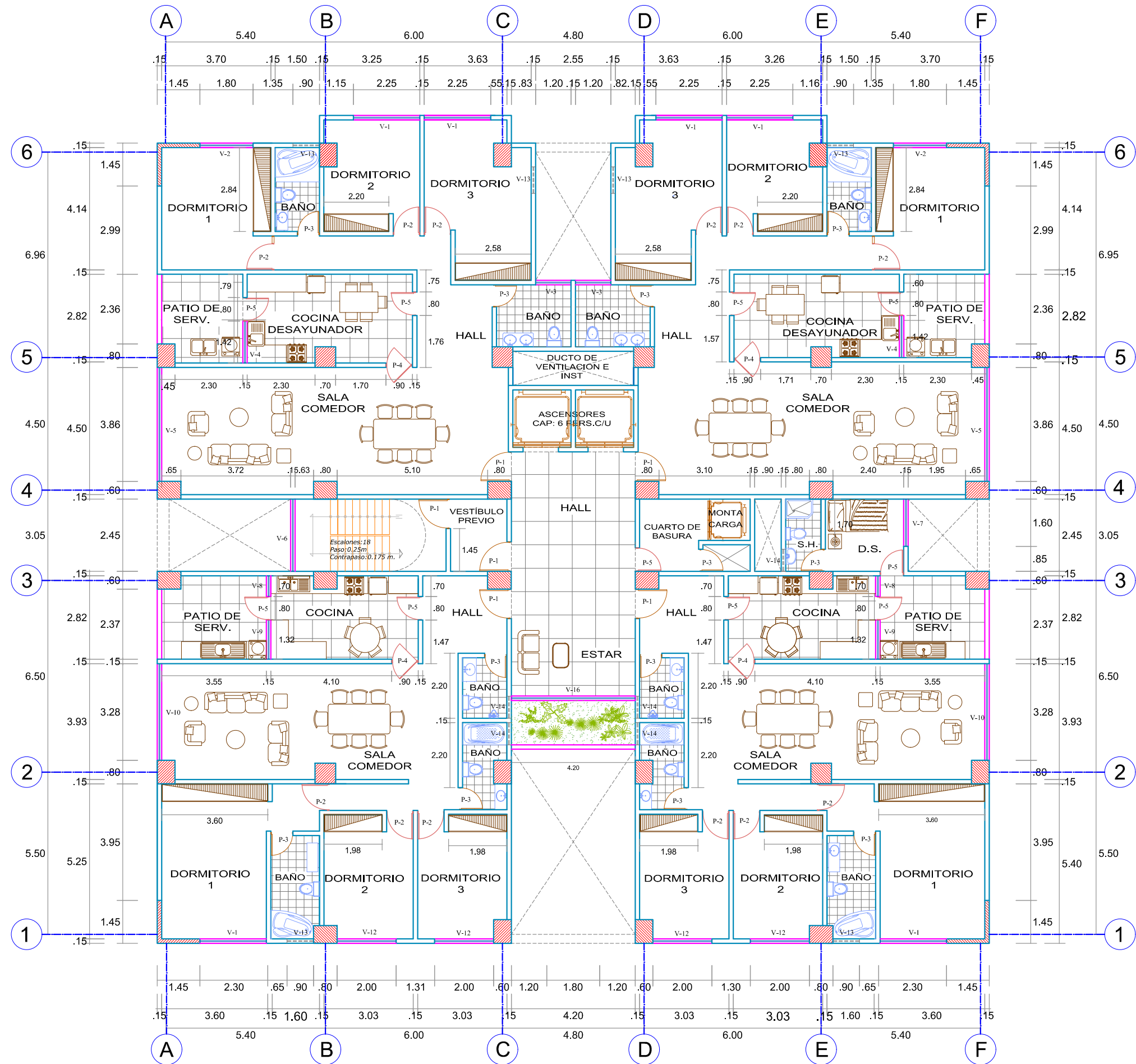
PLANTA ARQUITECTÓNICA 1 NIVEL
(E: 1/100)

CUADRO DE VANOS: VENTANAS				CUADRO DE VANOS: VENTANAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR
V-1	2.25	1.40	0.90	V-9	1.32	1.40	0.90
V-2	1.80	1.40	0.90	V-10	3.28	2.00	0.50
V-3	1.20	1.40	0.90	V-11	2.30	1.40	0.90
V-4	1.42	1.40	0.90	V-12	2.00	1.40	1.90
V-5	3.86	2.00	0.50	V-13	0.90	0.50	1.90
V-6	2.45	1.40	0.90	V-14	0.75	0.50	1.90
V-7	1.60	1.40	0.90	V-15	1.20	2.00	1.50
V-8	0.70	1.40	0.90	V-16	4.20	2.00	0.50

CUADRO DE VANOS: PUERTAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	OBSERVACIONES
P-1	1.00	2.40	TABLERO REBAJADO DE MADERA UNA HOJA, VIDRIO FIJO ARRIBA ABRE A HACIA ADETRÁS
P-2	0.90	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA, VIDRIO FIJO ARRIBA ABRE A HACIA ADETRÁS
P-3	0.75	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA ABRE HACIA ADETRÁS
P-4	0.90	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA, VAIVEN
P-5	0.80	2.40	TABLERO REBAJADO Y VIDRIO UNA HOJA ABRE HACIA ADETRÁS
P-6	1.80	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA DOS HOJAS, ABRE HACIA AFUERA

CUADRO DE ACABADOS							
ACAB. / AMB.	PISO			PARED			
	Porcelanato color de 0.60 x 0.60	Cerámico color de 0.30 x 0.30	Parquet	Tarrajo Frotachado	Pintura latex	Cerámico color de 0.30 x 0.30	Cerámico color de 0.40 x 0.40
Sala			•	•	•		
Comedor			•	•	•		
Cocina	•			•	•		•
Patio				•	•		
Estar			•	•	•		
Dormitorios			•	•	•		
S.H.		•		•	•	•	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA				
TESIS: "INFLUENCIA DEL AGRIETAMIENTO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMA DUAL"				PLANO N°: A-01
PLANO: PLANTA ARQUITECTÓNICA 1 NIVEL				
ASESOR: DR. ING. MIGUEL A. MOSQUERA MORENO	REV.:	DIBUJO: BACH. TOMMY J. RAMÍREZ FLORES	ESC.: 1/100	APROB.:
REGIÓN: CAJAMARCA	PROV.: CAJAMARCA	DIST.: CAJAMARCA	FECHA: 2018	



PLANTA ARQUITECTÓNICA OTROS NIVELES
(E: 1/100)

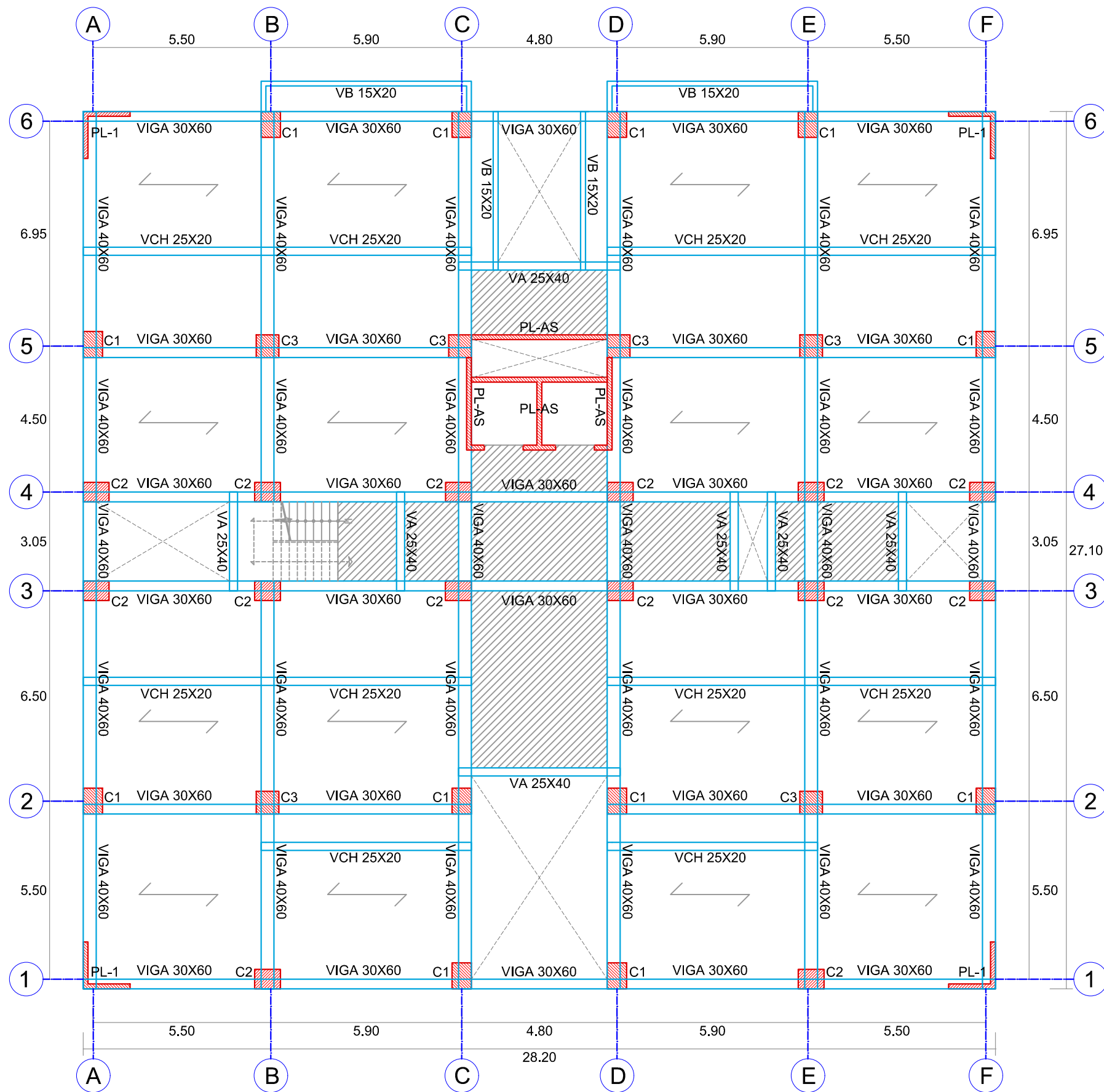
CUADRO DE VANOS: VENTANAS				CUADRO DE VANOS: VENTANAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR
V-1	2.25	1.40	0.90	V-9	1.32	1.40	0.90
V-2	1.80	1.40	0.90	V-10	3.28	2.00	0.50
V-3	1.20	1.40	0.90	V-11	2.30	1.40	0.90
V-4	1.42	1.40	0.90	V-12	2.00	1.40	1.90
V-5	3.86	2.00	0.50	V-13	0.90	0.50	1.90
V-6	2.45	1.40	0.90	V-14	0.75	0.50	1.90
V-7	1.60	1.40	0.90	V-15	1.20	2.00	1.50
V-8	0.70	1.40	0.90	V-16	4.20	2.00	0.50

CUADRO DE VANOS: PUERTAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	OBSERVACIONES
P-1	1.00	2.40	TABLERO REBAJADO DE MADERA UNA HOJA, VIDRIO FIJO ARRIBA ABRE A HACIA ADENTRO
P-2	0.90	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA, VIDRIO FIJO ARRIBA ABREA HACIA ADENTRO
P-3	0.75	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA ABRE HACIA ADENTRO
P-4	0.90	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA UNA HOJA, VAIVEN
P-5	0.80	2.40	TABLERO REBAJADO Y VIDRIO UNA HOJA ABRE HACIA ADENTRO
P-6	1.80	2.40	CONTRAPLACADA DE MADERA DOS HOJAS, ABRE HACIA AFUERA

CUADRO DE ACABADOS							
ACAB.	PISO			PARED			
	Porcelanato color de 0.60 x 0.60	Cerámico color de 0.30 x 0.30	Parquet	Tarrajeo Frotachado	Pintura latex	Cerámico color de 0.30 x 0.30	Cerámico color de 0.40 x 0.40
Sala			•	•	•		
Comedor			•	•	•		
Cocina	•			•	•		•
Patio				•	•		
Estar			•	•	•		
Dormitorios			•	•	•		
S.H.		•		•	•	•	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS: "INFLUENCIA DEL AGRIETAMIENTO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMA DUAL"			PLANO N°: A-02	
PLANTA ARQUITECTÓNICA OTROS NIVELES				
ASESOR: DR. ING. MIGUEL A. MOSQUERA MORENO	REV.:	DIBUJO: BACH. TOMMY J. RAMIREZ FLORES	ESC.: 1/100	APROB.:
REGIÓN: CAJAMARCA	PROV.: CAJAMARCA	DIST.: CAJAMARCA	FECHA: 2018	



PLANTA ESTRUCTURAL TÍPICA
(E: 1/100)

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO	
1.- CARGA VIVA :	
- Para Techos.	100 Kg/m ²
- Para Entrepisos.	200 Kg/m ²
2.- CARGA MUERTA :	
- Piso Terminado.	100 Kg/m ²
- Ladrillo de Techo.	50 Kg/m ²
3.- NORMAS APLICADAS :	
- Reglamento Nacional de Edificaciones.	RNE
- Norma Peruana de Cargas.	NTE. 020
- Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente.	NTE. 030
- Norma Peruana de Concreto Armado.	NTE. 060
4.- PARAMETROS SISMO RESISTENTES :	
- Factor de Zona (Z).	Zona 3; Z = 0.35
- Factor de Uso (U); Categoría "C" (Edificación Común).	U = 1.0
- Factor de Suelo (S); Suelo Tipo S3.	S = 1.20
- Factor de Amplificación Sísmica (C).	C = 2.5
- Factor de Reducción Sísmica - Sistema Dual (Rx).	Rx = 7
- Factor de Reducción Sísmica - Sistema Dual (Ry).	Ry = 7

CUADRO DE COLUMNAS (E: 1/50)			
TIPO	C-1	C-2	C-3
DIMENSIÓN			
CANTIDAD	12	14	6

CUADRO DE MUROS DE C° A° - PLACAS (E: 1/75)		
TIPO	PL-1	PL-AS
DIMENSIÓN		
CANTIDAD	4	1

CUADRO DE VIGAS					
TIPO	VIGA 40X60	VIGA 30X60	VA 25X40	VCH 25X20	VB 15X20
DIMENSIÓN					

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA				
TESIS: "INFLUENCIA DEL AGRIETAMIENTO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMA DUAL"				PLANO N°: E-01
PLANO: PLANTA ESTRUCTURAL TÍPICA				
ASESOR: DR. ING. MIGUEL A. MOSQUERA MORENO	REV.:	DIBUJO: BACH. TOMMY J. RAMÍREZ FLORES	ESC.: INDICADA	APROB.:
REGIÓN: CAJAMARCA	PROV.: CAJAMARCA	DIST.: CAJAMARCA	FECHA: 2018	