

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA,
EMPLEANDO EL MÉTODO JAPONÉS**



TESIS

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

RETIS JIMÉNEZ, RICARDO ANDRÉS

ASESOR: Dr. Carlos Zavala Toledo

LIMA – PERÚ

2015

Contenido General

CAPITULO 1.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	6
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	6
1.2.2 <i>Objetivo Específicos</i>	6
1.3 ANTECEDENTES.....	6
CAPITULO 2.....	8
2.1.....	8
MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.1.1.....	8
<i>Vulnerabilidad Sísmica</i>	8
2.1.1.1 Introducción.....	8
2.1.1.2 Definición.....	9
2.1.1.3 Caracterización.....	10
2.1.1.3.1 La acción sísmica.....	10
2.1.1.3.2 El daño sísmico.....	12
2.1.1.4 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes.....	15
2.1.1.4.1 Métodos Analíticos.....	15
2.1.1.4.2 Métodos Subjetivos.....	16
CAPITULO 3.....	31
3.1.....	31
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	31
3.1.1 <i>Recopilación de información</i>	31
3.1.2 <i>Concepción del modelo matemático</i>	31
3.1.3 <i>Determinación de la rigidez de la diagonal equivalente</i>	33
3.1.4 <i>Análisis sísmico espectral</i>	36
3.1.5 <i>Análisis no lineal tiempo-historia</i>	38
3.1.6 <i>Análisis Estático No Lineal (Push Over)</i>	41
3.1.7 <i>Cálculo de la capacidad resistente de muros</i>	42
CAPITULO 4.....	44
4.1 ESTUDIO ESTRUCTURAL.....	44
4.1.1 <i>Vivienda Unifamiliar de 01 nivel</i>	48

4.1.2 Vivienda Unifamiliar de 02 niveles.	53
4.1.4 Vivienda Multifamiliar de 04 niveles.	67
4.1.5 Vivienda Multifamiliar de 05 niveles.	74
CAPITULO 05.....	82
5.1 ÍNDICE SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA. (IS)	82
5.1.1 Principios General	82
5.1.2 Índice Básico Sísmico de Estructura E0.....	83
5.1.2.1 Procedimiento de evaluación para segundo nivel	83
5.1.2.1.1 Índice sísmico básico - Ductilidad dominante de la estructura (Ec. (7)).....	84
5.1.2.1.2 Índice de sísmico básico - Fuerza dominante de la estructura (Ec. (8)).	85
5.1.3 Índice de Fuerza C.....	86
5.1.3.1 Procedimiento de evaluación de segundo nivel.....	87
5.1.3.1.1 Principios.	87
5.1.3.1.2 Cálculo de la resistencia a la rotura de los miembros.....	87
5.1.3.1.3 Identificación de los modos de fallo y el cálculo de la última capacidad de carga lateral.	88
5.1.3.1.4 Cálculo del índice de fuerza.	88
5.1.4 Índice de ductilidad F.....	89
5.1.4.1 Principios básicos en el cálculo del índice de ductilidad F.....	89
5.1.4.1.1 Segundo nivel de evaluación.	89
5.1.5 Índice de irregularidad SD.	90
5.1.5.1 Generalidades	90
5.1.5.2 Elementos a tener en cuenta.	90
5.1.5.3 Procedimiento Cálculo	91
5.1.6 Índice de tiempo T.....	92
5.1.6.1 Segundo nivel de procedimiento de evaluación.	93
5.1.7 Procedimiento efectuado para estimar el valor del Índice Sísmico de la estructura (Is).....	94
5.1.7.1 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 01 nivel.	95
5.1.7.2 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 02 niveles.....	96
5.1.7.3 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 03 niveles.....	97
5.1.7.4 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 04 niveles.....	98
5.1.7.5 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 05 niveles.....	99
5.1.1.1 Estimación del SD, para una edificación de 01 nivel.	100
5.1.1.2 Estimación del T, para una edificación de 01 nivel.....	100
5.1.1.3 Estimación del SD, para una edificación de 02 niveles.....	101
5.1.1.4 Estimación del T, para una edificación de 02 niveles.	101
5.1.1.5 Estimación del SD, para una edificación de 03 niveles.....	102
5.1.1.6 Estimación del T, para una edificación de 01 nivel.....	102
5.1.1.7 Estimación del SD, para una edificación de 04 niveles.....	103
5.1.1.8 Estimación del T, para una edificación de 04 niveles.	103
5.1.1.9 Estimación del SD, para una edificación de 05 niveles.....	104

5.1.1.10 Estimación del T, para una edificación de 05 niveles.	104
5.1.1.11 Estimación del valor del Índice Sísmico de la estructura (Is).....	105
CAPITULO 06.....	106
6.1	106
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DEMANDA SÍSMICA.	106
6.1.1 <i>Estimación del valor del índice básico de demanda sísmica de la estructura (Es).</i>	107
6.1.1.1 Vivienda Unifamiliar de 01 nivel cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada	109
6.1.1.2 Vivienda Unifamiliar de 02 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.	111
6.1.1.3 Vivienda Unifamiliar de 03 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.	113
6.1.1.4 Vivienda Unifamiliar de 04 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.	115
6.1.1.5 Vivienda Unifamiliar de 05 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.	117
CAPITULO 07.....	123
7.1	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	123
CAPITULO 08.....	125
8.1 BIBLIOGRAFÍA.....	125

Contenido de Tablas

TABLA 1 LOS SISMOS MÁS IMPORTANTES EN EL PERÚ	4
TABLA 2 GRADOS DE DAÑO S/ESCALA DE INTENSIDADES EMS-98 (GRÜNTAL, 1998)	14
TABLA 3 ESCALA DE DAÑO GLOBAL POR SISMO (GNDT, 1990).....	14
TABLA 4 EJEMPLO DE UNA MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO.	18
TABLA 5 MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES DE MANPOSTERIA NO REFORZADA, MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD.	23
TABLA 6 MATRIZ DE LA CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SEGÚN CARDONA.	24
TABLA 7 MATRIZ DE CALIFICACIÓN ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SEGÚN VELASCO Y TASSIOS.	26
TABLA 8 CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD MÉTODO ARGENTINO.	28
TABLA 9 MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD MÉTODO ISTC.....	29
TABLA 10 CORRESPONDIENTE AL GRÁFICO 21.	41
TABLA 11 DENSIDAD DE MUROS EN AMBAS DIRECCIONES, PARA LA EDIFICACIÓN ANALIZADA DE 01 NIVEL.	50
TABLA 12 RESULTADO DEL AS FUERZAS CORTANTES, DEBIDO AL ANÁLISIS NO LINEAL TIEMPO-HISTORIA PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.	52
TABLA 13 RESULTADO DE LAS FUERZAS CORTANTES PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.	52
TABLA 14 DENSIDAD DE MUROS EN EL NIVEL 01, DE LA VIVIENDA ANALIZADA DE 02 NIVELES.....	56
TABLA 15 DENSIDAD DE MUROS EN EL SEGUNDO NIVEL, DE LA VIVIENDA ANALIZADA DE 02 NIVELES.	56
TABLA 16 RESULTADO DE LAS FUERZAS CORTANTES DE DEMANDA SÍSMICA PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES ANALIZADOS.....	57
TABLA 17 FUERZAS RESISTENTES DE LAS VIVIENDAS DE 02 NIVELES.	58
TABLA 18 DENSIDAD DE MUROS CON EL NIVEL 01 DE LA VIVIENDA DE 03 NIVELES ANALIZADA.	62
TABLA 19 DENSIDAD DE MUROS EN EL NIVEL 02, DE LA VIVIENDA DE 03 NIVELES ANALIZADA.....	62
TABLA 20 DENSIDAD DE MUROS EN EL 3ER NIVEL, DE LA VIVIENDA DE 03 NIVELES ANALIZADA.	63
TABLA 21 FUERZA CORTANTE DE DEMANDA PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES ANALIZADAS.	64
TABLA 22 RESULTADOS DE FUERZAS RESISTENTES PARA LA VIVIENDA DE 03 NIVELES ANALIZADA.....	65
TABLA 23 DENSIDAD DE MURO EN EL PRIMER NIVEL DE LA VIVIENDA DE 04 NIVELES ANALIZADA.....	70
TABLA 24 FUERZAS CORTANTES DE DEMANDAS SÍSMICAS PARA LA VIVIENDA DE 04 NIVELES ANALIZADA.....	71
TABLA 25 FUERZAS RESISTENTES DE LA VIVIENDA DE 04 NIVELES ANALIZADA.	72
TABLA 26 DENSIDAD DE MURO EN EL 1ER NIVEL, PARA LA VIVIENDA DE 05 NIVELES ANALIZADA.	77
TABLA 27 DENSIDAD DE MURO EN LOS NIVELES 2, 3, 4 Y 5 PARA LA VIVIENDA DE 05 NIVELES EN ANÁLISIS.	77
TABLA 28 FUERZAS CORTANTES DE DEMANDA SÍSMICA PARA LA VIVIENDA DE 05 NIVELES.	79
TABLA 29 FUERZAS RESISTENTES PARA LA VIVIENDA DE 05 NIVELES ANALIZADA.	80
TABLA 30. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS VERTICALES BASADO EN SU MODO DE FALLA.....	84
TABLA 31. TABLA PARA CALCULAR EL VALOR DEL ÍNDICE DE IRREGULARIDAD SD.	92

TABLA 32. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE TIEMPO PARA EL SEGUNDO NIVEL DE EVALUACIÓN.....	94
TABLA 33. CÁLCULO DE EO PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.....	95
TABLA 34. CÁLCULO DE EO PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES.....	96
TABLA 35. CÁLCULO DE EO PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES.....	97
TABLA 36. CÁLCULO DE EO PARA LA EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES.....	98
TABLA 37. CÁLCULO DE EO PARA LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.....	99
TABLA 38. CÁLCULO DE SD PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.....	100
TABLA 39. CÁLCULO DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.....	100
TABLA 40. CÁLCULO DE SD PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES.....	101
TABLA 41. CÁLCULO DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES.....	101
TABLA 42. CÁLCULO DE SD PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES.....	102
TABLA 43. CÁLCULO DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES.....	102
TABLA 44. CÁLCULO DE SD PARA LA EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES.....	103
TABLA 45. CÁLCULO DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES.....	103
TABLA 46. CÁLCULO DE SD PARA LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.....	104
TABLA 47. CÁLCULO DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.....	104
TABLA 48. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Is).....	105
TABLA 49. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Es), PARA LA VIVIENDA DE 01 NIVEL.....	110
TABLA 50. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Es), PARA LA VIVIENDA DE 02 NIVELES.....	112
TABLA 51. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Es), PARA LA VIVIENDA DE 03 NIVELES.....	114
TABLA 52. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Es), PARA LA VIVIENDA DE 04 NIVELES.....	116
TABLA 53. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Es), PARA LA VIVIENDA DE 05 NIVELES.....	118
TABLA 54. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE (Iso).....	119
TABLA 55. TABLA QUE DETERMINA EL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES.....	121

Contenido de Gráficos

GRÁFICO 1 METODOLOGÍAS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	15
GRÁFICO 2 CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS SUBJETIVOS.....	17
GRÁFICO 3 CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS QUE PREDICEN EL DAÑO	17
GRÁFICO 4 FUNCIÓN DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA.	19
GRÁFICO 5 FUNCIÓN DE VULNERABILIDAD DESARROLLADA POR PETRINI Y BENEDETTI (1984)	20
GRÁFICO 6 CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS QUE EVALÚAN LA CAPACIDAD SÍSMICA.	20
GRÁFICO 7 MUROS CONFINADOS.	32
GRÁFICO 8 MARCO CON DIAGONALES EQUIVALENTES	32
GRÁFICO 9 CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL MURO CONFINADO.	34
GRÁFICO 10 CALCULO DE RIGIDEZ EN LA ZONA ELÁSTICA.	35
GRÁFICO 11 EDIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE 01 NIVEL CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 1960-1970.....	36
GRÁFICO 12 EDIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE 02 NIVEL CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 1970-1980.....	36
GRÁFICO 13 EDIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE 03 NIVEL CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 1980-1990.....	37
GRÁFICO 14 EDIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE 04 NIVEL CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 1990-2000.....	37
GRÁFICO 15 EDIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE 05 NIVEL CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS 2000-2010.....	38
GRÁFICO 16 ACELEROGRAMA ANCASH 1970, FUENTE CISMID.....	39
GRÁFICO 17 ACELEROGRAMA LIMA 1974, FUENTE CISMID.....	39
GRÁFICO 18 ACELEROGRAMA LIMA 1996, FUENTE CISMID.....	39
GRÁFICO 19 ACELEROGRAMA NORTE PERÚ 2005, FUENTE CISMID	40
GRÁFICO 20 ACELEROGRAMA PISCO 2007, FUENTE CISMID.....	40
GRÁFICO 21 MODELO DEL CRITERIO DEL NIVEL DE FALLA PARA CADA UNA DE LAS EDIFICACIONES EN ESTUDIO.....	41
GRÁFICO 22. PARA UN MURO CONFINADO DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO KK INDUSTRIAL.....	45
GRÁFICO 23. PARA LAS DIAGONALES EQUIVALENTES DE REFUERZO EN LA ESTRUCTURA LADRILLO KK INDUSTRIAL.....	46
GRÁFICO 24. PARA UN MURO CONFINADO DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO PANDERETA INDUSTRIAL.....	46
GRÁFICO 25. PARA LAS DIAGONALES EQUIVALENTES DE REFUERZO EN LA ESTRUCTURA PANDERETA INDUSTRIAL.....	47
GRÁFICO 26. PARA UN MURO CONFINADO DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLO PANDERETA ARTESANAL.....	47
GRÁFICO 27. PARA LAS DIAGONALES EQUIVALENTES DE REFUERZO EN LA ESTRUCTURA PANDERETA ARTESANAL.....	48
GRÁFICO 28. EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL, REPRESENTATIVA A LOS AÑOS 1960-1970, EN SU ETAPA DE <i>CONSTRUCCIÓN</i>	50
GRÁFICO 29. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (01) CONSTRUIDA CON LADRILLO KK INDUSTRIAL.....	53
GRÁFICO 30 VISTA EN PLANTA DE LA ARQUITECTURA Y EL ALIGERADO DE LA VIVIENDA DE 02 NIVELES.....	54
GRÁFICO 31 EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES, REPRESENTATIVA A LOS AÑOS 1970-1980, EN SU ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.....	55
GRÁFICO 32. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (02) CONSTRUIDA CON LADRILLO KK INDUSTRIAL.....	58
GRÁFICO 33 VISTA DE LOS PLANOS DE ARQUITECTURA Y CIMENTACIÓN DE LA VIVIENDA DE 03 NIVELES.....	60

GRÁFICO 34 EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES, REPRESENTATIVA A LOS AÑOS 1980-1990, EN SU ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.	61
GRÁFICO 35. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (03) CONSTRUIDA CON LADRILLO KK INDUSTRIAL.....	66
GRÁFICO 36 PLANO DE TECHO ORIENTACIÓN DEL ALIGERADO.....	68
GRÁFICO 37 EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES, REPRESENTATIVA A LOS AÑOS 1990-2000, EN SU ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.	69
GRÁFICO 38. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA MULTIFAMILIAR (04) CONSTRUIDA CON LADRILLO KK INDUSTRIAL.	73
GRÁFICO 39 VISTA EN PLANTA DE LA DISTRIBUCIÓN DE MUROS EN LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.....	75
GRÁFICO 40 EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES, REPRESENTATIVA A LOS AÑOS 2000-2010, EN SU ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.	76
GRÁFICO 41. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA MULTIFAMILIAR (05) CONSTRUIDA CON LADRILLO KK INDUSTRIAL.	81
GRÁFICO 42. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DUCTILIDAD “F”.	108
GRÁFICO 43. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (01) NIVEL.	109
GRÁFICO 44. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (02) NIVELES.	111
GRÁFICO 45. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (03) NIVELES.	113
GRÁFICO 46. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (04) NIVELES.	115
GRÁFICO 47. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR (05) NIVELES.	117
GRÁFICO 48. GRÁFICO DE ISO VS IS.....	122

CAPITULO 1

1.1 Introducción.

La actividad sísmica presente en el Perú tiene su origen en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la sudamericana, el mismo que se produce con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año. Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos que con diversas magnitudes se producen frente a la línea costera y a profundidades menores de 60km.

La ocurrencia de terremotos en el Perú ha permitido identificar y delimitar a las dos fuentes de mayor potencial sísmico, la superficie de fricción existentes entre las placas oceánicas y continentales, y la presencia de fallas geológicas en el interior del continente. La primera fuente se encuentra frente a la línea costera y tiene su origen en la convergencia de las placas de Nazca (oceánica) y sudamericana (continental), permitiendo que la primera, más densa, se introduzca por debajo de la segunda dando origen al proceso conocido por subducción. Esto significa que en cualquier momento, cualquier departamento desde Tumbes hasta Tacna se va ver afectado por un terremoto con origen de este proceso.

El 15 de Agosto del 2007 a las 18:40 hrs, el sur del Perú fue afectado por un sismo con magnitud de momento de $M_w = 8.0$ y de 7.0ML (Escala de Richter), el epicentro se localizó a 40km en dirección oeste nor-oeste de la ciudad de la ciudad de Chincha, estando su foco localizado a una profundidad de 39 km. La intensidad máxima evaluada en la escala de Mercalli Modificada (MM) fue de VII afectando a un radio de 250 km alrededor el epicentro. El sismo sentido con intensidades de V (MM) en Lima ciudad capital y de II-III (MM) en las ciudades de Chiclayo y Arequipa.

El Instituto de Defensa Civil (INDECI) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) han informado que el sismo deja en la región 32,000 personas afectadas; 595 muertos,

daños severos en doce localidades con más de 230,000 viviendas dañadas y 52,150 totalmente destruidas por problemas estructurales (viviendas de adobe muy antiguas y/o de concreto mal diseñadas) en Ica, Pisco y Chincha, y por licuefacción de suelos principalmente en Chincha (Tambo de Mora) y localidades aledañas.

La siguiente tabla resume los terremotos más grandes ocurridos en Perú, teniendo su tamaño (magnitud e intensidad) y el grado de destrucción observando en superficie.

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad Máxima
24- 11- 1604	Costa de Moquegua	8.4	IX
14- 02- 1619	Costa de Trujillo	7.8	VIII
31- 03- 1650	Cusco	7.2	VII
28- 10- 1746	Costa de Lima	8.4	X- XI
13- 08- 1868	Costa de Tacna	8.6	XI
06/08/1913	Caraveli- Arequipa	7.7	X
09/04/1928	Carabaya - Puno	6.9	VII
24/05/1940	Lima	8.2	VII- VIII
24/08/1942	Nazca - Ica	8.4	IX
10/11/1946	Quiches - Ancash	7.2	X- IX
01/11/1947	Satipo - Junín	7.5	VIII- IX
21/05/1950	Cusco	6.0	VII
21/07/1955	Caraveli- Arequipa	6.7	VI

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad Máxima
15/01/1958	Arequipa	7.3	VIII
19/07/1959	Arequipa	7	VII
13/01/1960	Arequipa	7.5	IX
24/09/1963	Ancash	7	VII
17/10/1966	Lima	7.5	VIII
19/06/1968	Moyobamba- San Martín	7	VII
24/07/1969	Pariahuanca- Junín	5.6	V
01/10/1969	Pariahuanca- Junín	6.2	VI
31/05/1970	Chimbote- Ancash	7.7	VII- VIII
03/10/1974	Lima	7.5	VIII
16/02/1979	Arequipa	6.9	VI
05/04/1986	Cusco	5.8	V
31/05/1990	Moyobamba	6.1	VI
04/04/1991	Moyobamba	6.0	V
05/04/1991	Moyobamba	6.5	VII
18/04/1993	Lima	6.1	VI
12/11/1996	Nazca- Ica	7.5	VII - VIII
03/04/1999	Arequipa	6.1	VI
23/06/2001	Sur del Perú	8.4	VI - VII
25/09/2005	Moyobamba departamento de San Martín.	7.5	VII

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad Máxima
15/07/2007	Oeste de Chincha departamento de Ica.	8	IX
24/08/2011	Al sur de Contabamba Ucayali.	7	VI
25/09/2013	64km al sur de la localidad de lomas, Arequipa.	7.1	V
24/08/2014	Paruro Cusco.	5.1	VI

Tabla 1 Los sismos más importantes en el Perú

Si citamos el punto de la autoconstrucción podemos ver que según fuentes del Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la construcción (SENCICO), precisó que el 60% de las viviendas construidas en el país son autoconstruidas y en Lima más del 50% de las unidades habitacionales están edificadas con esa modalidad, sin planos y sin personal calificado.

A modo de ejemplo podemos citar las consecuencias obtenidas en el sismo de Pisco del 2007 donde las construcciones de adobe, ladrillo y de concreto colapsaron netamente por problemas técnicos además de materiales de baja calidad, que se pudieron evitar.

El boom de la autoconstrucción se generó en la década de los años 90 y desde entonces se ha venido proliferando en algunos lugares de la ciudad sin ningún tipo de control técnico.

Las viviendas más vulnerables son las que han sido construidas en suelos de mala calidad, las viviendas antiguas y las que se ubican en laderas. A esto se suma que el 60% de viviendas edificadas en Lima son producto de la autoconstrucción. Además si tomamos en cuenta el

factor socioeconómico y de accesibilidad, en las zonas periféricas hay población en riesgo. Distritos con mala accesibilidad y expuesta a peligro de sismo o tsunami.

Entonces debido a lo expuesto anteriormente la situación es preocupante. En la ciudad de Lima habitan alrededor de 8.5 millones de habitantes, la gran pregunta es ¿Qué sucederá con las viviendas autoconstruidas ante un sismo de gran magnitud e intensidad?

Es entonces necesario realizar estudios de vulnerabilidad sísmica en nuestra ciudad, evaluando las edificaciones existentes. Actualmente existen diversas metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras existentes, como aquellas que están clasificadas dentro de una categoría de Vulnerabilidad calculada, las cuales se basan en métodos analíticos, que determinaran el grado de vulnerabilidad competente a una diversa estructura; como también cabe mencionar que existe otra metodología de evaluación por medio de una Vulnerabilidad observada la cual se basa en métodos subjetivos y cualitativos, esta a su vez es determinada con métodos que pueden predecir el daño o métodos que evalúan la capacidad de resistencia de una estructura.

El método japonés es un tipo de método subjetivo o cualitativo, que evalúa la capacidad en base a un sistema de calificación, dentro de este tipo clasificación, el método Japonés es uno de los confiables entre los existentes, en este método la vulnerabilidad estructural se determina comparando la capacidad resistente, relacionada con la forma, mantenimiento y daños anteriores en la edificaciones, con el nivel de sollicitación demandado por los sismos que representan el peligro sísmico y las condiciones locales del sitio donde se ubica la edificación. El método recomienda tres niveles de evaluación desde lo simple hasta lo detallada; en la presente tesis se desarrollara el método en mención para un segundo nivel de evaluación, cabe indicar que se detallan las metodologías para la evaluación de estructuras existentes en el capítulo 02.

1.2 Objetivos del trabajo.

1.2.1 Objetivo General

- Determinar los índices de vulnerabilidad sísmica (Is & Iso), empleando el Método Japonés, para cinco edificaciones cuyo sistema estructural sea en base a muros portantes de albañilería confinada.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Estimar y proponer el valor del Índice básico de demanda sísmica (Es), en base a los análisis efectuados, para las edificaciones en estudio.
- Determinar si las edificaciones de albañilería en mención, son vulnerables o no frente a una determinada demanda sísmica.
- Determinando el grado de vulnerabilidad de las estructuras. Concluir cual es la mejor acción a tomar ante los posibles daños ocasionados debido a un sismo determinado.

1.3 Antecedentes.

Relacionándonos con el tema de Vulnerabilidad Sísmica en zonas urbanas y rurales, se han hecho un gran número de investigaciones en todo el mundo, lo que facilita la recopilación de antecedentes de estudios de este tipo y los avances que han logrado.

Los estudios de vulnerabilidad surgen a principio del siglo XX, como una necesidad ante las consecuencias de sismos que han ocurrido en distintos lugares del mundo (por ejemplo San Francisco, CA. USA, 1906 Mesina, Italia en 1908 y Tokio, Japón 1923). A través de la experiencia, los ingenieros fueron encargados de evaluar el efecto de los sismos en viviendas y de proponer medidas que minimizaran dichos efectos en el futuro. Es así como se fueron proponiendo los primeros conceptos de diseño sismoresistentes y se iniciaron investigaciones en el área de la ingeniería sísmica en Japón y en Estados Unidos.

Existen tesis relacionadas con el tema de la presente investigación, como la de Luna Victoria Vera (1998), que obtiene la calibración del Índice estructural empleando el Método Japonés para nuestra realidad peruana, basados en la máxima respuesta espectral del sismo de Octubre de 1974, este método estará apoyado por un análisis dinámico del sistema estructural, mediante la generación de un modelo matemático en el programa Etabs, considerando además un mecanismo de falla tipo panel (para edificios aporricados), concluye que en el Método Japonés, la capacidad de resistencia sísmica de los edificios, puede estar condicionada por la resistencia de las columnas cortas; si se verifican que estas existen o por la falla por cortante en los miembros verticales: el índice de comportamiento estructural básico E_o es directamente proporcional a una aceleración de diseño. También nos dice que ante un sismo severo es probable la ocurrencia de daños en los elementos no estructurales, propiamente en los tabiques divisorios de ambiente. La presencia de grietas por estos elementos no significa daños en la estructura de la edificación.

Finalmente resalta la importancia de asimilar y determinar la posible aplicación de las investigaciones realizadas en nuestro país y mucho más lo es el contar con una tecnología propia, basada en las investigaciones que muchas veces no es posible realizar debido a nuestros escasos recursos sobre todo materiales.

CAPITULO 2

2.1 Marco Conceptual.

2.1.1 Vulnerabilidad Sísmica.

2.1.1.1 Introducción.

Entre las décadas de los años 1980 y 1990 el porcentaje de edificios con materiales frágiles o poco dúctiles como es el caso de la albañilería, se acentuó notablemente en los países en vías de desarrollo tal como el nuestro. Estos edificios en muchos casos se encuentran expuestos a un riesgo sísmico potencial real, es decir la ocurrencia de un terremoto provocaría inevitablemente daños en una mayor o menor medida, dependiendo de algunos factores que determinarían la calidad estructural de los mismos. La ocurrencia de un sismo puede producir daños materiales considerables, especialmente en los edificios antiguos y en aquellos que fueron construidos sin considerar una normativa sismorresistentes vigente, como los que se hicieron mediante la autoconstrucción.

Las líneas de investigación actuales sobre riesgo sísmico se han enfocado al estudio del comportamiento sísmico de los edificios, gracias al importante desarrollo alcanzado en los métodos de análisis estructural y a las técnicas experimentales que permiten conocer las características mecánicas de los edificios construidos, además del mejoramiento de la norma de diseño sismorresistentes. A pesar de todos estos avances siguen ocurriendo daños y colapsos de los edificios, tal como por ejemplo en el sismo de Pisco 2007, se registraron grandes daños estructurales y colapsaron varias edificaciones; entonces se puede inferir que las normas sismorresistentes no han sido eficaces para reducir los daños en las estructuras o quizá los programas de mitigación de riesgo sísmico no se vienen ejecutando de manera masiva en las zonas más desfavorables en nuestro país, probablemente esta última puede ser una razón más coherente a todo estos sucesos, la falta de inversión por parte de las instituciones públicas para ejecutar programas para la mitigación de desastres naturales.

Los programas para la mitigación sísmica permite, tomar las medidas adecuadas en las zonas donde se han determinado que el riesgo sísmico es alto. Para esto se necesita comprender y entender bien cuál es la definición y el objetivo de la vulnerabilidad en las edificaciones y aplicar metodologías sean detalladas o simplificadas. Las detalladas se harán en las zonas donde el peligro sísmico sea mayor y por lo tanto serán de mayor inversión económica, mientras que las simplificadas también son válidas pero pueden omitir algunos puntos y características importantes que servirán para determinar el comportamiento sísmico de la estructura. Por tal motivo se eligió una metodología que no se encuentre en ninguno de los dos extremos, tratando de aprovechar las ventajas de cada una de ellas, para realizar estudios a nivel urbano adecuados.

2.1.1.2 Definición.

”Podría entenderse como la medida de susceptibilidad o la predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza, a sufrir daños o pérdidas” (Wong et al, 1997).

Además, podemos decir que es una característica dependiente de la forma como haya sido diseñada y construida la edificación, e independiente de la amenaza del sitio donde esté ubicada. Todo sistema constructivo susceptible de ser afectado por un sismo, debe ser objeto de estudio de Vulnerabilidad Sísmica. (UNDRO, 1979).

Poder entender la vulnerabilidad de las edificaciones requiere entender los factores de tipo social, físicos y técnicos, sobre los cuales se debe de actuar para reducir los efectos causados por la presencia de fenómenos naturales. Dentro de los factores determinantes en la vulnerabilidad de un región, se encuentra el establecimiento o posicionamiento de asentamientos humanos en zonas con un alto grado de amenaza, puesto que la presencia de estos asentamientos no solo se debe a la falta de conocimiento de la población, sino también que no hay opciones para poder elegir un terreno más seguro.

El concepto Vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios de riesgo sísmico y para la mitigación por desastres naturales por terremotos, la mitigación de desastres, en el ámbito de la ingeniería corresponde a la totalidad de acciones que tiene como objetivo la mejora en el comportamiento sísmico de las edificaciones en una zona. Entonces para mitigar el riesgo sísmico en una zona, es necesario disminuir la amenaza, la vulnerabilidad y el costo de reparación de futuras viviendas afectadas por un sismo.

Para lograr tener resultados aceptables en un estudio de vulnerabilidad, como el que planteo en la siguiente investigación, se debe considerar los componentes estructurales, no estructurales y funcionales de cada edificación perteneciente al universo de estudio.

Para determinar la vulnerabilidad estructural, existen métodos de análisis cualitativos y cuantitativos.

2.1.1.3 Caracterización.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones individuales, es necesario un estudio detallado que permita conocer la susceptibilidad de la edificación un determinado nivel de daño para un movimiento especificado. Estos estudios se basan en la comparación de la capacidad resistente de la edificación con la demanda. La demanda representa la acción sísmica y la capacidad es una representación de la posibilidad que tiene la estructura de resistir la demanda sísmica, esto nos lleva a tener una medida de los daños esperados en una estructura debido a un sismo. De manera que, la acción sísmica y el daño sísmico constituyen elementos fundamentales en un estudio de vulnerabilidad sísmica.

2.1.1.3.1 La acción sísmica.

Referida también como la demanda sísmica, forma parte importante y fundamental para apropiada caracterización de la vulnerabilidad sísmica. Es por eso que si definimos y caracterizamos de una manera adecuada y eficaz la acción sísmica vamos a obtener un

estudio de vulnerabilidad óptimo y adecuado. El establecimiento fiable de la acción sísmica de diseño debe de ser capaz de representar adecuadamente el movimiento esperado en un determinado emplazamiento, de manera que proporcione una respuesta crítica de la estructura con los mayores daños potenciales. (Singh 1995).

Es importante reconocer que los parámetros establecidos usados para evaluar la severidad del movimiento sísmico son apropiados para evaluar el daño potencial y que alguno de ellos son especialmente pobres, sin embargo se siguen empleando. Para caracterizar la severidad del movimiento sísmico generalmente se emplean parámetros simples como la intensidad macrosísmica, la aceleración del terreno, entre otros.

La intensidad macrosísmica, tiene como ventaja que comprende una importante información de la sismicidad histórica y de observación de daños en sitios afectados por terremotos apreciables, pero no es directamente utilizable como dato de entrada en las estimaciones efectuadas a través de un análisis estructural en ocasiones resulta inapropiado para evaluar daños potenciales de una edificación, sin embargo esto pueden estimarse sobre bases estadísticas cuando la edificación puede identificarse como perteneciente a una clase de edificios previamente considerada.

Por su parte, la aceleración del terreno cuenta con menor soporte de datos limitado a terremotos recientes donde ha sido posible obtener un registro instrumental. Es una entidad con un claro significado físico y mecánico, idóneo para evaluaciones sobre bases analíticas de edificaciones singulares. Entre los parámetros asociados a la aceleración del terreno destacan la aceleración máxima del terreno, la aceleración media cuadrática, los espectros de respuesta, los espectros de energía, entre otros.

La aceleración máxima del terreno o aceleración pico, obtenida directamente o con algunos cálculos simples aplicados sobre un registro acelerográfico digitalizado y corregido, constituye quizás el parámetro más frecuentemente asociado con la severidad del movimiento

sísmico, sin embargo debe reconocerse que es un pobre parámetro para evaluar el daño potencial.

Los espectros de respuesta, obtenidos de la integración paramétrica de la ecuación de movimiento de un sistema elástico o inelástico de un grado de libertad, son en la actualidad el método más popular para los análisis de respuesta dinámica de estructuras.

Uno de sus más significativas limitaciones es que no toman en cuenta la duración del movimiento, aspecto que es determinante para la estimación del daño potencial. Los espectros de energía, obtenidos de la integración de la ecuación de balance energético de un sistema elástico o inelástico, proporcionan una estimación más confiable del daño potencial y del grado de deformación inelástica.

Otro aspecto fundamental para una adecuada caracterización del movimiento sísmico que permita una apropiada estimación del daño potencial es el efecto de la cercanía a la falla (Singh, 1995). De hecho, los registros obtenidos en los últimos años indican claramente que las características dinámicas del movimiento pueden variar significativamente entre estaciones de registro localizadas en una misma área, sobre todo en las zonas ubicadas en el área epicentral, donde el movimiento es dominado por las características de la fuente, con altas componentes de directividad de la señal.

2.1.1.3.2 El daño sísmico.

El término daño es ampliamente utilizado, sin embargo en su concepción más empleada, pretende representar el deterioro físico de los diferentes elementos o el impacto económico asociado. En este sentido, es común referirse a daño físico y daño económico (Yépez, 1996). El daño físico que puede sufrir una edificación generalmente se califica como:

- Daño estructural: Depende de los elementos sismoresistentes de la edificación tales como muros, columnas, vigas, pórticos, etc. También se relaciona con la calidad y tipo de material a emplear, su configuración y ensamblaje.
- Daños no estructurales: Representa a la parte arquitectónica tal como la tabiquería y accesorios, instalaciones eléctricas sanitarias y mecánicas que componen o forman parte de la edificación.

El daño económico, El daño económico se define como la relación entre los costos de reparación y los costos de reposición, e incluyen tanto los costos de daño físico directo como los costos de daños indirectos.

La mayoría de los estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico centran su atención en la descripción de los daños físicos que pueden sufrir las edificaciones como resultado de la acción de un sismo con determinadas características.

Existe una diversidad de escalas de estados de daños utilizados por diferentes autores (Singhal y Kiremidjian, 1995) que intentan describir de la mejor manera posible la naturaleza y extensión del daño sufrido por los componentes estructurales; sin embargo, la mayoría de los trabajos han utilizado cinco estados de daño básicos identificados a través de los siguientes calificadores: ninguno, menor, moderado, severo y colapso.

Una aplicación de esta alternativa sirve de base para la definición de la Escala Macrosísmica Europea EMS (Grünthal, 1993, 1998), donde la escala de efectos se relaciona directamente con los daños identificados en las edificaciones luego de la inspección post-terremoto. Ésta escala define 5 grados de daño global asociados a patrones de daños predefinidos, tanto para edificios de mampostería no reforzada, como para edificios de hormigón armado, descritos en la Tabla 2.

<i>Grado de daño</i>	<i>Descripción cualitativa</i>	<i>Daño estructural</i>	<i>Daño no estructural</i>
Grado 1	Daño leve a despreciable	Sin daño	Ligero
Grado 2	Daño moderado	Ligero	Moderado
Grado 3	Daño sustancial a severo	Moderado	Severo
Grado 4	Daño muy severo	Severo	Muy severo
Grado 5	Destrucción	Muy Severo	----

Tabla 2 Grados de daño s/escala de intensidades EMS-98 (Grünthal, 1998)

Para la evaluación del riesgo sísmico en edificios, el “Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - GNDT” (GNDT, 1990), cuenta con un importante soporte de datos observados sobre daños sísmicos en edificios durante los recientes terremotos ocurridos en Italia. La obtención de datos de daño a través de la inspección post-terremoto está orientada a identificar un grado de daño cuya correlación con algún parámetro característico del evento sísmico permite la definición de funciones de vulnerabilidad observada. Para la evaluación del daño global por sismo, el método define una escala entre A y F, basada en la evaluación del daño en el sistema resistente vertical, en los elementos horizontales y cubiertas, así como en las escaleras. La Tabla 3.

<i>Grado de daño</i>	<i>Descripción cualitativa</i>	<i>Índice de daño global</i>
A	Ningún daño o daño despreciable	0 %
B	Daño leve	10 %
C	Daño medio	25 %
D	Daño grave	50 %
E	Daño muy grave	75 %
F	Destrucción total	100 %

Tabla 3 Escala de daño global por sismo (GNDT, 1990)

2.1.1.4 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes.

Los métodos se agrupan en dos categorías generales tal como se muestra en el Gráfico 1, los de vulnerabilidad calculada y de vulnerabilidad observada (Caicedo et al, 1994). En la primera se utilizan técnicas de modelación estructural para simular el comportamiento sísmico bajo cargas dinámicas y resultados de ensayos de materiales en el laboratorio, que sirven para determinar el índice global de daño que puede presentar la edificación, y se calibra a partir del daño real observado de las estructuras sometidas a movimientos telúricos anteriores. Dentro de esta categoría se encuentran los **métodos analíticos**.



Gráfico 1 Metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica.

2.1.1.4.1 Métodos Analíticos.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes por métodos analíticos se fundamenta en los principios utilizados para el diseño de estructuras nuevas estipuladas en los códigos de construcción. La evaluación de estructuras existentes por métodos analíticos se concentra primordialmente en la modelación de edificios de hormigón armado, en los cuales se utilizan modelos mecánicos para representar su comportamiento histerético, con el fin de determinar los niveles de daño para los elementos estructurales o de la estructura misma en su conjunto (Caicedo 1994).

Según Caicedo (1994), los problemas asociados con los métodos analíticos, básicamente provienen de las dificultades intrínsecas de la modelización matemática de las estructuras reales. Uno de los inconvenientes de la utilización de los métodos analíticos se presenta a la hora de calibrar el indicador de daño calculado con el daño real observado en las edificaciones después de un sismo.

Las múltiples incertidumbres para evaluación del daño sísmico de una estructura, surgen desde el planteamiento de las hipótesis del modelo para el análisis estructural y la selección de los movimientos sísmicos del terreno.

Respecto al análisis estructural, las propiedades reales de los materiales y de los elementos estructurales pueden llegar a ser muy diferentes de las asumidas para el análisis y, en la mayoría de los casos, desconocidas. Es difícil, desde el punto de vista matemático, tener en cuenta el daño sufrido por la estructura antes del análisis y poder hacer una evaluación precisa de las condiciones iniciales. Así mismo, con relación a la selección de los movimientos sísmicos del terreno resulta complejo identificar las características del movimiento que describen la capacidad destructiva de un terremoto, razón por la cual el movimiento del terreno es una de las fuentes de mayor incertidumbre.

En conclusión debido al impreciso e incompleto entendimiento del comportamiento estructural de los edificios de hormigón armado no es posible, hasta el momento predecir analíticamente con suficiente confiabilidad la vulnerabilidad sísmica de dichas estructuras. La evaluación de estructuras por los métodos analíticos puede llegar a ser una labor muy difícil de ejecutar a gran escala.

2.1.1.4.2 Métodos Subjetivos.

Según Caicedo 1994 Los métodos subjetivos son los más apropiados para la evaluación de edificaciones a gran escala, debido que arrojan resultados más rápidos para un sin número de

tipologías constructivas, que pueden ser determinantes para la toma de decisiones en el ámbito de la mitigación del riesgo, en una región determinada. En éstos se introduce la opinión subjetiva de expertos y la utilización de datos empíricos, acumulados mediante la observación de daños sufridos por las estructuras en terremotos pasados. El gráfico 2 muestra cómo se clasifican los métodos subjetivos o analíticos.

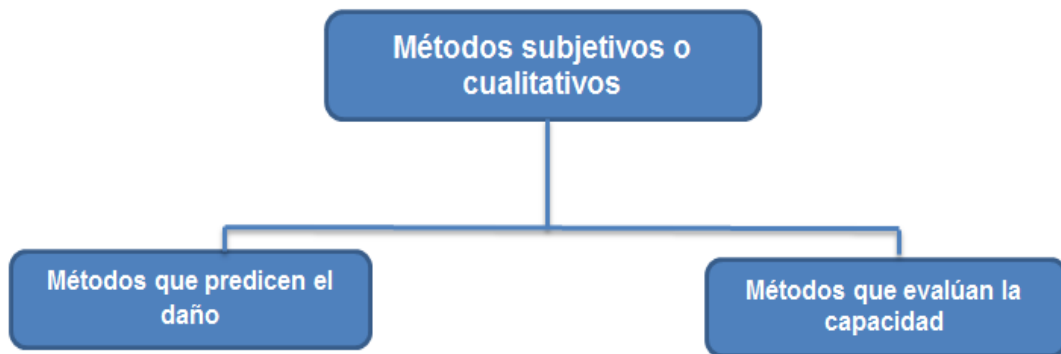


Gráfico 2 Clasificación de métodos subjetivos

2.1.1.4.2.1 Métodos que predicen el daño.

Los métodos que predicen el daño permite la estimación del daño de una estructura a través de dos tipos de relaciones matemáticas, tal como se aprecia en el gráfico 3.

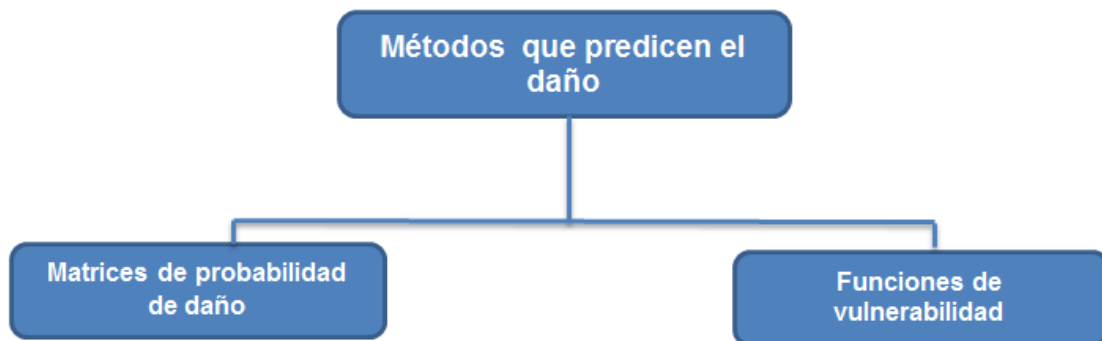


Gráfico 3 Clasificación de métodos que predicen el daño

- **Métodos en matrices en probabilidad de daño.**

La vulnerabilidad sísmica de una estructura puede ser expresada a través de una matriz de probabilidad de daño, la cual define la distribución del daño sísmico de una tipología estructural para una intensidad sísmica dada.

Generalmente, estas matrices se deducen por medio de un análisis estadístico del daño observado en las estructuras después de ocurrido un terremoto o también por el criterio subjetivo de expertos.

Nivel de daño	Intensidad del Sismo		
	0.06g	0.12g	0.24g
1. Ninguno, menor	0.75	0.24	0.1
2. Ligero, moderado	0.24	0.6	0.45
3. Serio, grave	0.01	0.155	0.4
4. Colapso	0	0.005	0.05

Tabla 4 Ejemplo de una matriz de probabilidad de daño.

- **Métodos en base con funciones de vulnerabilidad.**

Una función de vulnerabilidad es una relación matemática que expresa de forma continua el daño que experimenta una estructura cuando es sometida a un movimiento sísmico. Las funciones de vulnerabilidad se deducen por medio de regresiones estadísticas, a partir de los datos de daño observados como consecuencia de terremotos anteriores (ver gráfico 4). Generalmente, estas funciones se expresan como curvas que relacionan el grado de daño del edificio, con un parámetro de respuesta estructural o del movimiento del terreno.

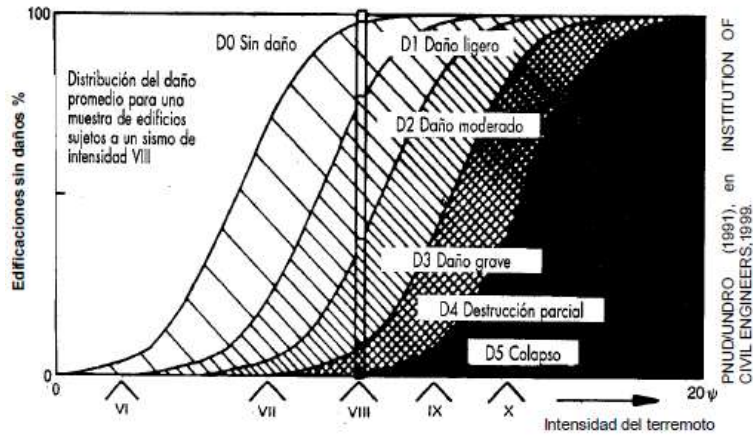


Gráfico 4 Función de vulnerabilidad de edificaciones de mampostería.

Los parámetros de respuesta estructural que comúnmente se utilizan son el desplazamiento horizontal del edificio Δ y el coeficiente sísmico C , que se define como el factor entre la resistencia al cortante del edificio dividido por el peso del edificio. Por otro lado, los parámetros que expresan el movimiento del terreno son usualmente la aceleración máxima del terreno (PGA), o los grados de intensidad sísmica tomadas de las escalas MM, MSK o EMS.

En el gráfico 05, nos muestra las funciones de vulnerabilidad desarrollado por Petrini y Benedetti (1984), donde se relacionan el índice de daño sísmico que puede sufrir una edificación para diversos valores de aceleración o intensidad, a partir del índice de vulnerabilidad estimado.

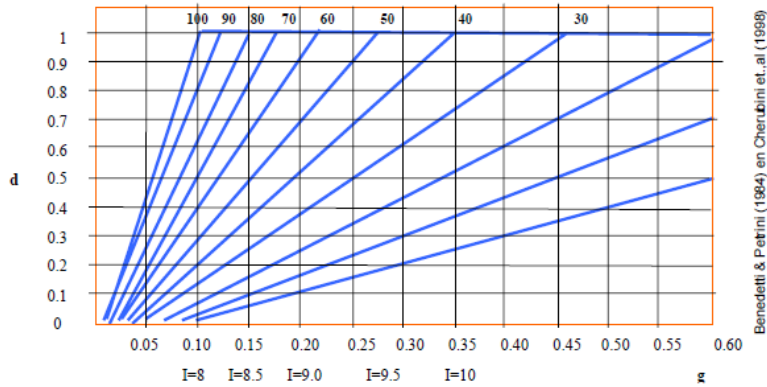


Gráfico 5 Función de vulnerabilidad desarrollada por Petri y Benedetti (1984)

2.1.1.4.2.2 Métodos que evalúan la capacidad.

Estos métodos evalúan la capacidad sísmica relativa de una estructura. Básicamente existen dos tipos los que califican de forma empírica las diferentes características de las estructura y los que compararan la capacidad actual de la estructura con la exigida por un determinado código de construcción. El gráfico 6 ilustra lo anteriormente expuesto.

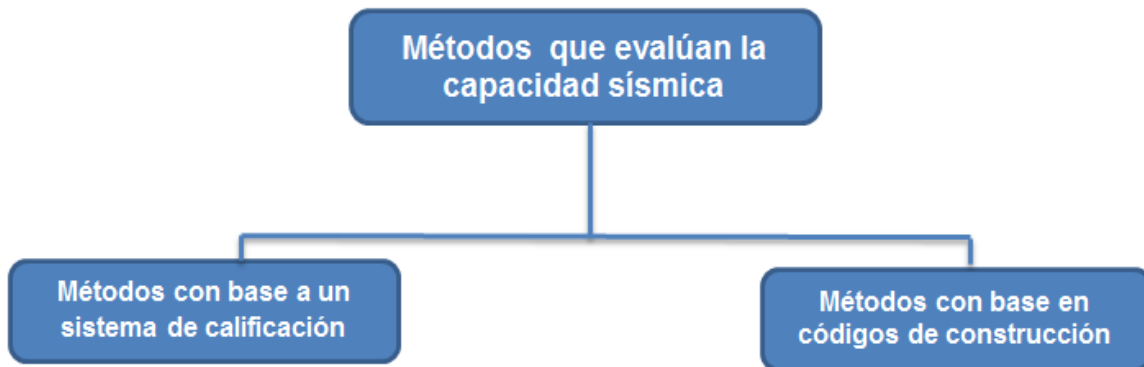


Gráfico 6 Clasificación de métodos que evalúan la capacidad sísmica.

2.1.1.4.2.2.1 Métodos con base a un sistema de calificación.

Se basan en una calificación en base a una escala de valores para calificar los siguientes puntos de la estructura: características estructurales, constructivas, funcionales o arquitectónicas de una edificación, a las que se le asigna un valor numérico, cuya suma total representa la vulnerabilidad sísmica.

Entre estos métodos se encuentran:

- **Método de evaluación de campo.** Se basa en cinco formularios para el levantamiento de la información general y estructural, que se utilizan para catalogar la edificación como buena, regular, pobre o muy pobre, de acuerdo al nivel de puntaje obtenido y al nivel de intensidad (MM, MSK o EMS), para el sitio.
- **Método factor de decisión.** Se analizan una serie de características, en este método se analizan una serie de características de la edificación como la funcionalidad, el criterio de confianza, la ubicación del edificio, y la sismicidad del sitio, a las cuales se les asigna un factor numérico. A la suma de dichos números se le denomina factor de decisión, el cual determina el tipo de análisis que se debe utilizar para evaluar la resistencia sísmica de la edificación. El factor de decisión también puede utilizarse directamente como una medida cualitativa de la vulnerabilidad de la edificación considerada.
- En Nueva Zelanda para calificar los edificios altamente peligrosos, se utilizan un sistema empírico. Entre las características que se analizan se encuentra el tipo de estructura, el número de pisos, el daño de la estructura, la calidad de los muros, el diafragma y la cimentación. La suma de los puntajes asignados a cada una de las anteriores características se utiliza para determinar por medio de una tabla empírica, un periodo de revisión, en el cual la edificación debe de ser analizada nuevamente y un periodo de vida para la cual la edificación debe de ser demolida o reforzada.

- **Método de índice de daño.** (Uzcátegui & Quintero 1988) evalúa la vulnerabilidad sísmica mediante la determinación de un índice de daño (I_d), el cual describe la capacidad sísmica de la estructura. Consiste en asignar un valor numérico (V_i) que califica la edad, el número de pisos, la proximidad entre edificios, el mantenimiento, la cimentación, la densidad y localización de muros, los detalles constructivos, los elementos no estructurales, los diafragmas, el sistema estructural, la masa, la rigidez, las irregularidades y los daños anteriores. A cada una de estas características se le asigna un factor de peso (W_i), de acuerdo con su importancia global para la resistencia del edificio; así, por ejemplo, a la localización de muros se le asigna un factor de peso mayor que a la condición de mantenimiento. El índice de daño se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{\sum V_i \times W_i}{\sum W_i}$$

Ecuación 1. Índice de daño según Uzcátegui & Quintero 1988.

Finalmente, de acuerdo con una interpretación subjetiva de la escala MSK, EMS ó MM, se determina que para valores $I_d \leq 0.4$, el nivel de riesgo sísmico para la estructura es aceptable y que para valores de $I_d \geq 0.4$ se debe de utilizar otro proceso más sofisticado para la evaluación de la edificación.

- **Método de índice de vulnerabilidad.** (Petrini y Benedetti, 1984), el método propuesto por estos autores se usa para evaluar edificaciones de manposteria no reforzada y también edificaciones de concreto reforzado, considerando once parámetros para calificar la vulnerabilidad sísmica. Estos son de tipo de organización y calidad del sistema resistente, la resistencia convencional, la posición del edificio y la por estado de conservación.

Los parámetros son calificados en función de la escala numérica desarrollada por los autores del método, en la cual se le asigna una calificación K_i a cada valor de la escala de

gradación, desde A hasta D, donde A es óptimo y D es pésimo (ver tabla 7). Una vez obtenidas las calificaciones parciales (A, B, C, D), de cada uno de los parámetros analizados, estas son afectadas por un factor de peso según el grado de importancia de cada parámetro en relación con los demás. A partir de los valores obtenidos, se cuantifica la vulnerabilidad global de la edificación mediante una suma ponderada, a este valor se lo conoce como Índice de Vulnerabilidad (Iv), según la expresión:

$$Iv = \left(\sum_{i=1}^{11} K_i * W_i \right)$$

Ecuación 2. Índice de vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada según Petrini y Benedetti, 1984.

Número	Parámetro	Ki A	Ki B	Ki C	Ki D	Peso Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Entrepisos	0	5	15	45	1
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1

Tabla 5 Matriz de calificación de la vulnerabilidad de edificaciones de Mampostería no reforzada, método del índice de vulnerabilidad.

Los valores de vulnerabilidad obtenidos como resultado de la calificación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en mampostería no reforzada, está comprendida en un rango de valores entre 0 y 382.5, que son normalizados al dividirlos entre 382.5, obteniendo un rango de variación ($0 < Iv < 100$).

A partir del índice de vulnerabilidad se puede estimar el nivel de daño que puede sufrir una edificación en función de la aceleración del terreno. El daño es expresado en una escala normalizada ($0 < d < 1$) que representa el porcentaje de daño que sufre la edificación, por ejemplo valores entre (0.8 -1.0) son equivalentes al colapso de la edificación.

- **Método empírico.** (Cardona 1989), este método puede ser desarrollado por personas no versadas en el tema de la ingeniería sísmica o ingenieros de poca experiencia, llevándolo a cabo mediante un análisis cualitativo de las características de la construcción, tales como la calidad y estado de la misma, configuración y forma, tipo de estructura, parámetros del suelo y fundación, estabilidad de los componentes no estructurales. Estos aspectos califican a una edificación subjetivamente como vulnerabilidad alta (A), media (B), baja (B).

A continuación se muestra matriz de calificación propuesta en el método de Cardona.

Aspecto	Vulnerabilidad			Valor
	A	B	M	
1. Calidad y estado de la construcción.	50	25	5	
2. Configuración y forma de construcción.	60	30	5	
3. Tipo de estructura.	80	40	15	
4. Características del suelo y de la fundación.	60	30	10	
5. Estabilidad de componentes no estructurales.	50	25	5	

Tabla 6 Matriz de la calificación de la vulnerabilidad según Cardona.

Una vez calificado cada aspecto se suman los valores respectivos para obtener un resultado o parámetro global. Sí el parámetro supera el valor de 150 la edificación será altamente vulnerable, entre 90 y 150 será considerada, en general, vulnerable y por debajo de 90 será considerada, en general, segura.

- **Método de Velasco y Tassios.** El presente método fue presentado por Velasco y Tassios, para evaluar la vulnerabilidad de la ciudad de Popayán, ubicada en el departamento de Cauca, Colombia, en el marco del proyecto Microzonificación sismo geotécnico, el cual determina la vulnerabilidad sísmica local de las edificaciones y se evalúa el riesgo sísmico relativo.

Consiste en clasificar las edificaciones dentro de uno de los tipos que se muestran a continuación:

- Tipo 1. Arquitectura clásica española de los siglos XVIII y XIX con intervenciones o sin ellas, cualquiera que sea el año de su construcción, que hayan usado como elementos de construcción mampostería de adobe, tapia pisada o ladrillo cocido ligado con mortero de cal, o cualquier combinación de estos elementos con entrepisos y techos cuyo material estructural fundamental es la madera.
- Tipo 2. Edificaciones cuyos principales materiales de construcción son el ladrillo cocido y el mortero de cemento, con o sin elementos de concreto reforzado.
- Tipo 3. Edificios con estructuras aporticadas de concreto reforzado en los cuales las paredes operan únicamente como elementos divisorios (tabiques).

Cada uno de los tres tipos de edificios se ha clasificado según los elementos que intervienen en su estabilidad: la edad de la construcción, el estado de conservación y los elementos estructurales. A cada elemento se le asigna un valor que se denomina “factor de ponderación, (fpi)”, que siendo una fracción de unidad representa la

importancia de ese elemento dentro de la estructuración global. La suma de esos factores debe ser igual a 1. Esta información se recolecta en un formulario para cada uno de los tres tipos, y diligencia para cada edificio o sector estructuralmente independiente de la edificación que se analice.

Luego se calcula la vulnerabilidad local (v) de los elementos mencionados que reciben una calificación de 1 a 100 según sus características, el menor valor indica que el elemento analizado cumple con las exigencias de la buena práctica ingenieril y el mayor señala el más alto grado de vulnerabilidad. Estimados los valores de (fpi) y (v) se procede a calcular un índice de vulnerabilidad (V) de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V = f_{pi} \times v_i$$

Ecuación 3. Ecuación para el cálculo de vulnerabilidad método de Velasco y Tassios.

Dónde:

V= Índice de vulnerabilidad.

Fpi= Factor de ponderación.

Vi=Vulnerabilidad local.

n= número de elementos que intervienen en la vulnerabilidad.

Valores de V	Calificación
1 al 33	Seguro.
34 al 66	Dudoso, requiere estudio más detallado.
67 al 100	Riesgoso, requiere información.

Tabla 7 Matriz de calificación índice de vulnerabilidad según Velasco y Tassios.

- **Método Argentino.** (Fernández 1987), propuesto para evaluar la vulnerabilidad de la zona sísmica del Gran Mendoza, Argentina, desarrollado por la unidad de riesgo sísmico y desarrollo local.

El método toma una serie de variables sencillas a las cuales se les asignan valores para obtener la escala de riesgo. Se consideran las características globales de la construcción: el número de pisos, materiales de techo, muros, la antigüedad de la construcción, estructuración, suelo y colindancia. Este método incorpora un desarrollo computacional que arroja resultados estadísticos y gráficos, representados en mapas a escala urbana.

Variable	Intervalo	Valor
I. Número de pisos.	1	1
	2	2
	3 a 5	3
	6 o más	4
II. Material de muros	Ladrillo	1
	Adobe.	3
	Dudoso.	4
III. Material de techos.	H1A1	1
	Otros	3
	Caña y barro	4
IV. Antigüedad	Hasta 10 años	1
	De 11 a 30 años.	3
	De 31 a 50 años.	4
	Más de 50 años.	
V. Estructuración.	Sismo resistente.	1
	Mixta.	3
	No sismo resistente.	5
VI. Suelo.	Firme	2
	Intermedio.	3
	Blando.	4
VII. Colindancia.	Nulo.	0
	Bajo.	1
	Moderado.	2
	Alto.	3
	Muy alto.	4

Calificación.		
De 3 hasta 16.	Riesgo bajo- RB	1
De 17 a 23.	Riesgo moderado- RM	2
24 ó más.	Riesgo alto- RA	3

Tabla 8 Calificación de la vulnerabilidad método argentino.

- Método Italiano ISTC.** Este método fue desarrollado por "Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni" y la "Università degli Studi di Padova". Consiste en el análisis de grupos de edificios con estructura soportada por muros de mampostería de tipologías y características constructivas similares. Su aplicación considera edificios aislados en mampostería no reforzada de regulares dimensiones (2 a 3 pisos), edificios contiguos o conjuntos de edificios. La capacidad resistente del edificio se evalúa por medio de dos parámetros (índices I1 e I2). Un tercer índice, I3, es utilizado para determinar, en conjunto con los ya calculados, la vulnerabilidad de la edificación (o grupo de edificios), con base en la función de vulnerabilidad, (V_u), propuesta por el I.S.T.C. , clasificando la edificación dentro de las cinco clases de vulnerabilidad definidas: muy grande, grande, media, pequeña, muy pequeña.

Número	Variable	Peso I.S.T.C. (p_i)
1	Calidad del sistema resistente.	0.15
2	Posición del edificio y cimentación.	0.75
3	Presencia de diafragmas horizontales.	0.5
4	Configuración en elevación.	0.5
5	Tipo de techumbre.	0.5
6	Elementos no estructurales.	0.25
7	Estado de conservación.	0.5

Tabla 9 Matriz de calificación de vulnerabilidad método ISTC.

- Método Japonés.** Es utilizado para la evaluación de edificaciones de hormigón armado de mediana y baja altura, construidas mediante métodos convencionales. Se evalúan la estructura, la forma del edificio y el deterioro. La estimación del riesgo sísmico se realiza por medio del cálculo de un índice sísmico (I_s), que representa el comportamiento global de un entrepiso. La evaluación de la seguridad se hace por un método de tamizado en tres pasos sucesivos, para obtener como resultado dos índices que miden la seguridad sísmica de la construcción.

I_s = Índice sísmico de la estructura.

El índice sísmico de la estructura **Is**, es el producto de cuatro subíndices que son calculados individualmente: **Eo** está condicionado por la resistencia última de los elementos estructurales de la edificación, el tipo de mecanismo de falla y la ductilidad del sistema; **G** tiene en cuenta la intensidad de los movimientos del terreno; **Sd** representa el efecto que el diseño estructural tiene en el comportamiento sísmico de la estructura a través de factores como la distribución de masas y de rigideces y, por último, **T** califica los efectos de deterioro y defectos estructurales como grietas y deflexiones. De esta manera el **Is** es el producto de los subíndices anteriores, que se expresan en la siguiente ecuación:

$$Is = (Eo) \times (Sd) \times (T)$$

Dónde:

Eo = Subíndice sísmico de comportamiento estructural.

Sd = Subíndice sísmico de concepción estructural.

T = Subíndice sísmico de deterioro con el tiempo.

La evaluación de la seguridad se realiza a partir de los resultados obtenidos para **Is**, teniendo en cuenta parámetros como la importancia, edad y uso de la edificación.

CAPITULO 3

3.1 Procedimiento de trabajo.

3.1.1 Recopilación de información.

Para el presente trabajo se recopiló información referente a planos de edificaciones de los años 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, de estructuras cuyo sistema resistente sea en base a muros portantes de albañilería confinada, se indagó en municipios, a ingenieros proyectistas consultores que me brindaron gentilmente dicha información con fines de investigación. En el anexo **IV**, adjunto los planos de dichas edificaciones que me han servido de base para emprender este trabajo de investigación.

3.1.2 Concepción del modelo matemático.

Los muros portantes de albañilería confinada están compuesto por la manposteria, confinamiento vertical (columnetas) y horizontal (vigas soleras). Estos nacen desde el cimiento corrido hasta el último nivel. Para someter los muros a análisis se optó por sustituir la manposteria por dos diagonales equivalentes, a continuación se detallará la metodología empleada.

Debido a numerosas investigaciones experimentales y analíticas, dos investigadores Enrique Meli y Roberto Bazán (1980), han revisados numerosos trabajos relacionados con las prácticas de construcción en México, en vista de que el agrietamiento entre muros y marcos confinantes puede ocurrir durante sismos moderados, es necesario calcular la rigidez lateral y los elementos mecánicos que originan las cargas sísmicas en el muro tomando en cuenta tal comportamiento. Para este propósito conviene idealizar cada muro confinado como una diagonal equivalente. Tal como se muestra en los gráficos 7 y 8.

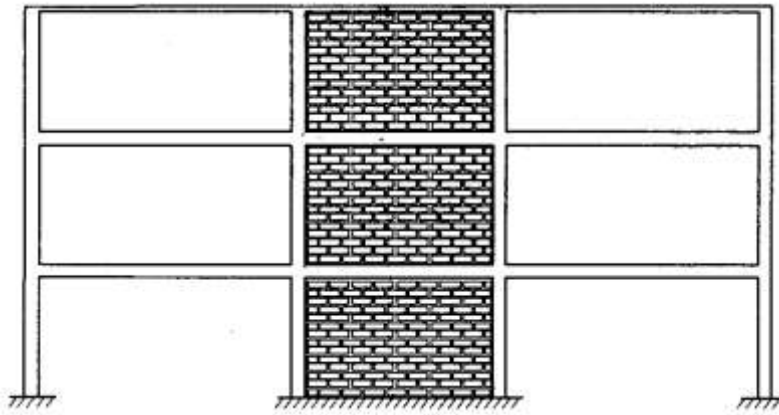


Gráfico 7 Muros confinados.

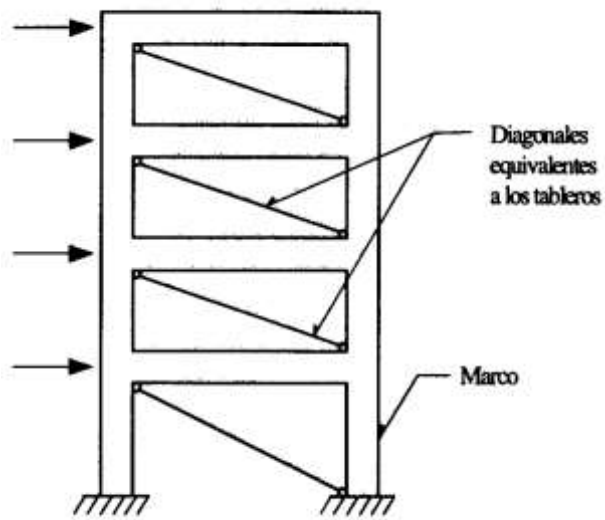


Gráfico 8 Marco con diagonales equivalentes

Idealización de la diagonal:

t (espesor): La misma del muro confinado.

Em (Módulo de elasticidad del muro).

Gm (Módulo de corte): $0.4 \cdot E_m$.

L: longitud de la diagonal equivalente, se puede calcular como la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de la altura (h) y del ancho (w) de la mampostería.

3.1.3 Determinación de la rigidez de la diagonal equivalente.

Mediante curvas de fluencias para muros confinados de diferente tipo de ladrillo tales como: pandereta artesanal, pandereta industrial y KK industrial. (Fuente de ensayo del proyecto: CONSTRUCTION MONITORING AND IMPROVEMENT TECHNIQUES FOR MASONRY HOUSING CISMID-FIC – UNI, 2003), se procedió a desarrollar la curva de fluencia sólo para la mampostería; debido a que la curva en mención proporcionado por el CISMID corresponde a muros confinados es necesario obtener el comportamiento esfuerzo vs deformación solamente de la mampostería. Para realizar dicho objetivo se calculó la rigidez del muro en su estado elástico e inelástico luego se le resto la rigidez de la columneta para ambos estados; obteniendo así la rigidez de la mampostería, luego se procedió a calcular la rigidez de la diagonal equivalente. A continuación se detalla el cálculo efectuado y se ilustra lo anteriormente expuesto en los gráficos 9 y 10.

ESFUERZO DE CORTE VS DEFORMACIÓN

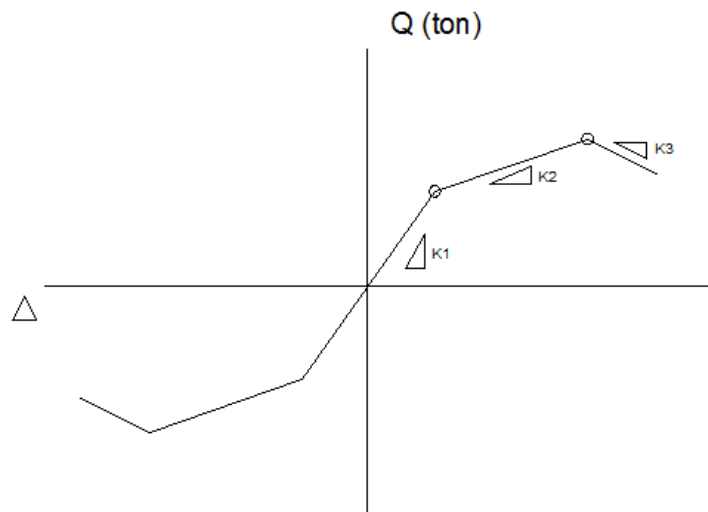


Gráfico 9 Curva esfuerzo vs deformación del muro confinado.

K1: Pendiente de la curva del muro confinado en su estado elástico.

K2: Pendiente de la curva del muro confinado en su estado plástico.

K3: Pendiente de la curva del muro confinado en la zona de la rotura.

Kd: rigidez de la diagonal.

Kcol: rigidez de la columneta.

Km: rigidez del muro.

Kmanp: rigidez de la mampostería.

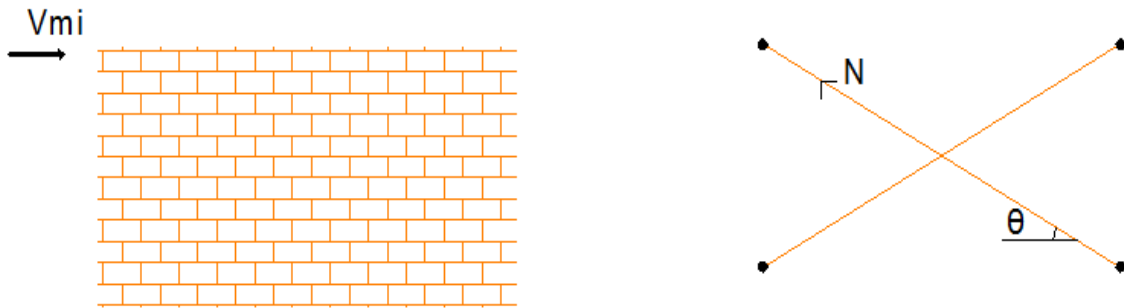
Cálculo de la rigidez en la zona elástica.

$$K_{col} = 12 \cdot (EI/h^3)$$

$$K_m = k_1.$$

$$K_{manp} = k_m - 2 \cdot k_{col} \dots \dots \dots (A)$$

$$K_d = K_{manp} / (2 \cdot \cos(\theta))$$

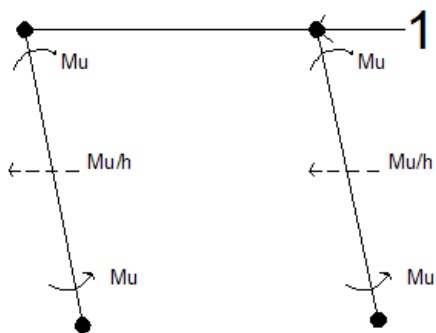


$$2N \cos(\theta) = V_{mi}$$

$$N = V_{mi} / 2 \cos(\theta)$$

Gráfico 10 Calculo de rigidez en la zona elástica.

Cálculo de la rigidez en la zona inelástica.



$$K_{manp} = k_m - 2 \cdot k_{col} \dots \dots \dots (A)$$

$$K_m = K_2.$$

$$K_{col} = q_u = M_u / h.$$

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2).$$

$$K_d = k_{manp} / (2 \cdot \cos(\theta)).$$

3.1.4 Análisis sísmico espectral.

Se modelaron las edificaciones en el programa SAP 2000 V 15, (ver los gráficos 11, 12, 13, 14 y 15) y se hizo un análisis elástico sísmico espectral, para las cinco edificaciones en mención con el fin de obtener los esfuerzos y distorsiones de una demanda sísmica, para calcular el índice de juicio de vulnerabilidad estructural propuesto empleando el método Japonés.

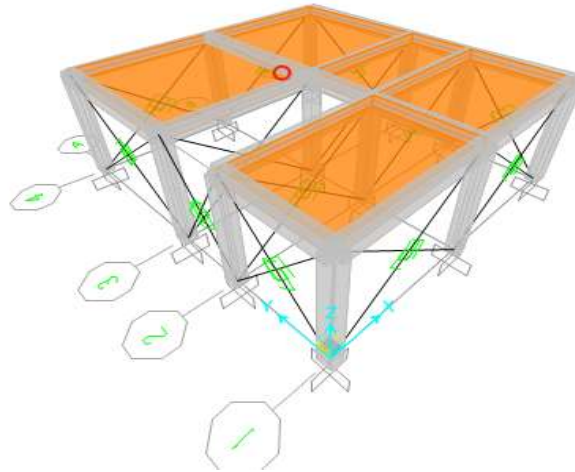


Gráfico 11 Edificación de albañilería confinada de 01 nivel correspondiente a los años 1960-1970.

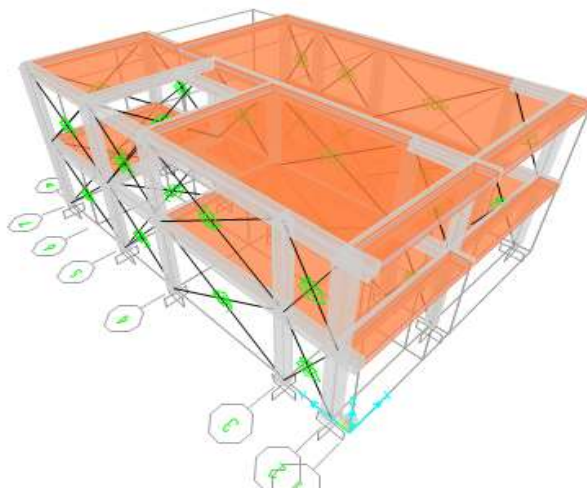


Gráfico 12 Edificación de albañilería confinada de 02 nivel correspondiente a los años 1970-1980

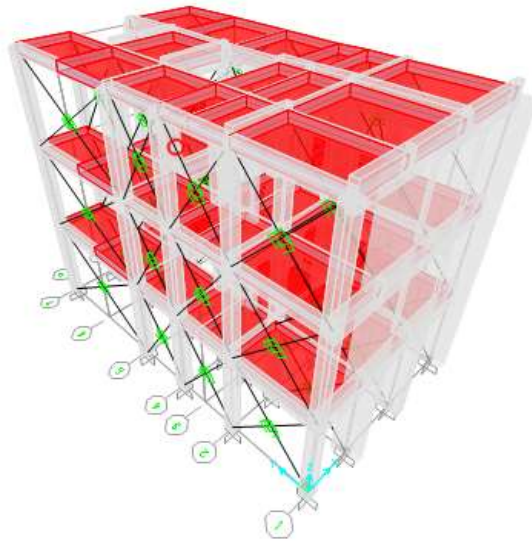


Gráfico 13 Edificación de albañilería confinada de 03 nivel correspondiente a los años 1980-1990

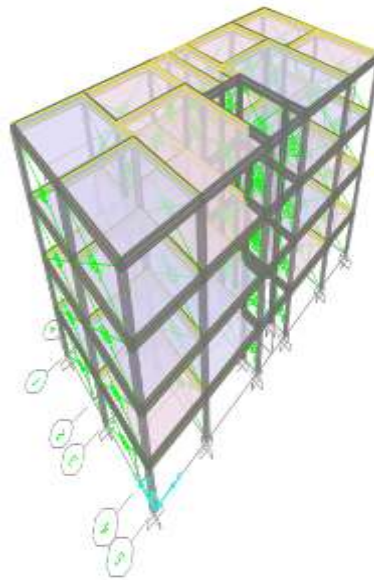


Gráfico 14 Edificación de albañilería confinada de 04 nivel correspondiente a los años 1990-2000

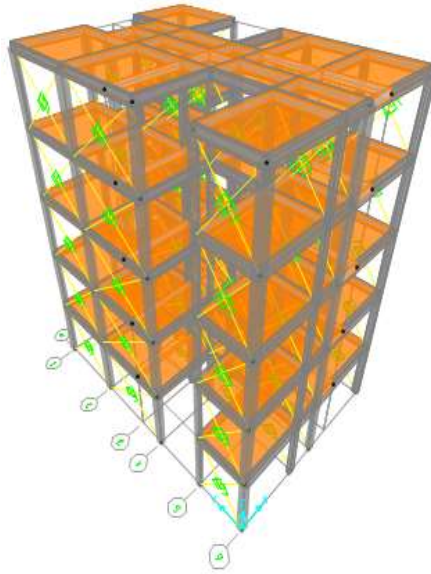


Gráfico 15 Edificación de albañilería confinada de 05 nivel correspondiente a los años 2000-2010

3.1.5 Análisis no lineal tiempo-historia.

Las edificaciones en estudio se evaluaron mediante un análisis no lineal tiempo – historia, el cual me permitió calcular la demanda sísmica de los edificios, luego las fuerzas de corte de demanda sísmica tomadas, fueron los valores mayores obtenidos a partir de los análisis efectuados para cada uno de los cinco acelerogramas.

Los acelerogramas mostrados en los gráficos 16, 17, 18, 19 y 20 fueron normalizados, con el criterio de obtener valores que se encuentren antes de la fluencia de la estructura, la cual se aprecia en la curva de capacidad, de cada una de las edificaciones en estudio, se debe de tener en cuenta que el cálculo del índice de vulnerabilidad es para un nivel de falla reparable.

Los acelerogramas tomados para el análisis en mención fueron:

- Del sismo de Ancash 1970.

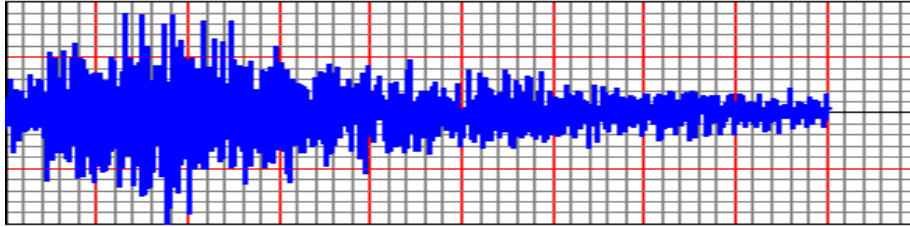


Gráfico 16 Acelerograma Ancash 1970, fuente CISMID

- Del sismo de Lima 1974.

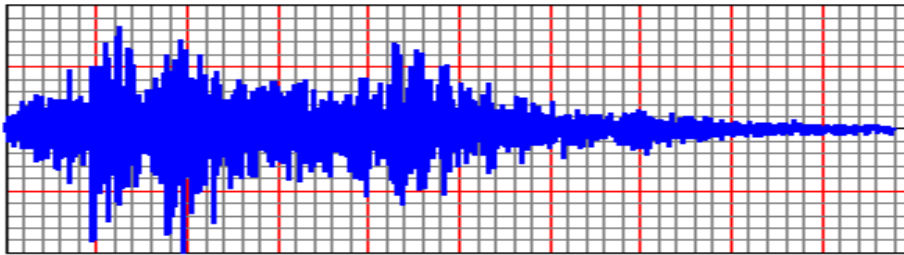


Gráfico 17 Acelerograma Lima 1974, fuente CISMID

- Del sismo de Lima 1996.

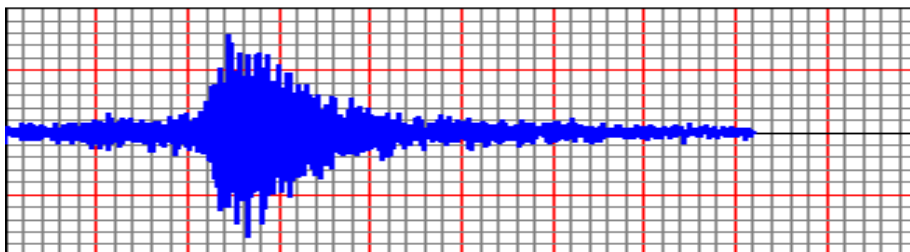


Gráfico 18 Acelerograma Lima 1996, fuente CISMID

- Del sismo de Norte del Perú 2005.

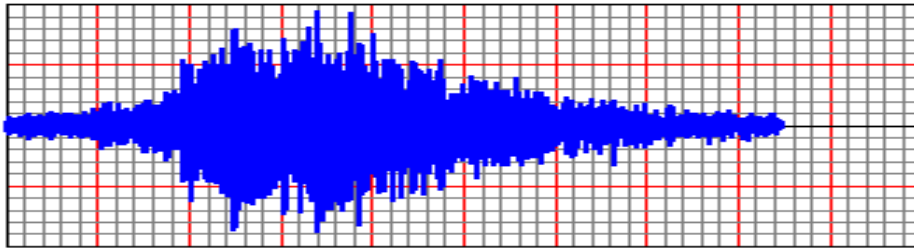


Gráfico 19 Acelerograma Norte Perú 2005, fuente CISMID

- Del sismo de Pisco2007.

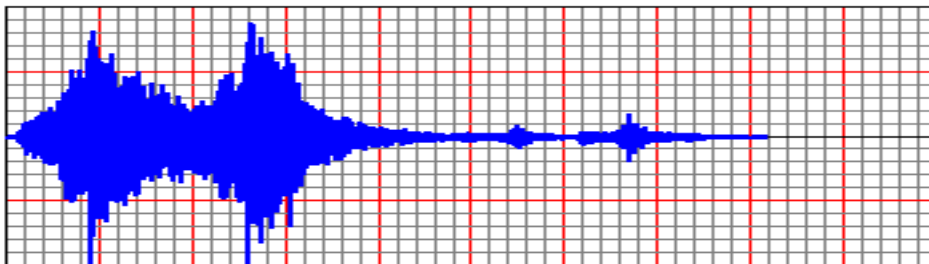


Gráfico 20 Acelerograma Pisco 2007, fuente CISMID

3.1.6 Análisis Estático No Lineal (Push Over).

Se obtuvo las curvas de capacidad de cada una de las cinco edificaciones analizadas, mediante el análisis estático no lineal (push over). En este tipo de análisis se va poder visualizar en el software el instante donde en la estructura se empiezan a formar las rótulas plásticas, hasta llegar a un estado último previo al colapso. Ver gráfico 21, donde se aprecia el comportamiento de la estructura, en la curva de capacidad.

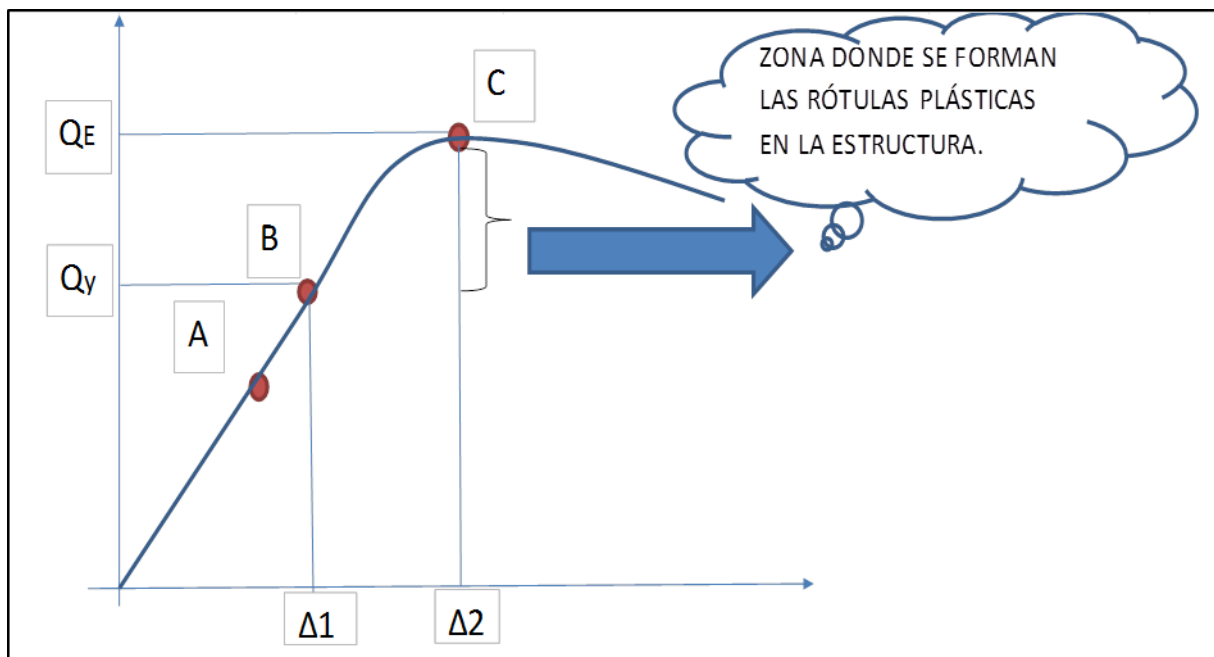


Gráfico 21 Modelo del criterio del nivel de falla para cada una de las edificaciones en estudio.

C	PUNTO DE ROTURA
B	PUNTO DONDE EMPIEZA LA FLUENCIA
A	PUNTO DONDE SE PRODUCEN DAÑO EN LA ESTRUCTURA PERO ESTOS SON REPARABLES

Tabla 10 Correspondiente al gráfico 21.

3.1.7 Cálculo de la capacidad resistente de muros.

Se estimó el corte último de los muros de albañilería en cada entrepiso en base a lo especificado en la Norma RNE-E70.

$$V_m = 0.50 * v'm * \alpha * t * L + 0.23 * P_g$$

Ecuación 4. Ecuación para el cálculo de Resistencia al corte de los muros de Albañilería según RNE-E070.

$v'm$: Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g : Carga gravitacional de servicio con sobrecarga reducida (NTE – E030).

t : Espesor del muro.

L : Longitud total del muro.

α : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1$$

En el presente estudio se asumirá un valor conservador $\alpha = \frac{1}{3}$, debido a que el principal objetivo es determinar la vulnerabilidad de estructuras de muros portantes de albañilería confinada y por lo cual es deseable que para seguridad estimar el valor de la capacidad resistente de los muros con valores conservadores mínimos.

También se determinó la capacidad resistente de los muros en base a un método de regresión lineal de cortes en muros ensayados, que fue desarrollado por la Msc. Ing. Lourdes Cardenas, Msc. Ing. Roy Reyna y el Dr. Carlos Zavala, dicha información fue proporcionada por el CISMID y se ha aplicado para contrastar lo ya calculado en base a la RNE-E070.

El método contempla los siguientes parámetros:

$$\frac{\tau}{f'm} = 0.050 - 0.026 * \frac{h}{l} + 0.010 * \frac{Pt \sigma y}{f'm} + 0.008 * \frac{\sigma o}{f'm}$$

Ecuación 5. Ecuación para el cálculo del corte ultimo de un muro de albañilería basado en un método de regresión lineal en base a muros ensayados.

CAPITULO 4

4.1 Estudio Estructural.

En este capítulo describiré el sistema estructural sismorresistente de cada edificación y presentaré los esfuerzos de demanda sísmica debido al análisis no lineal tiempo-historia normalizados a una aceleración que genere cortes de demanda sísmica los cuales dañen la estructura pero de un modo reparable, además como su capacidad de resistencia de cada una de ellas, que me permitirán estimar el valor del Índice Sísmico de la estructura (I_s) así como también el Índice de Demanda Sísmica (I_{so}). Cabe mencionar que los esfuerzos de corte de resistencia última se calcularon con el método descrito en el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070 y también se implementó el cálculo de esfuerzo de corte último de los muros de albañilería confinada mediante una ecuación semi-empírica basada en un análisis de regresión multi-lineal, investigación efectuada por los Ingenieros del CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres).

La estimación de la demanda sísmica se obtendrá de elegir los cortantes máximos en cada muro, de los análisis no lineales tiempo-historia, bajo el criterio que las fuerzas de corte de demanda sísmica, generen fallas en la estructura pero estas sean reparables.

Cabe mencionar que cada estructura son de 01, 02, 03, 04, y 05 niveles respectivamente y son edificaciones típicas representativas entre los periodos de los años 1960 - 1970, 1970 - 1980, 1980 - 1990, 1990 -2000, 2000 - 2010 en su etapa de construcción. Algunas de ellas fueron elaboradas en base a un criterio técnico basado en la norma que ha ido desarrollándose y perfeccionándose en el tiempo, respecto a las estructuras cuyo sistema resistente son los muros portantes de ladrillos confinados; la segunda vivienda presentada es fruto de la autoconstrucción, que se ha ido proliferando en nuestra ciudad en el transcurrir del tiempo. Las ubicaciones de las edificaciones en estudio están cimentadas en el suelo del conglomerado de Lima, su uso es para viviendas, este tipo de estructuras son techadas en la dirección de los muros portantes, mediante losas aligeradas en una dirección. Los muros que

no son portantes de carga en las estructuras; aportan rigidez y compensan la densidad de muros en ambos sentidos, para evitar el problema de torsión en planta, debido a un sismo de determinadas características y condición.

Se analizará para obtener los esfuerzos y desplazamientos de diferente tipos de demanda sísmicas en los muros portantes de las edificaciones en estudio, para lo cual se considerará tres tipos de ladrillos para los muros portantes en análisis (KK industrial, Pandereta Industrial y Pandereta Artesanal).

Las curvas esfuerzo vs deformación para el análisis fueron proporcionadas de la base de datos del proyecto: “Fortalecimiento de las tecnologías de terremotos y tsunamis-CISMID-2014” - SATREPS-JICA-UNI; con el financiamiento del Programa Presupuestal 068 del Gobierno del Perú y son mostrados en los gráficos 22, 24 y 26; para las diagonales equivalentes se aprecian en los gráficos 23, 25 y 27.

Gráfico 22. Para un muro confinado de albañilería de ladrillo KK Industrial.

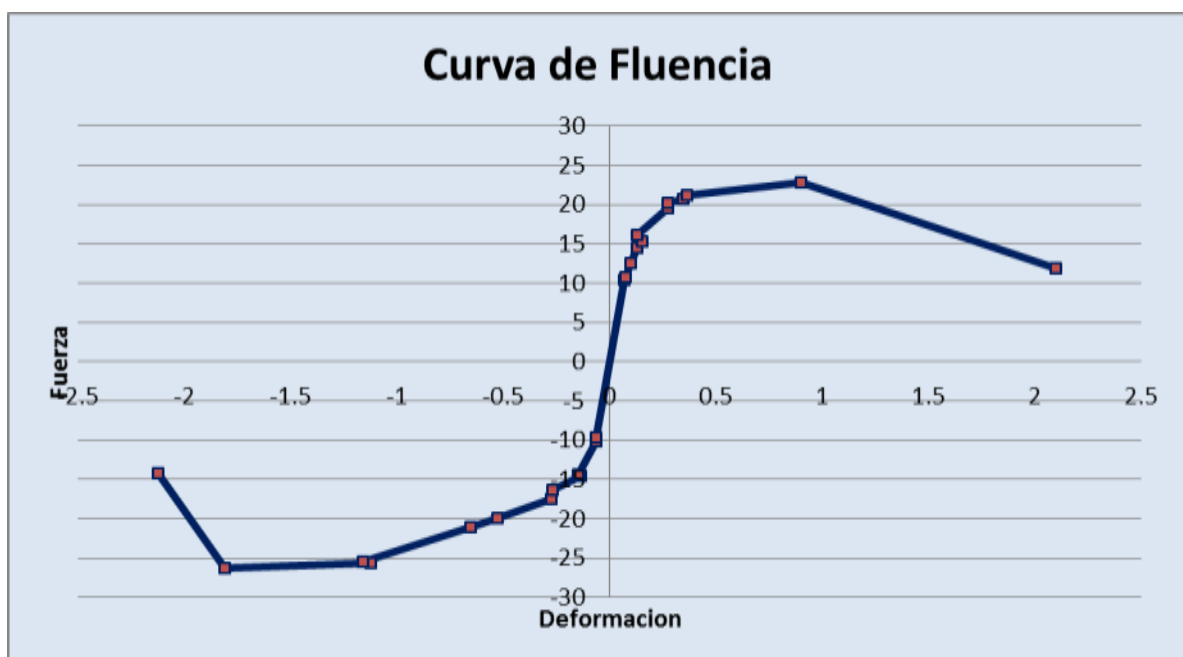


Gráfico 23. Para las diagonales equivalentes de refuerzo en la estructura ladrillo KK Industrial.

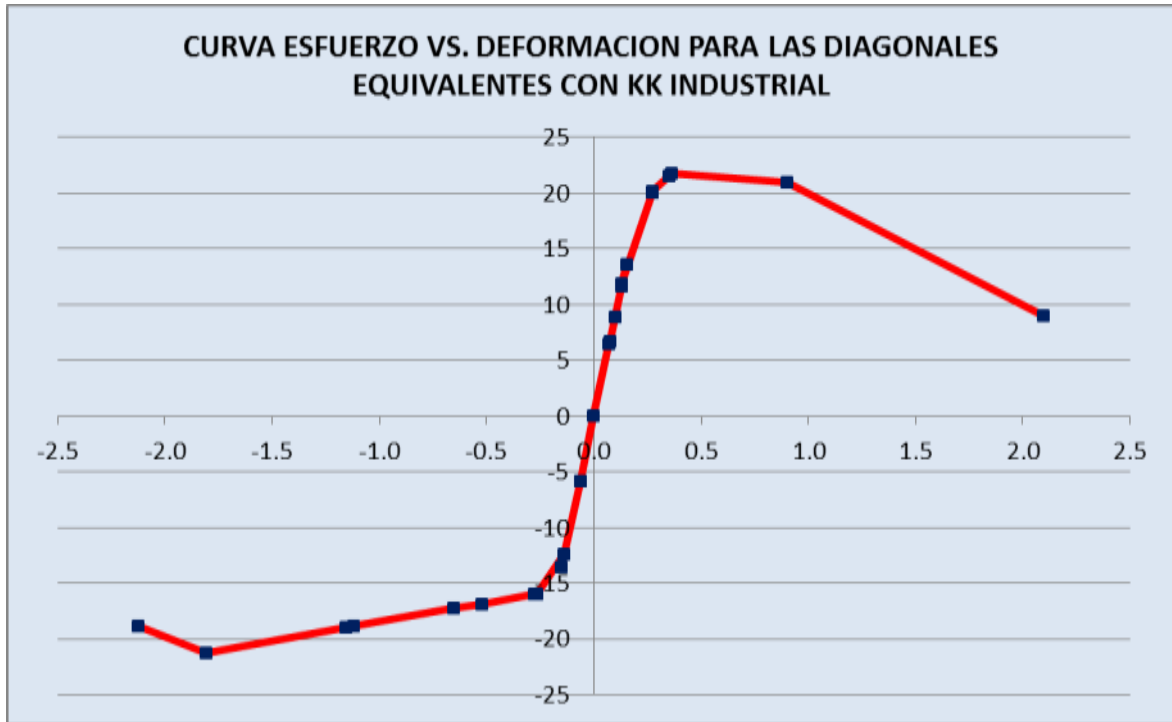


Gráfico 24. Para un muro confinado de albañilería de ladrillo Pandereta Industrial.

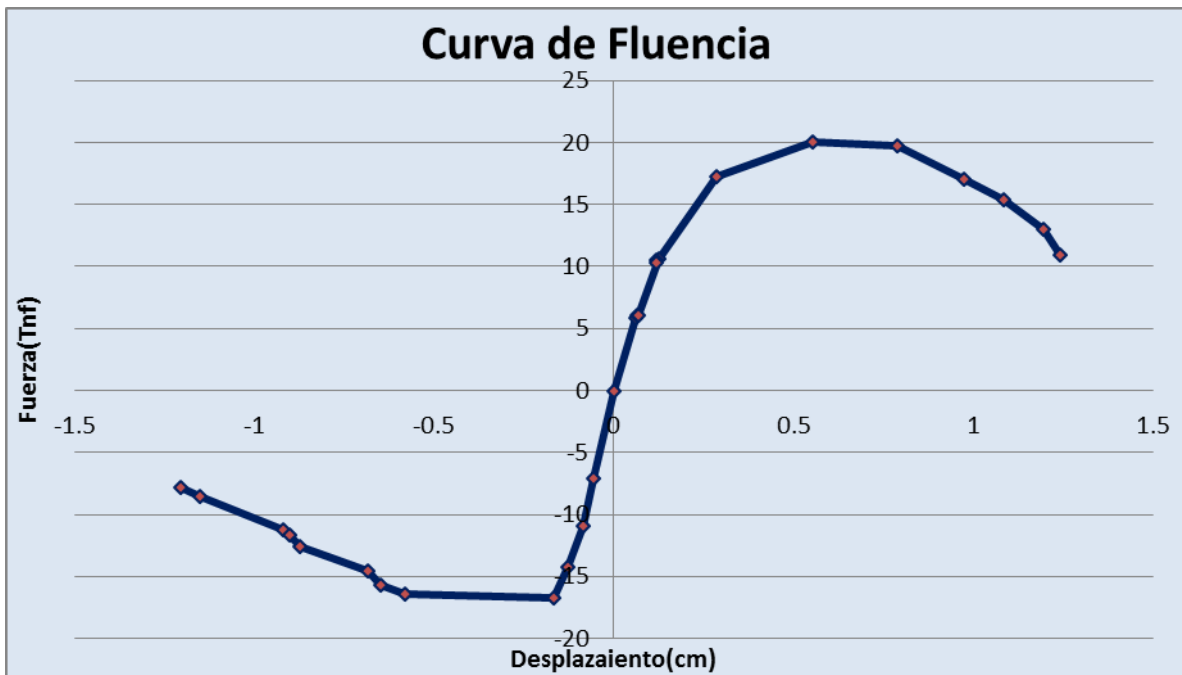


Gráfico 25. Para las diagonales equivalentes de refuerzo en la estructura Pandereta Industrial.

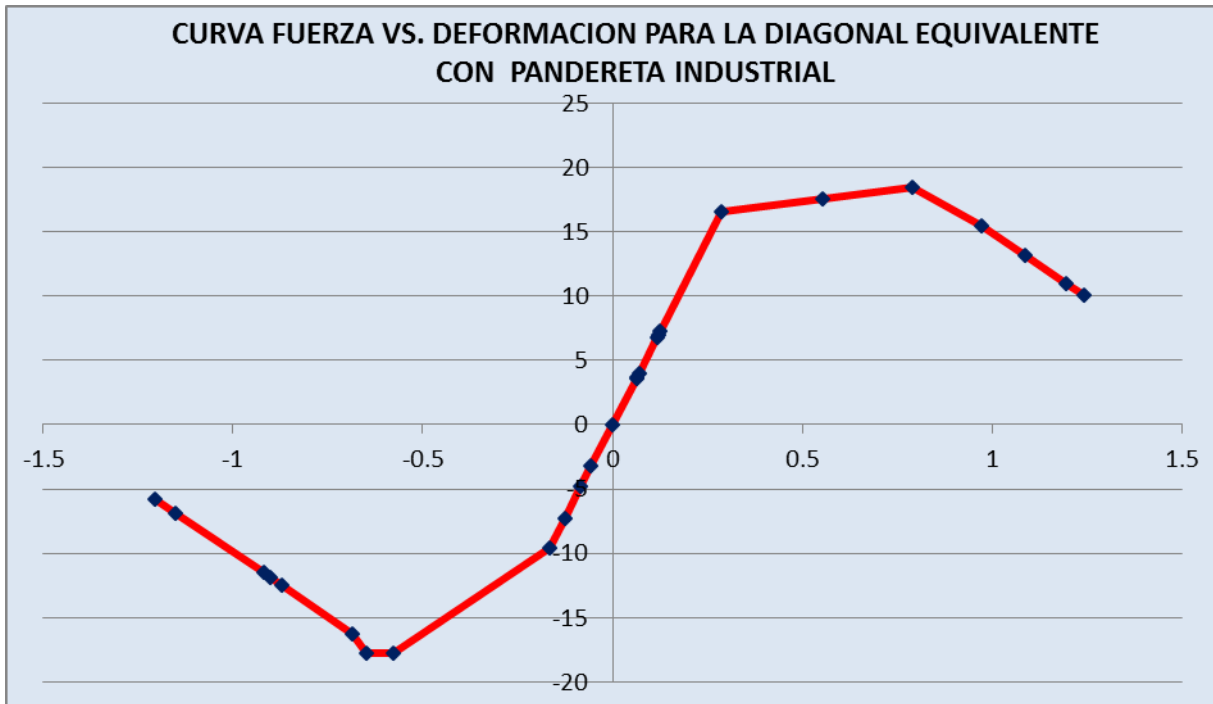


Gráfico 26. Para un muro confinado de albañilería de ladrillo Pandereta Artesanal.

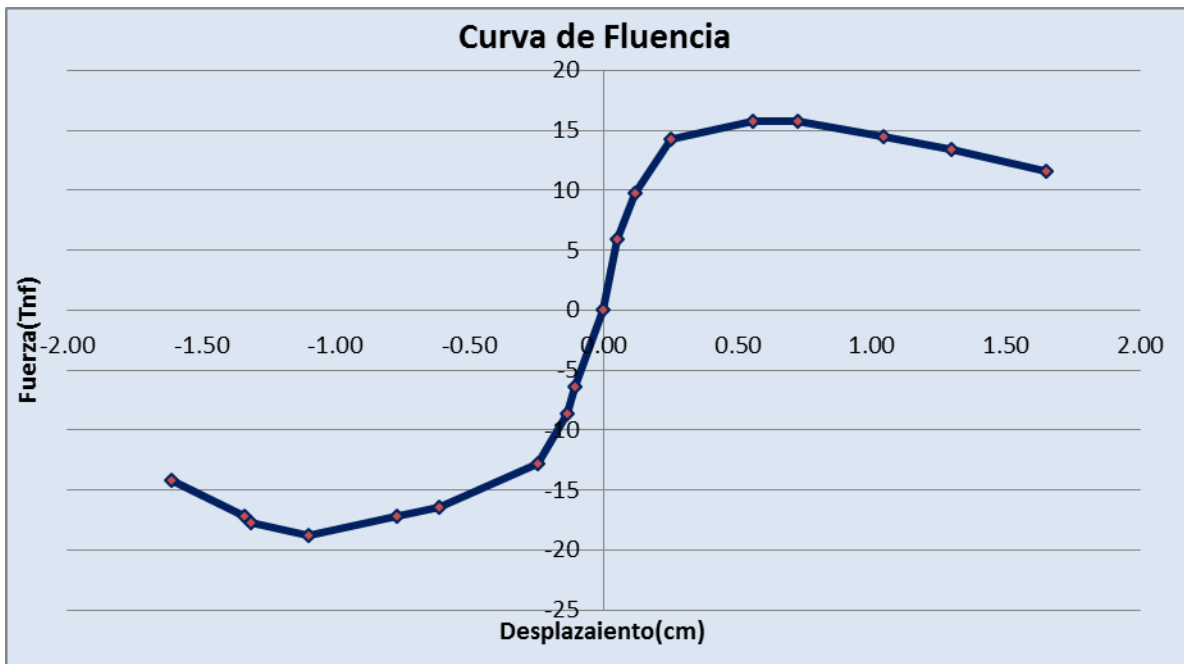
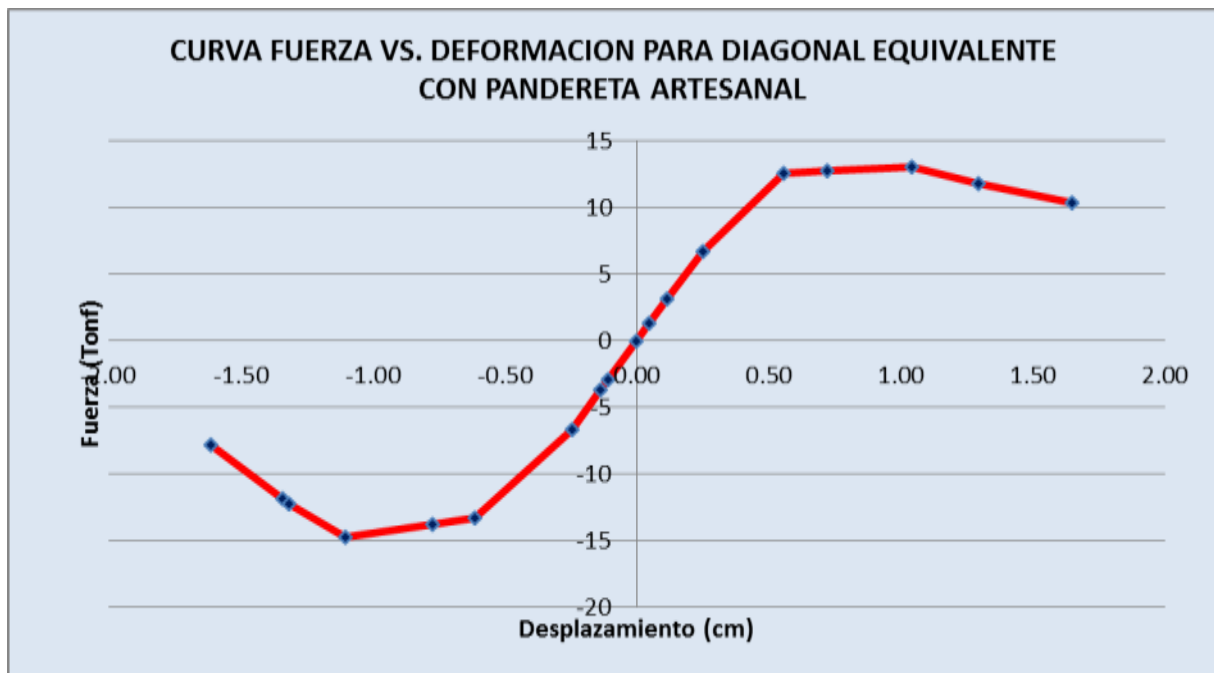


Gráfico 27. Para las diagonales equivalentes de refuerzo en la estructura Pandereta Artesanal.



4.1.1 Vivienda Unifamiliar de 01 nivel.

Esta edificación comprende de 01 nivel, tiene un perímetro de 45 m, un área techada de 64.10 m². El sistema sismorresistente es en base a muros portantes de albañilería confinada en el eje Y, que serán los que transfieran la carga proveniente de la losa a la cimentación. Se analizó la estructura bajo la suposición de que estuviera construida con muros confinados de los siguientes tipos de ladrillo: KK industrial, pandereta industrial y artesanal. Se tomará para la estimación los índices de vulnerabilidad los valores de los esfuerzos a corte más críticos que generarán mayor daño en la estructura analizada.

Para el análisis de la estructura en mención se tomó en cuenta los siguientes códigos y estándares:

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
 - R.N. E. Norma Técnica de Edificación E-020 "Cargas".
 - R N E. Norma Técnica de Edificación E-030 "Diseño Sismo Resistente".
 - R N E. Norma Técnica de Edificación E-070 "Albañilería".

Datos considerados para el análisis estructural.

Pesos Unitarios		
Losa aligerada de 20cm	350	kg/m ²
Albañilería	1800	kg/m ³
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Tabiquería	150	kg/m ²

Sobrecarga		
Carga de Techo	100	kg/m ²

Sistema Estructural.

La planta de cimentación nos permite ver que la estructura tiene una configuración estructural en base a muros portantes de albañilería confinados por columneta de concreto armado. La losa es aligerada en una dirección dirigida hacia los muros portantes de carga que se encuentran en el eje Y. (ver anexo 4, Plano vivienda unifamiliar 01 nivel)

Modelamiento

El modelo de vivienda unifamiliar de 01 nivel con el sistema SAP 2000 V 15, tal como se muestra en el gráfico 28.

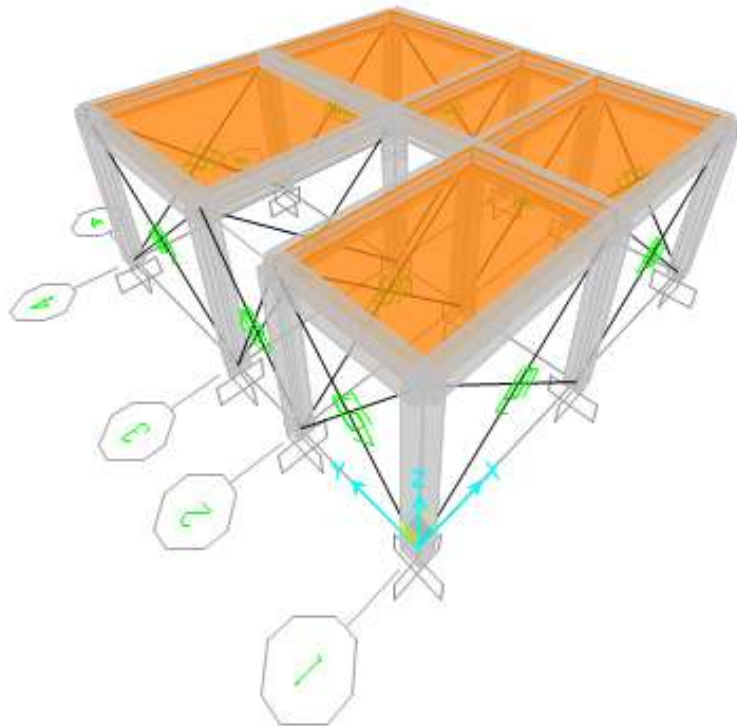


Gráfico 28. Edificación de 01 nivel, representativa a los años 1960-1970, en su etapa de construcción.

Vista de la estructura modelada en SAP 2000 V15.

- Densidad de Muros.

NIVEL 01							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m2)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m2)
Eje 01	6.2	0.13	0.81	Eje A	6.55	0.23	1.51
Eje 02	6.2	0.13	0.81		1.7	0.13	0.22
Eje 03	6.2	0.13	0.81	Eje B	6.55	0.23	1.51
Eje 04	6.2	0.13	0.81		1.7	0.13	0.22
			3.24				3.46

Tabla 11 Densidad de muros en ambas direcciones, para la edificación analizada de 01 nivel.

Área techada= 64.10 m².

Densidad de muros en X= 0.0505.

Densidad de muros en Y= 0.0540.

La densidad mínima de muros se determina según RNE E-070, de la siguiente manera.

$$\frac{\text{Area de Muros reforzados o portantes}}{\text{Area de la planta típica}} = \frac{\Sigma Lt}{Ap} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Dónde Z, U y S son los factores de zona, importancia y de suelo, respectivamente especificados en la NTE E030 Diseño sismorresistente; N corresponde al número de pisos de la edificación.

Entonces para la edificación tenemos:

Z=	0.40
U=	1.00
S=	1.20
N=	1.00

Densidad mínima de muros = 0.0086

Debido a la estimación hecha podemos decir que el estado en cuanto a densidad de muros en ambas direcciones cumple con la densidad de muros mínima especificado en la norma. Cabe mencionar que solo los muros en la dirección Y son los que portan las cargas.

- Esfuerzos máximos de corte debido a los análisis No lineal Tiempo – Historia normalizado a 450 gals.

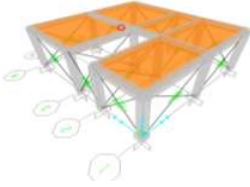
MODELO	MURO	NIVEL	PANDERETA ARTESANAL	KK INDUSTRIAL	PANDERETA INDUSTRIAL
			CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)
	EJE 01	01	7.01	14.46	5.40
	EJE 02		6.95	14.72	5.67
	EJE 03		6.89	14.83	5.85
	EJE 04		7.04	15.16	6.24

Tabla 12 Resultado del as fuerzas cortantes, debido al análisis no lineal tiempo-historia para la edificación de 01 nivel.

- Esfuerzos resistentes al corte según la RNE E070 y según la fórmula semi empírica de regresión multilíneal.

MODELO	MURO	NIVEL	CORTES ÚLTIMOS RESISTENTES(Ton)	
			RNE-E070	REGRESIÓN MULTILINEAL
	EJE 01	01	12.37	32.41
	EJE 02		12.57	31.34
	EJE 03		12.90	29.01
	EJE 04		12.69	22.50

Tabla 13 Resultado de las fuerzas cortantes para la edificación de 01 nivel.

- En el gráfico 29 se muestra la curva de capacidad de la estructura obtenida del Análisis Estático No Lineal (Push Over).

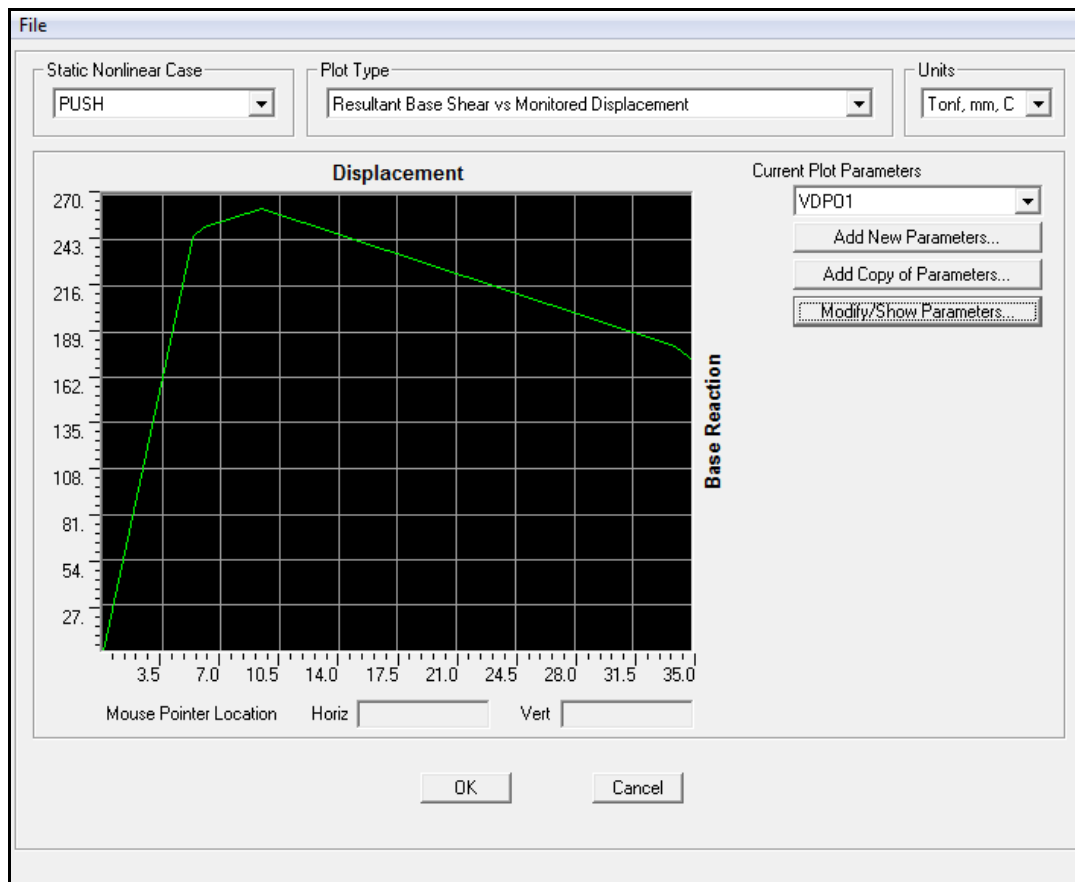


Gráfico 29. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (01) construida con ladrillo KK Industrial.

4.1.2 Vivienda Unifamiliar de 02 niveles.

La edificación comprende de 02 nivel, tiene un perímetro de 38.20 m de área construida, un área techada de 172.20 m². El sistema sismorresistente es en base a muros portantes de albañilería confinada en el eje Y. Ver gráfico 30.

Datos considerados para el análisis estructural.

Pesos Unitarios		
Losa aligerada de 20cm	350	kg/m ²
Albañilería	1800	kg/m ³
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Tabiquería	150	kg/m ²

Sobrecarga		
Carga viva	200	kg/m ²
Carga de Techo	100	kg/m ²

Sistema Estructural.

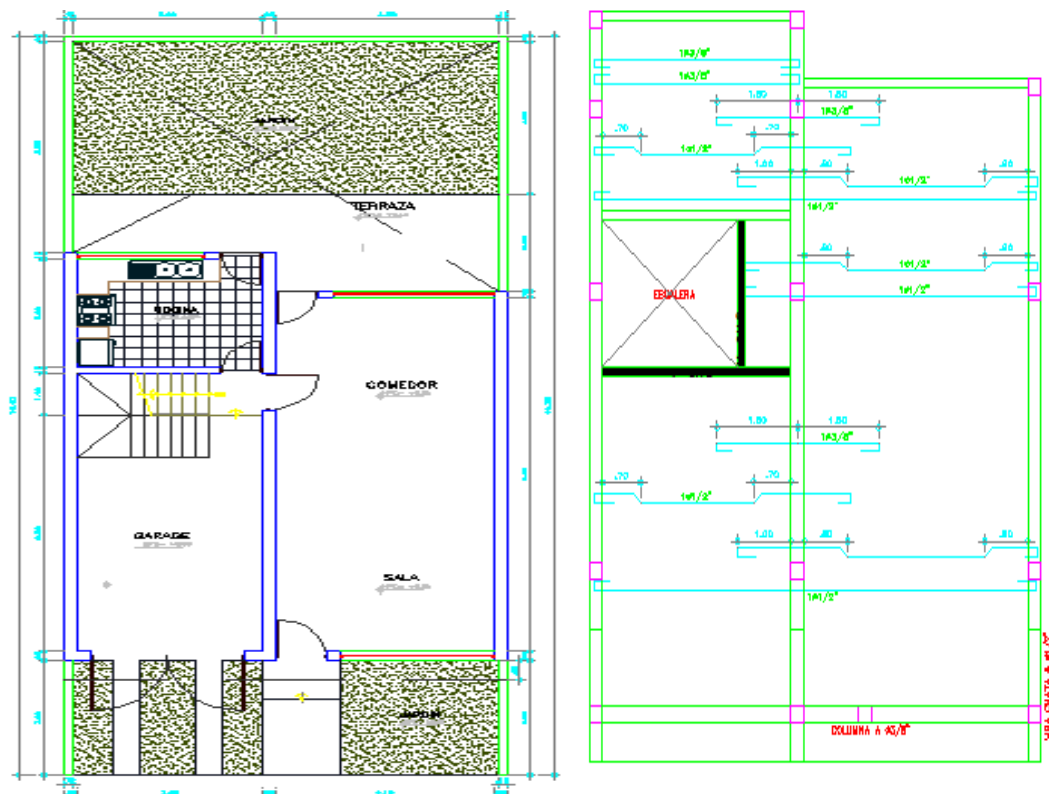


Gráfico 30 Vista en planta de la arquitectura y el aligerado de la vivienda de 02 niveles.

La planta arquitectónica y el plano de encofrado de losa nos permiten ver que la estructura tiene una configuración estructural en base a muros portantes de albañilería confinados por columnetas de concreto armado. La losa es aligerada en una dirección dirigida hacia los muros portantes de carga que se encuentran en el eje Y.

Modelamiento

Se modeló la vivienda unifamiliar de 02 niveles en el sistema SAP 2000 V15 tal como se aprecia en el gráfico 31, la cual representa a una tipología de edificación de albañilería construida en el período de años comprendidos entre 1970 – 1980.

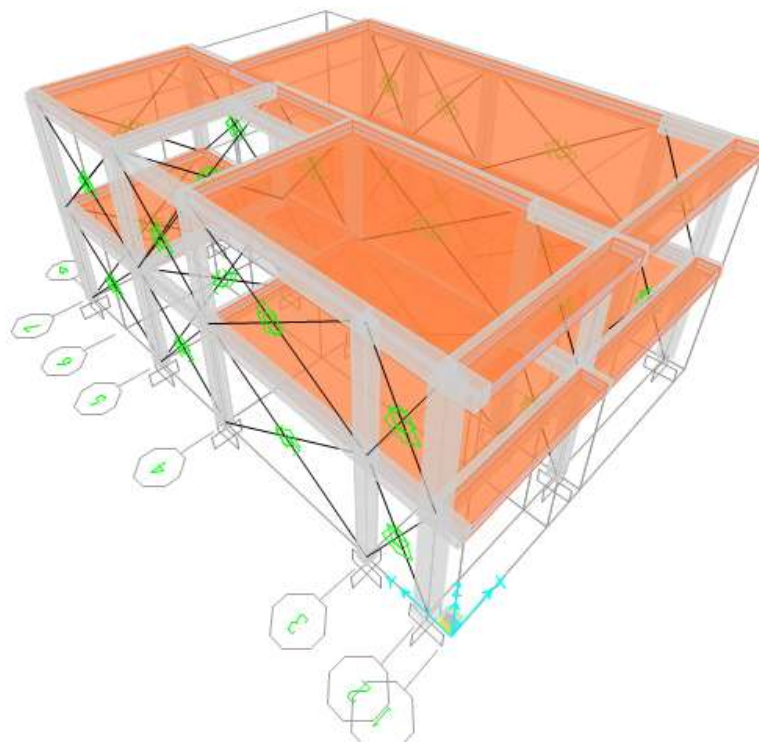


Gráfico 31 Edificación de 02 niveles, representativa a los años 1970-1980, en su etapa de construcción.

Vista de la estructura modelada en SAP 2000 V15.

- Densidad de muros.

NIVEL 01							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m2)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m2)
Escalera	2.70	0.13	0.35	Eje A	10.00	0.23	2.30
				Eje B	10.00	0.23	2.30
				Eje C	10.00	0.23	2.30
			0.35				6.90

Tabla 14 Densidad de muros en el nivel 01, de la vivienda analizada de 02 niveles.

Área techada Nivel 01 = 85.03 m².

Densidad de muros en X. = 0.0041.

Densidad de muros en Y. = 0.0811.

NIVEL 02							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m2)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m2)
Escalera	2.70	0.13	0.35	Eje A	10.00	0.23	2.30
Escalera	2.70	0.13	0.35	Eje B	10.00	0.23	2.30
Baño	2.70	0.13	0.35	Eje C	10.00	0.23	2.30
Dormitorio	3.25	0.13	0.42				
			1.47				6.90

Tabla 15 Densidad de muros en el segundo nivel, de la vivienda analizada de 02 niveles.

Área techada Nivel 01 = 87.19 m².

Densidad de muros en X. = 0.0186.

Densidad de muros en Y. = 0.0791.

Densidad mínima de muros según RNE E-070.

Z=	0.40
U=	1.00
S=	1.20
N=	2.00

Densidad mínima de muros = 0.0171.

En ambos niveles en la dirección Y, donde se encuentran los muros portantes cumplen con la densidad mínima establecida según norma, pero en la dirección X solo cumple en el segundo nivel donde se concentra mayor cantidad de muros en esa dirección, en cambio en el primer nivel solo hay un muro en la dirección X, por lo tanto ahí no cumple con lo establecido en la norma referente a la densidad de muros mínima.

- Esfuerzos máximos de corte debido a los análisis No lineal Tiempo – Historia normalizado a 450 gals.

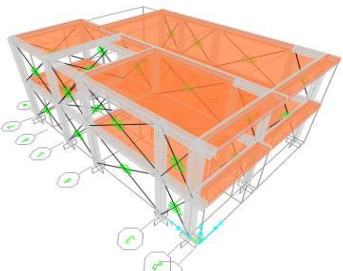
MODELO	MURO	NIVEL	PANDERETA ARTESANAL	KK INDUSTRIAL	PANDERETA INDUSTRIAL
			CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)
	EJE A	01	39.50	45.02	47.22
	EJE B		39.02	40.49	45.12
	EJE C		33.62	31.86	36.00
	EJE A	02	21.11	26.46	27.08
	EJE B		21.16	23.47	23.41
	EJE C		18.57	18.97	18.40

Tabla 16 Resultado de las fuerzas cortantes de demanda sísmica para la edificación de 02 niveles analizados.

- Esfuerzos resistentes al corte según la RNE E070 y según la fórmula semi empírica de regresión multi lineal.

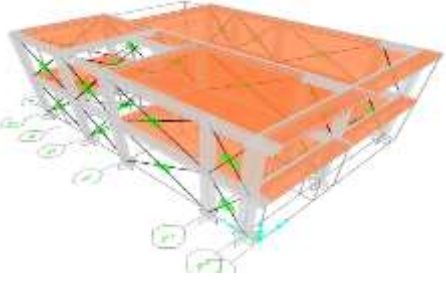
MODELO	MURO	NIVEL	CORTES ÚLTIMOS RESISTENTES(Ton)	
			RNE-E070	REGRESIÓN MULTILINEAL
	EJE A	01	24.39	66.30
	EJE B		33.53	66.50
	EJE C		25.42	55.57
	EJE A	02	20.03	66.15
	EJE B		25.85	66.23
	EJE C		20.72	55.41

Tabla 17 Fuerzas resistentes de las viviendas de 02 niveles.

- Curva de capacidad de la estructura del Análisis Estático No Lineal (Push Over). En el gráfico 32 se aprecia la curva de capacidad obtenida del Análisis Estático no lineal (PUSH OVER), para la vivienda unifamiliar de 02 niveles.

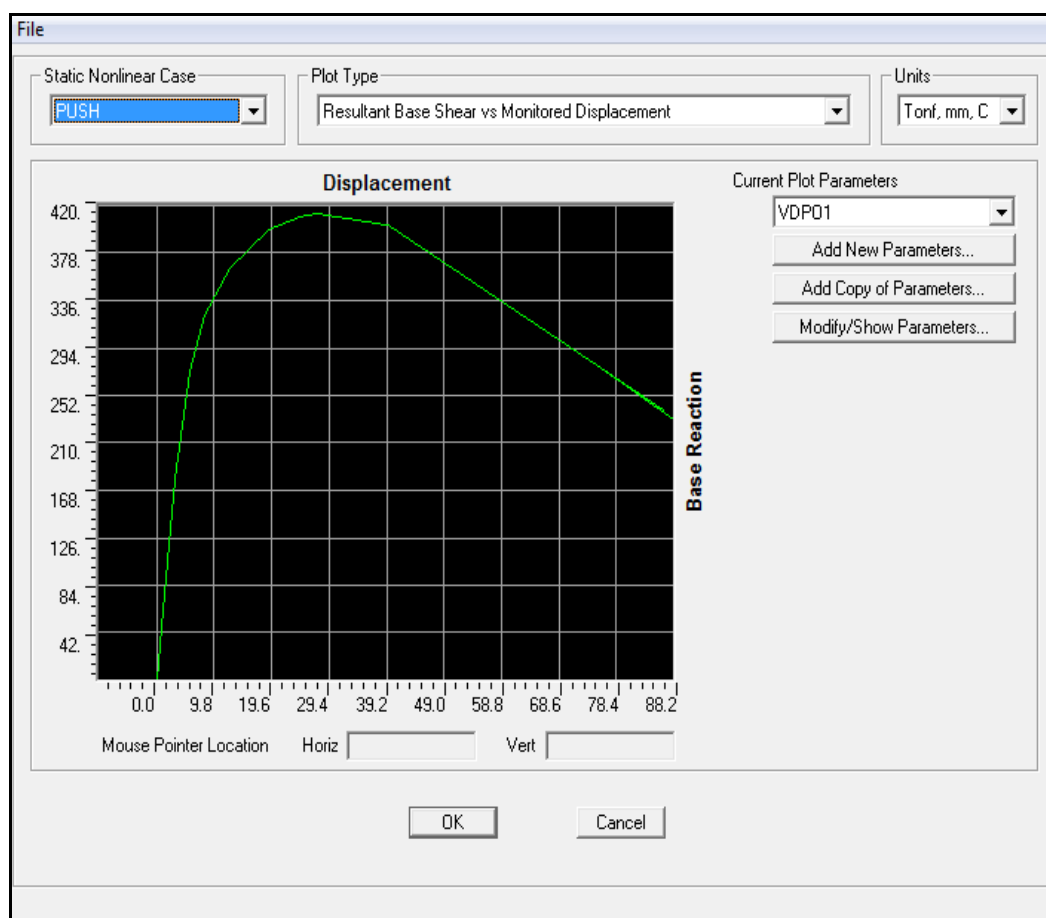


Gráfico 32. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (02) construida con ladrillo
KK Industrial.

4.1.3 Vivienda Unifamiliar de 03 niveles.

La edificación comprende de 03 niveles, tiene un perímetro de 46.05 m de área construida, un área techada de 319.16 m². El sistema sismorresistente es en base a muros portantes de albañilería confinada en el eje X. Ver gráfico 33.

Datos considerados para el análisis estructural.

Pesos Unitarios		
Losa aligerada de 20cm	350	kg/m ²
Albañilería	1800	kg/m ³
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Tabiquería	150	kg/m ²

Sobrecarga		
Carga viva	200	kg/m ²
Carga de Techo	100	kg/m ²

Sistema Estructural.

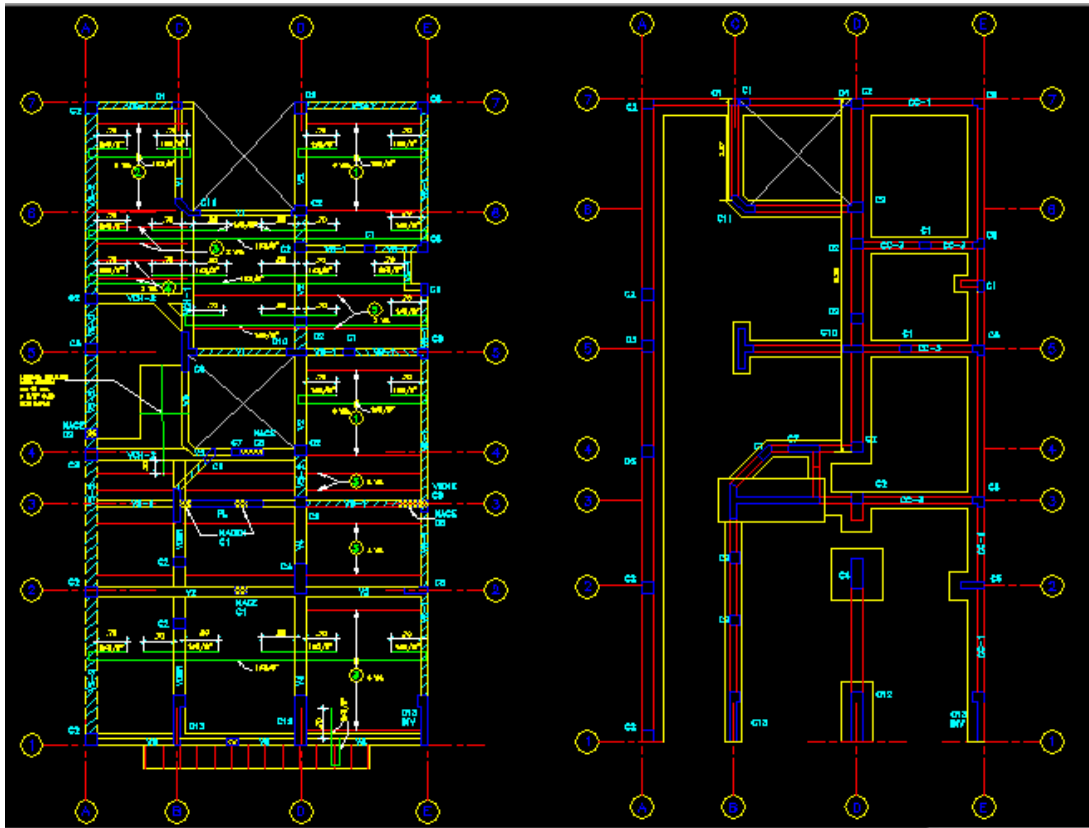


Gráfico 33 Vista de los planos de arquitectura y cimentación de la vivienda de 03 niveles.

El plano de cimentación del gráfico 33 muestra que la estructura tiene una configuración estructural en base a muros portantes de albañilería confinada. La losa es aligerada en una dirección dirigida hacia los muros portantes de carga que se encuentran en el eje X.

Modelamiento

Se modeló la vivienda unifamiliar de 03 niveles en el sistema SAP 2000 V15, como se aprecia en el gráfico 34, la cual representa a una tipología de edificación de albañilería confinada construida en el año comprendido entre 1980 – 1990.

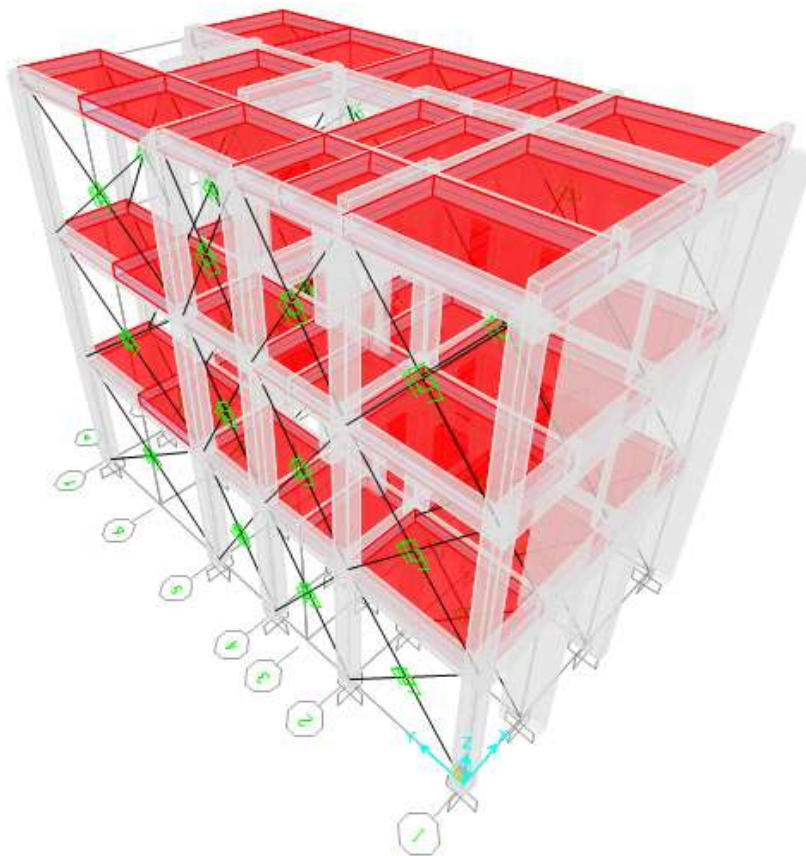


Gráfico 34 Edificación de 03 niveles, representativa a los años 1980-1990, en su etapa de construcción.

Vista de la estructura modelada en SAP 2000 V15.

- Densidad de muros.

NIVEL 01							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m2)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m2)
Eje 03	2.10	0.23	0.48	Eje A	9.45	0.23	2.17
Eje 04	3.20	0.13	0.42	Eje B	4.10	0.23	0.94
Eje 05	5.30	0.13	0.69	Eje C	3.75	0.23	0.86
Eje 06	1.80	0.13	0.23	Eje D	9.45	0.23	2.17
Eje 07	3.50	0.13	0.46	Eje E	8.95	0.13	1.16
			2.28				7.30

Tabla 18 Densidad de muros con el nivel 01 de la vivienda de 03 niveles analizada.

Área techada Nivel 01 = 111.04 m².

Densidad de muros en X. = 0.0205.

Densidad de muros en Y. = 0.0657.

NIVEL 02							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m2)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m2)
Eje 03	2.10	0.23	0.48	Eje A	9.45	0.23	2.17
Eje 04	3.20	0.13	0.42	Eje B	4.10	0.23	0.94
Eje 05	5.30	0.13	0.69	Eje C	3.75	0.23	0.86
Eje 06	1.80	0.13	0.23	Eje D	9.45	0.23	2.17
Eje 07	3.50	0.13	0.46	Eje E	8.95	0.13	1.16
			2.28				7.30

Tabla 19 Densidad de muros en el nivel 02, de la vivienda de 03 niveles analizada.

Área techada Nivel 02 = 111.04 m².

Densidad de muros en X. = 0.0205.

Densidad de muros en Y. = 0.0657.

NIVEL 03							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m ²)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m ²)
Eje 03	2.10	0.23	0.48	Eje A	9.45	0.23	2.17
Eje 04	3.20	0.13	0.42	Eje B	4.10	0.23	0.94
Eje 05	5.30	0.13	0.69	Eje C	3.75	0.23	0.86
Eje 06	1.80	0.13	0.23	Eje D	9.45	0.23	2.17
Eje 07	3.50	0.13	0.46	Eje E	8.95	0.13	1.16
			2.28				7.30

Tabla 20 Densidad de muros en el 3er nivel, de la vivienda de 03 niveles analizada.

Área techada Nivel 03 = 104.06 m².

Densidad de muros en X. = 0.0219.

Densidad de muros en Y. = 0.0702.

Densidad mínima de muros según RNE E-070.

Z=	0.40
U=	1.00
S=	1.20
N=	3.00

Densidad mínima de muros = 0.0257.

Esfuerzos máximos de corte debido a los análisis No lineal Tiempo – Historia normalizado a 450 gals.

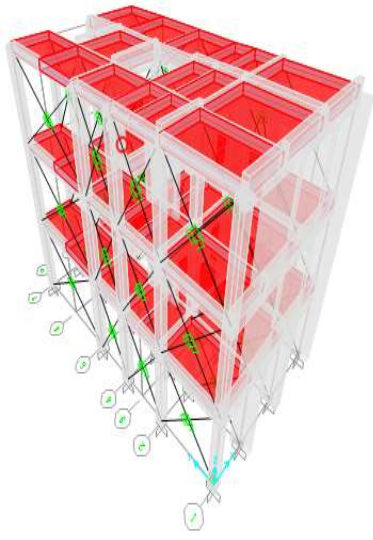
MODELO	MURO	NIVEL	PANDERETA ARTESANAL	KK INDUSTRIAL	PANDERETA INDUSTRIAL
			CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)
	EJE A	01	29.69	38.42	32.60
	EJE B		26.15	36.13	28.00
	EJE C		36.26	47.19	40.22
	EJE D		21.73	29.92	25.62
	EJE A	02	28.74	31.46	26.07
	EJE B		19.88	20.66	16.81
	EJE C		30.32	34.84	29.40
	EJE D		19.95	23.05	19.62
	EJE A	03	14.01	13.85	11.79
	EJE B		8.81	6.29	4.97
	EJE C		13.88	13.99	11.67
	EJE D		11.02	11.20	9.54

Tabla 21 Fuerza cortante de demanda para la edificación de 03 niveles analizadas.

- Esfuerzos resistentes al corte según la RNE E070 y según la fórmula semi empírica de regresión multilíneal.

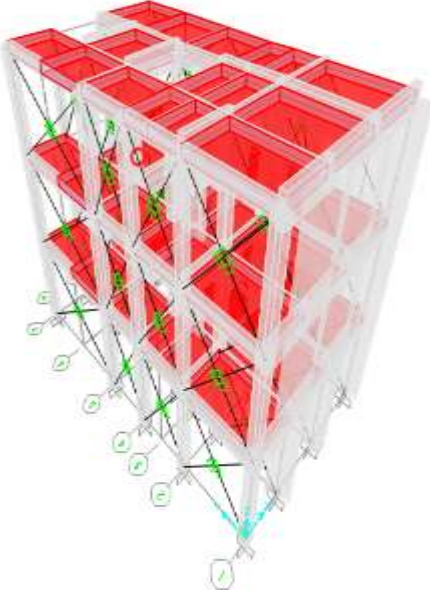
MODELO	MURO	NIVEL	CORTES ÚLTIMOS RESISTENTES(Ton)	
			RNE-E070	REGRESIÓN MULTILINEAL
	EJE A	01	23.06	48.44
	EJE B		25.05	37.89
	EJE C		25.60	42.65
	EJE D		24.28	50.70
	EJE A	02	20.88	48.53
	EJE B		22.18	38.00
	EJE C		22.55	42.77
	EJE D		21.68	50.80
	EJE A	03	18.69	48.61
	EJE B		19.31	38.12
	EJE C		19.49	42.89
	EJE D		19.07	50.91

Tabla 22 Resultados de fuerzas resistentes para la vivienda de 03 niveles analizada.

- Curva de capacidad de la estructura del Análisis Estático No Lineal (Push Over). En el gráfico 35 se aprecia la curva de capacidad obtenida del análisis estático no lineal (push over) para una vivienda analizada unifamiliar de 03 niveles.

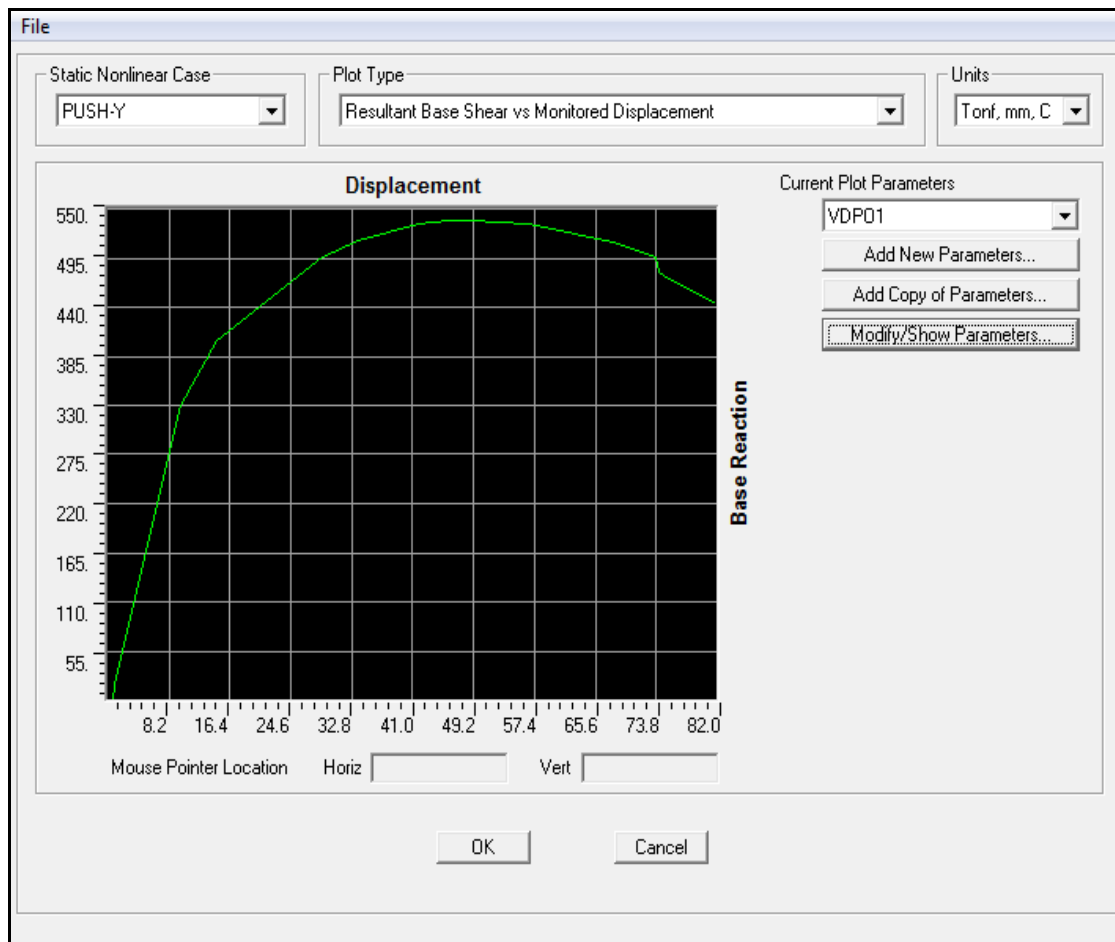


Gráfico 35. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (03) construida con ladrillo KK Industrial.

4.1.4 Vivienda Multifamiliar de 04 niveles.

La edificación comprende de 04 niveles, tiene un perímetro de 51.00 m de área construida, un área techada de 550.40 m². El sistema sismorresistente es en base a muros portantes de albañilería confinada en el eje Y.

Datos considerados para el análisis estructural.

Pesos Unitarios		
Losa aligerada de 20cm	350	kg/m ²
Albañilería	1800	kg/m ³
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Tabiquería	150	kg/m ²

Sobrecarga		
Carga viva	200	kg/m ²
Carga de Techo	100	kg/m ²

Sistema Estructural.

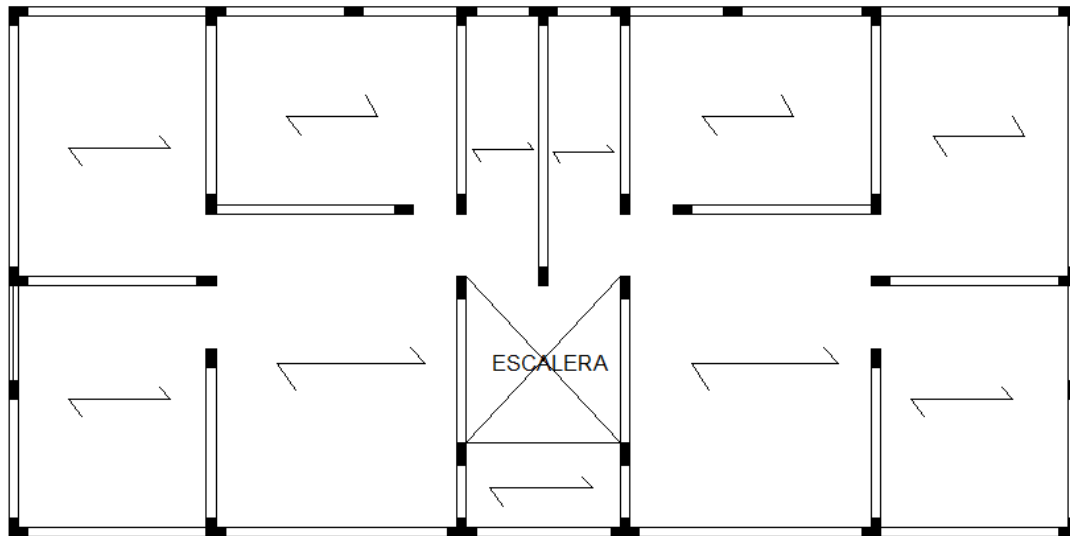


Gráfico 36 Plano de techo orientación del aligerado.

El plano del gráfico 36 muestra que la estructura tiene una configuración estructural en base a muros portantes de albañilería confinada. La losa es aligerada en una dirección dirigida hacia los muros portantes de carga que se encuentran orientados hacia el eje Y.

Modelamiento

En el gráfico 37 se presenta el modelo en el software SAP 2000 V15, de una vivienda multifamiliar de 04 niveles, la cual representa a la tipología de una edificación de albañilería confinada construida entre períodos de años de 1990 – 2000.

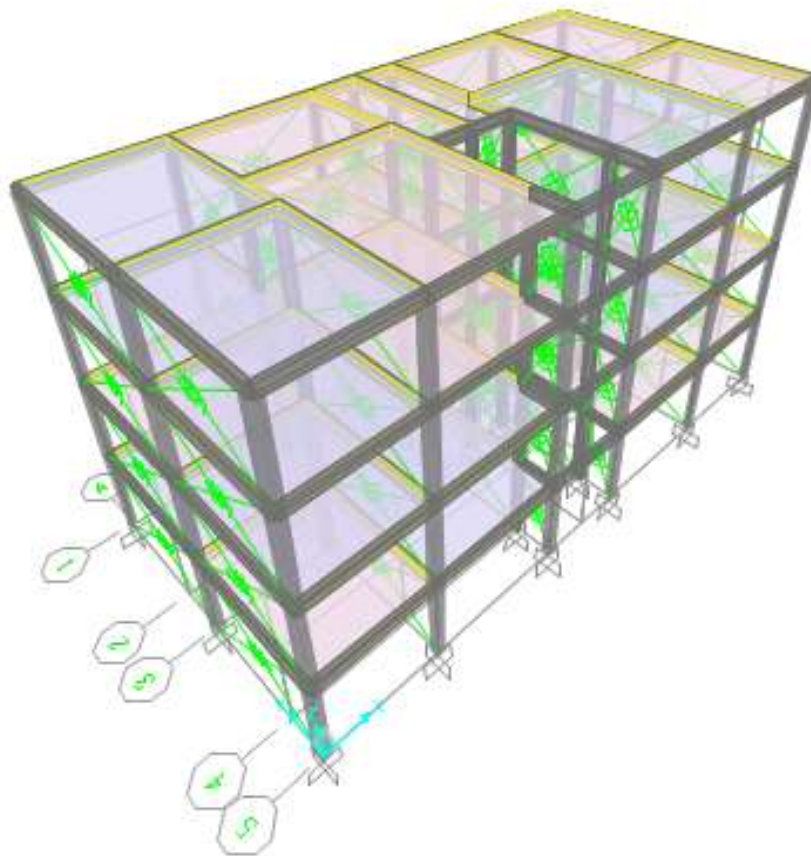


Gráfico 37 Edificación de 04 niveles, representativa a los años 1990-2000, en su etapa de construcción.

Vista de la estructura modelada en SAP 2000 V15.

- Densidad de muros.

NIVEL 01							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m ²)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Area (m ²)
Eje 01	3.05	0.13	0.40	Eje A	12.00	0.13	1.56
Eje 02	3.05	0.13	0.40	Eje B	12.00	0.13	1.56
Eje 03	3.05	0.13	0.40	Eje C	3.25	0.13	0.42
Eje 04	2.05	0.13	0.27	Eje D	12.00	0.13	1.56
Eje 05	3.05	0.13	0.40				5.10
			1.87				

Tabla 23 Densidad de muro en el primer nivel de la vivienda de 04 niveles analizada.

Área techada Nivel 01 = 137.60 m².

Densidad de muros en X. = 0.0136.

Densidad de muros en Y. = 0.0371.

Los siguientes niveles poseen la misma distribución de muros que el primero por lo cual la densidad de muros en el primer piso son las mismas que los posteriores.

Densidad mínima de muros según RNE E-070.

Z=	0.40
U=	1.00
S=	1.20
N=	4.00

Densidad mínima de muros = 0.0343

- Esfuerzos máximos de corte debido a los análisis No lineal Tiempo – Historia normalizado a 450 gals.

MODELO	MURO	NIVEL	PANDERETA ARTESANAL	KK INDUSTRIAL	PANDERETA INDUSTRIAL
			CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)
	EJE A	01	43.05	45.35	49.77
	EJE B		46.99	47.38	52.17
	EJE C		49.78	50.85	55.22
	EJE D		21.56	23.35	24.29
	EJE E		49.78	50.85	55.22
	EJE F		46.99	47.38	52.17
	EJE G		43.52	45.35	49.83
	EJE A	02	38.18	40.46	42.83
	EJE B		41.11	41.54	44.71
	EJE C		43.58	44.91	47.67
	EJE D		18.06	16.71	19.22
	EJE E		43.58	44.91	47.67
	EJE F		41.11	41.54	44.71
	EJE G		38.18	40.47	42.83
	EJE A	03	26.83	27.25	31.06
	EJE B		28.51	28.38	32.03
	EJE C		30.17	31.83	34.88
	EJE D		12.21	10.33	12.86
	EJE E		30.17	31.85	34.88
	EJE F		28.51	28.38	31.88
	EJE G		24.25	27.25	31.06
	EJE A	04	12.99	12.96	14.51
	EJE B		13.54	13.01	14.68
	EJE C		14.76	16.49	16.96
	EJE D		5.12	3.32	4.60
	EJE E		14.76	16.49	19.15
	EJE F		13.54	13.01	14.68
	EJE G		13.21	12.97	14.51

Tabla 24 Fuerzas cortantes de demandas sísmicas para la vivienda de 04 niveles analizada.

- Esfuerzos resistentes al corte según la RNE E070 y según la fórmula semi empírica de regresión multilíneal.

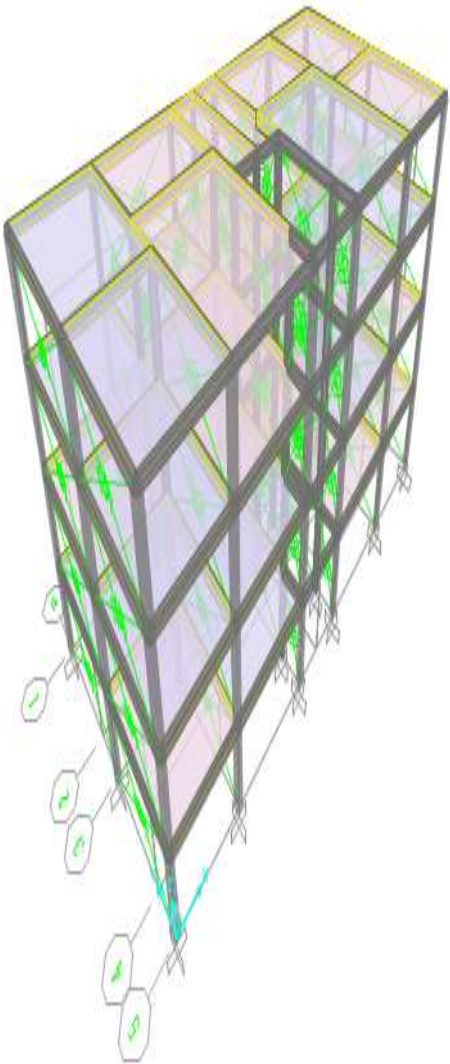
MODELO	MURO	NIVEL	CORTES ÚLTIMOS RESISTENTES(Ton)	
			RNE-E070	REGRESIÓN MULTILINEAL
	EJE A	01	28.23	45.51
	EJE B		26.31	24.91
	EJE C		21.25	22.04
	EJE D		13.11	17.53
	EJE E		21.25	22.04
	EJE F		26.31	24.91
	EJE G		28.23	45.51
	EJE A	02	25.33	45.37
	EJE B		22.31	24.69
	EJE C		18.33	21.89
	EJE D		11.67	17.46
	EJE E		18.33	21.89
	EJE F		22.31	24.69
	EJE G		25.33	45.37
	EJE A	03	22.44	45.23
	EJE B		18.30	24.47
	EJE C		15.41	21.73
	EJE D		10.22	17.39
	EJE E		15.41	21.73
	EJE F		18.30	24.47
	EJE G		22.44	45.23
	EJE A	04	19.54	45.09
	EJE B		14.29	24.25
	EJE C		12.49	21.57
	EJE D		8.78	17.32
	EJE E		12.49	21.57
	EJE F		14.29	24.25
	EJE G		19.54	45.09

Tabla 25 Fuerzas resistentes de la vivienda de 04 niveles analizada.

- Curva de capacidad de la estructura del Análisis Estático No Lineal (Push Over). El gráfico 38 muestra la curva de capacidad obtenida del análisis estático no lineal para la vivienda multifamiliar de 04 niveles en análisis.

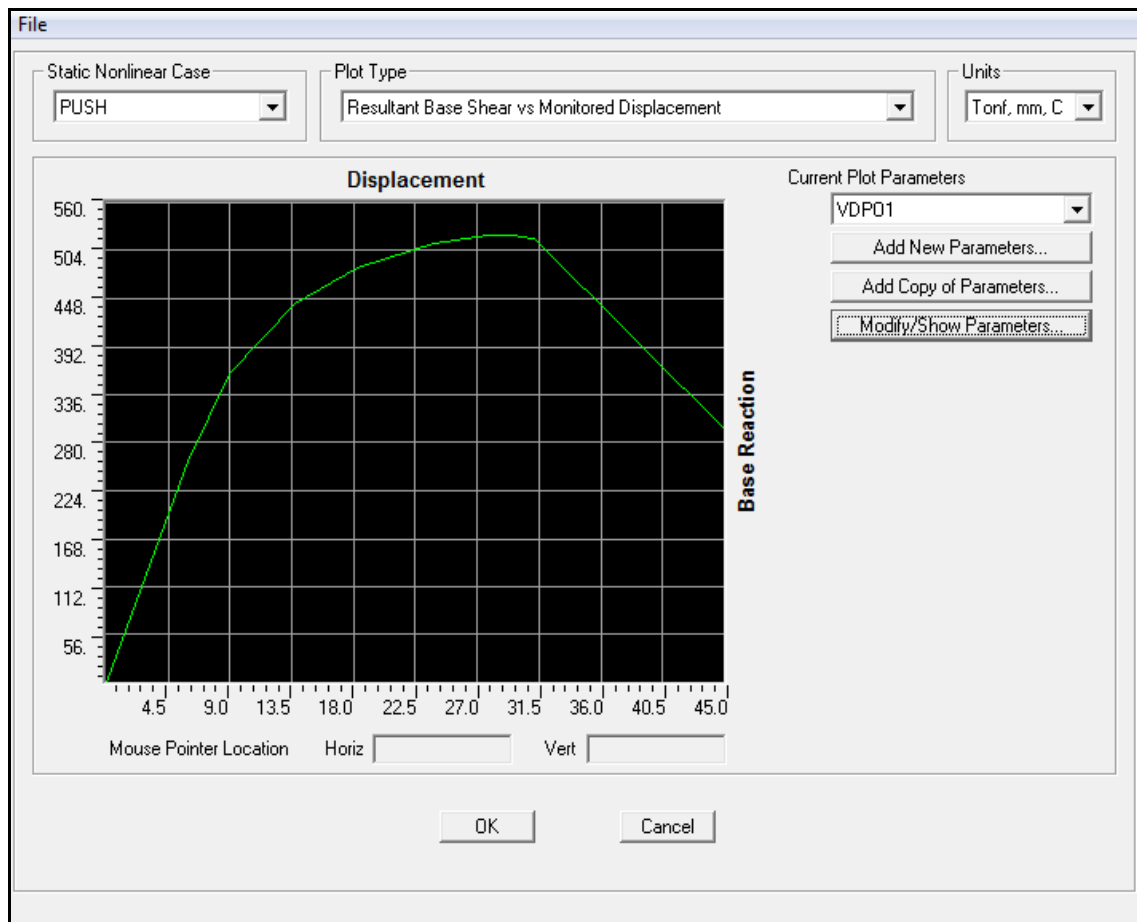


Gráfico 38. Curva de capacidad para la Vivienda Multifamiliar (04) construida con ladrillo
KK Industrial.

4.1.5 Vivienda Multifamiliar de 05 niveles.

La edificación comprende de 05 niveles, tiene un perímetro de 59.00 m de área construida, un área techada de 440.12 m². El sistema sismorresistente es en base a muros portantes de albañilería confinada en el eje Y.

Datos considerados para el análisis estructural.

Pesos Unitarios		
Losa aligerada de 20cm	350	kg/m ²
Albañilería	1800	kg/m ³
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Tabiquería	150	kg/m ²

Sobrecarga		
Carga viva	200	kg/m ²
Carga de Techo	100	kg/m ²

Sistema Estructural.

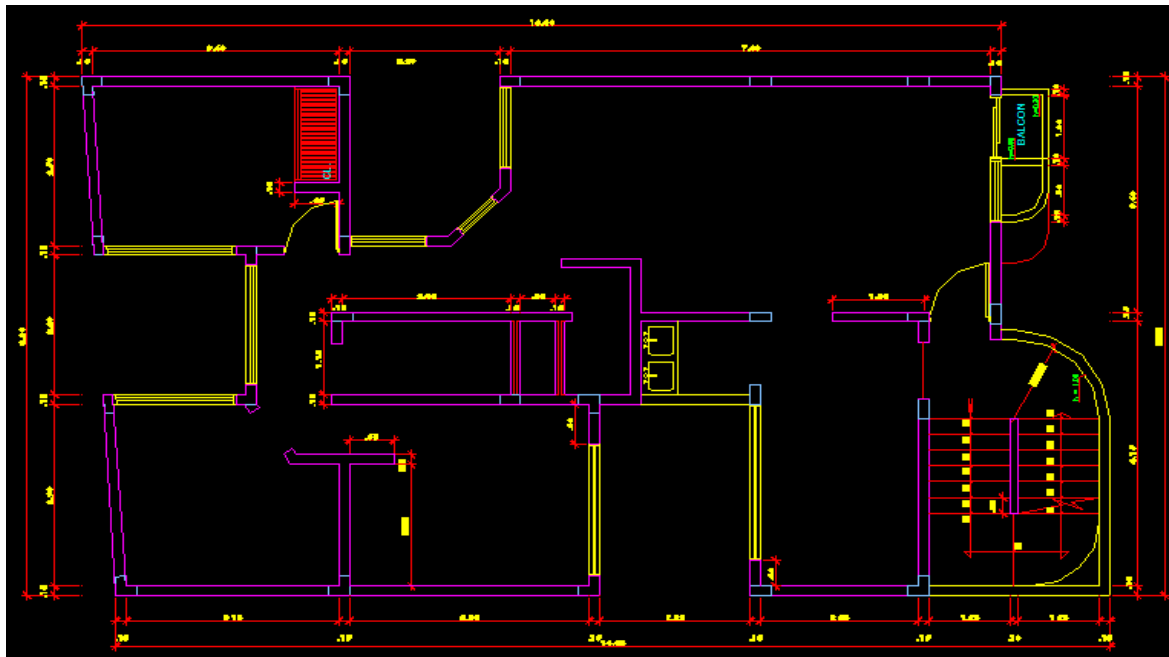


Gráfico 39 Vista en planta de la distribución de muros en la edificación de 05 niveles.

El plano anterior del gráfico 39 muestra que la estructura tiene una configuración estructural en base a muros portantes de albañilería confinada. La losa es aligerada en una dirección dirigida hacia los muros portantes de carga que se encuentran orientados hacia el eje X.

Modelamiento

El gráfico 40 muestra la vivienda multifamiliar de 05 niveles modelado en SAP 2000 V15, la cual representa la tipología de una vivienda de albañilería construida entre los años 2000 – 2010.

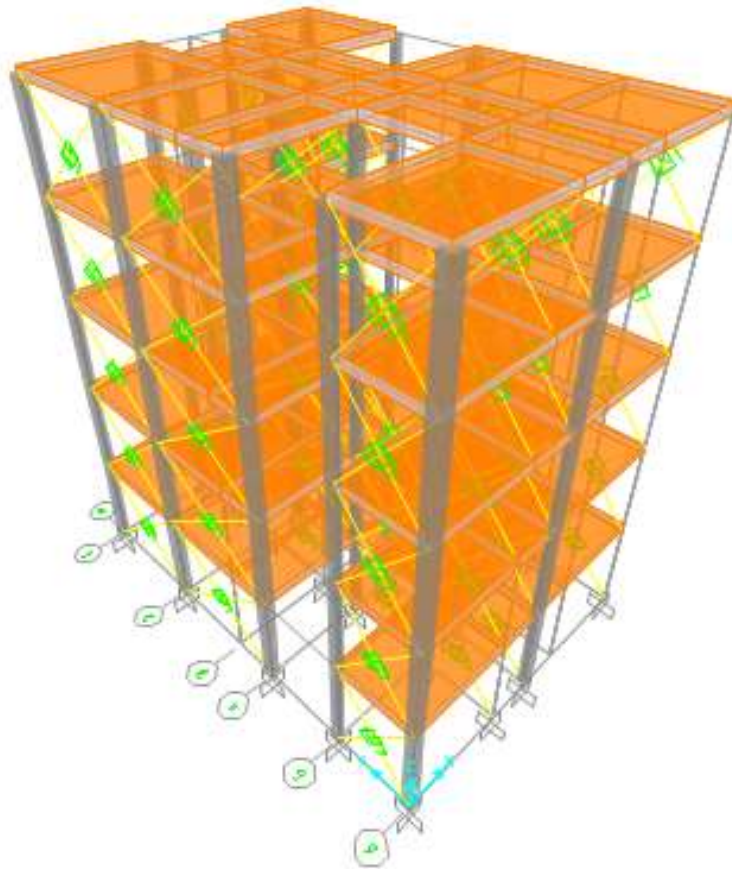


Gráfico 40 Edificación de 05 niveles, representativa a los años 2000-2010, en su etapa de construcción.

Vista de la estructura modelada en SAP 2000 V15.

- Densidad de muros.

NIVEL 01							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m ²)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m ²)
Eje 01	8.20	0.13	1.07	Eje A	14.50	0.13	1.89
Eje 02	4.35	0.13	0.57	Eje B	7.80	0.13	1.01
Eje 03	3.16	0.13	0.41	Eje C	7.30	0.13	0.95
Eje 04	3.30	0.13	0.43				
Eje 05	3.40	0.13	0.44	Eje E	15.00	0.13	1.95
			2.92				5.80

Tabla 26 Densidad de muro en el 1er nivel, para la vivienda de 05 niveles analizada.

Área techada Nivel 01 = 88.02 m².

Densidad de muros en X. = 0.0332.

Densidad de muros en Y. = 0.0659.

NIVELES 02, 03, 04 y 05							
DIRECCION "X"				DIRECCION "Y"			
Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m ²)	Ubicación	Longitud(m)	Espesor(m)	Área (m ²)
Eje 01	6.00	0.13	0.78	Eje A	14.50	0.13	1.89
Eje 02	4.35	0.13	0.57	Eje B	7.80	0.13	1.01
Eje 03	3.16	0.13	0.41	Eje C	7.85	0.13	1.02
Eje 04	3.30	0.13	0.43				
Eje 05	3.40	0.13	0.44	Eje E	13.40	0.13	1.74
			2.63				5.66

Tabla 27 Densidad de muro en los niveles 2, 3, 4 y 5 para la vivienda de 05 niveles en análisis.

Área techada Nivel 01 = 88.02 m².

Densidad de muros en X. = 0.0299.

Densidad de muros en Y. = 0.0643.

Densidad mínima de muros según RNE E-070.

Z=	0.40
U=	1.00
S=	1.20
N=	5.00

Densidad mínima de muros = 0.0429.

- Esfuerzos máximos de corte debido a los análisis No lineal Tiempo – Historia normalizado a 450 gals.

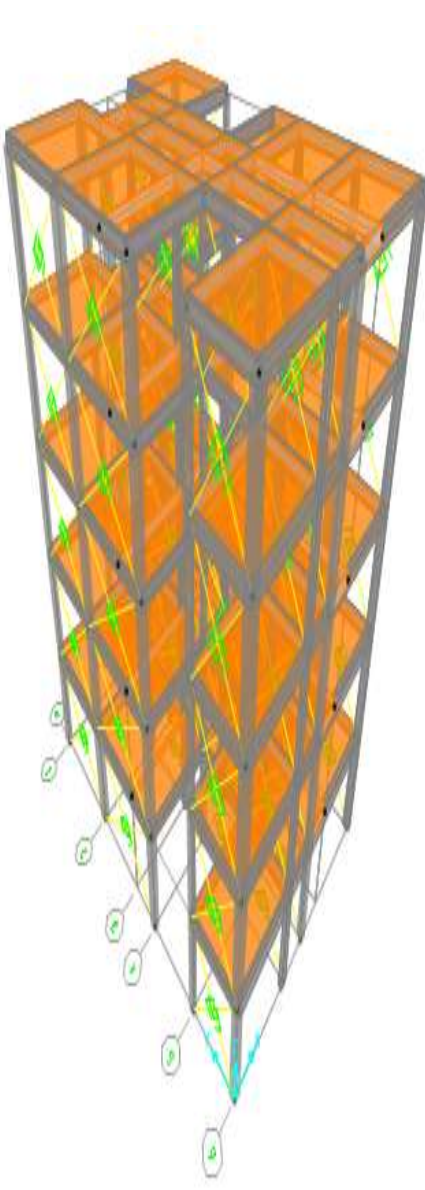
MODELO	MURO	NIVEL	PANDERETA ARTESANAL	KK INDUSTRIAL	PANDERETA INDUSTRIAL
			CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)	CORTE MAX (Ton)
	EJE A	01	30.55	42.53	36.46
	EJE B		32.07	47.28	39.14
	EJE C		22.87	32.44	26.85
	EJE D		8.64	10.88	9.31
	EJE E		21.26	26.20	21.32
	EJE A	02	24.29	32.97	30.76
	EJE B		29.29	42.45	36.36
	EJE C		21.72	30.36	25.90
	EJE D		7.56	9.21	8.23
	EJE E		19.72	21.66	18.21
	EJE A	03	22.45	24.17	22.64
	EJE B		27.67	32.74	30.11
	EJE C		20.15	23.69	21.59
	EJE D		6.70	6.96	6.68
	EJE E		16.51	15.58	16.28
	EJE A	04	17.56	15.27	15.83
	EJE B		23.08	24.71	22.59
	EJE C		17.09	17.75	16.84
	EJE D		5.52	5.34	5.18
	EJE E		13.55	9.77	12.29
EJE A	05	6.95	6.29	6.53	
EJE B		11.85	13.70	11.96	
EJE C		9.30	10.21	9.37	
EJE D		2.59	3.00	2.53	
EJE E		5.77	3.79	4.39	

Tabla 28 Fuerzas cortantes de demanda sísmica para la vivienda de 05 niveles.

- Esfuerzos resistentes al corte según la RNE E070 y según la fórmula semi empírica de regresión multilíneal.

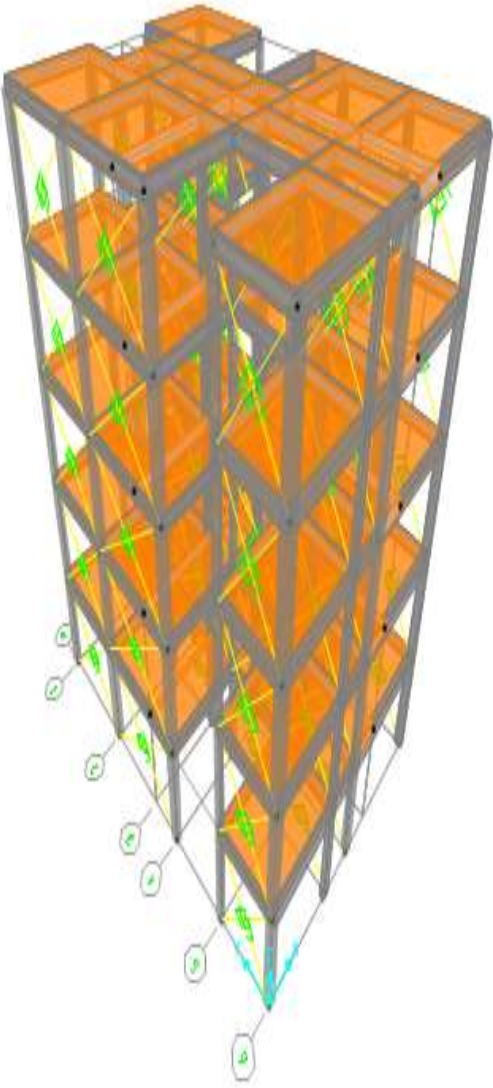
MODELO	MURO	NIVEL	CORTES ÚLTIMOS RESISTENTES(Ton)	
			RNE-E070	REGRESIÓN MULTILINEAL
	EJE A	01	30.65	70.46
	EJE B		40.28	93.96
	EJE C		28.45	62.17
	EJE D		11.48	12.56
	EJE E		39.43	92.95
	EJE A	02	27.70	70.35
	EJE B		36.22	93.81
	EJE C		25.67	62.07
	EJE D		10.28	12.52
	EJE E		35.55	92.82
	EJE A	03	24.76	70.25
	EJE B		32.16	93.67
	EJE C		22.88	61.98
	EJE D		9.08	12.48
	EJE E		31.67	92.68
	EJE A	04	21.81	70.15
	EJE B		28.10	93.53
	EJE C		20.10	61.88
	EJE D		7.88	12.44
	EJE E		27.80	92.55
EJE A	05	18.86	70.05	
EJE B		24.05	93.39	
EJE C		17.31	61.78	
EJE D		6.68	12.40	
EJE E		23.92	92.41	

Tabla 29 Fuerzas resistentes para la vivienda de 05 niveles analizada.

- Curva de capacidad de la estructura del Análisis Estático No Lineal (Push Over). El gráfico 41 muestra la curva de capacidad para una vivienda multifamiliar de 05 niveles obtenida del análisis estático no lineal push over.

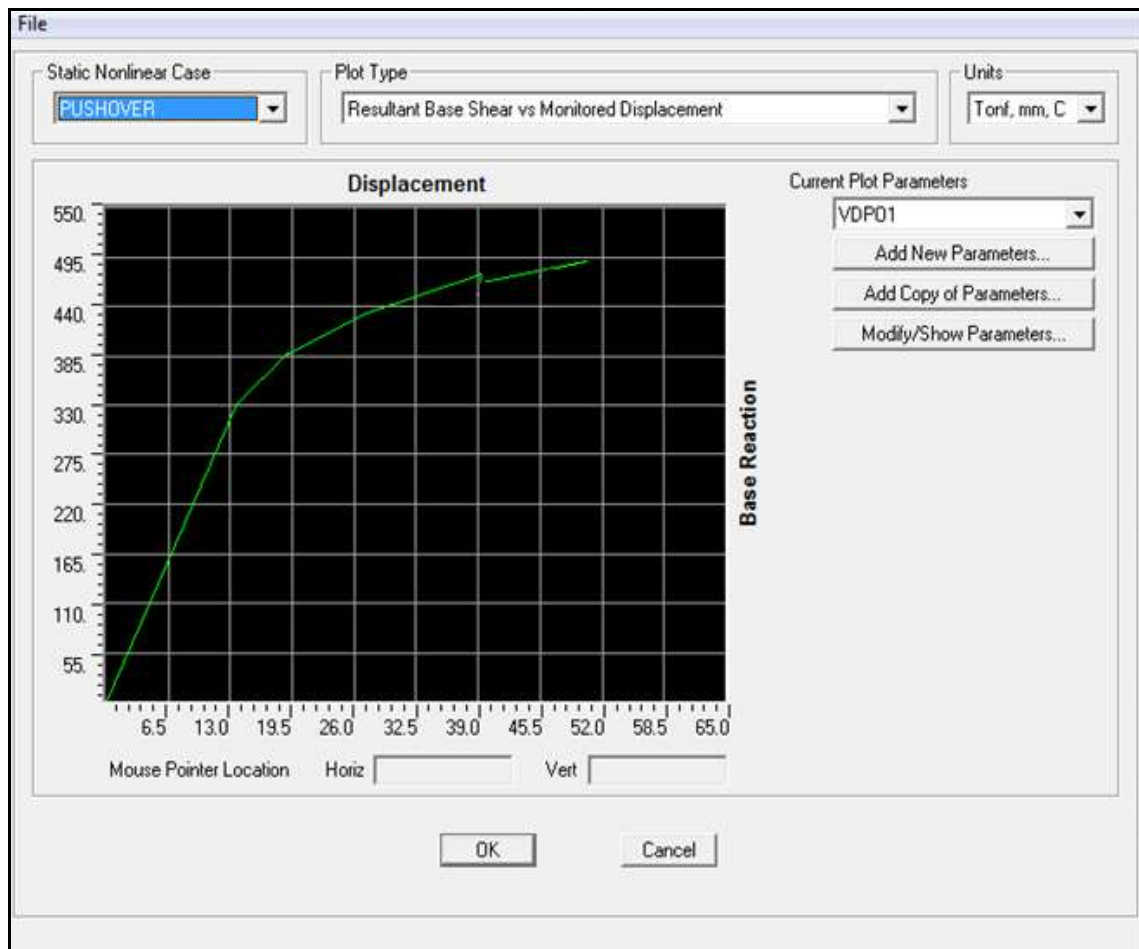


Gráfico 41. Curva de capacidad para la Vivienda Multifamiliar (05) construida con ladrillo KK Industrial.

CAPITULO 05

5.1 Índice sísmico de la estructura. (Is)

5.1.1 Principios General

El índice sísmico de estructura se deberá calcularse por la ecuación. (6) en cada piso. El S_D índice de irregularidad en el primer nivel de evaluación y el índice de tiempo T puede ser de uso común para todos los pisos y las direcciones.

$$I_S = E_0 \cdot S_D \cdot T$$

Ecuación 6. Ecuación para el cálculo del Índice Sísmico de la Estructura.

Dónde:

E_0 = índice sísmico básico de la estructura (que se define en el punto 5.2).

S_D = Índice de Irregularidad (definido en 5.3).

T = Índice de Tiempo (definido en 5.4).

El índice sísmico de la estructura se calculará ya sea en la primera, la segunda o el tercer nivel de procedimiento de evaluación.

5.1.2 Índice Básico Sísmico de Estructura E_0

El índice sísmico básico de la estructura E_0 , que es para evaluar el rendimiento sísmico básico del edificio asumiendo otros subíndices como unidad, se calculará para cada piso y cada dirección basándose sobre la resistencia última, modo de falla y la ductilidad del edificio. La Índice sísmico básico de la estructura E_0 del piso de orden i en un edificio n -pisos se da como un producto del índice de la fuerza C que se define en 5.3 y el índice de ductilidad F se define en 5.4 de manera diferente en el primero, el segundo, o el tercer nivel de evaluación. Además, se le multiplica por un factor de modificación de corte de piso, que se expresa simplemente como $\frac{n+1}{n+i}$ en las ecuaciones (7) y (8).

5.1.2.1 Procedimiento de evaluación para segundo nivel

Los miembros estructurales verticales se clasificarán en cinco categorías que se enumeran en la Tabla 16, en el segundo procedimiento de evaluación, donde el índice sísmico básico de la estructura E_0 será calculado sobre la base de las relaciones entre el C_T índice de fuerza acumulada y el Índice ductilidad F , deriva de una evaluación detallada del índice de fuerza C , el índice ductilidad F , y el α factor de fuerza efectivo, que representa la diferencia en la rigidez lateral de los miembros.

El índice de fuerza C y el índice de ductilidad F serán evaluadas de acuerdo con la disposiciones en 5.3 y 5.4 respectivamente.

Clasificación de los elementos verticales basado en su modo de falla en el segundo nivel de evaluación	
Muro de corte	Muros donde el modo de falla por esfuerzo al corte precede a la flexión.
Muros a flexión	Muros donde la falla por flexión última precede a la falla por corte.
Columnas a corte	Columnas cuyo falla por corte precede a la falla por flexión, excepto por columnas extremadamente frágil.
Columnas a flexión	Columnas donde el modo de falla por esfuerzo a la flexión precede al esfuerzo de corte.
Columna extremadamente frágil.	Columnas cuyo h_0/D son menores o iguales a 2 y su falla por corte precede a la flexión.

Tabla 30. Clasificación de los elementos verticales basado en su modo de falla.

El factor de resistencia eficaz “ α ” será asumido como figura en el primer nivel de evaluación 0.70. La fuerza acumulada C_T será evaluada como la suma de los índices de fuerzas C_i correspondiente a los representantes índices de ductilidad para cada piso, multiplicado por el factor de modificación piso-corte $\frac{n+1}{n+i}$.

El índice sísmico básico de la estructura E_0 deberá ser tomado como el mayor de las ecuaciones. (7) y (8). Aquí, el índice E_0 será evaluado dentro de la limitación del índice mínimo de ductilidad los elementos principales del segundo grupo definidos en el ecuación (7) en caso de que el piso consta de estos elementos.

5.1.2.1.1 Índice sísmico básico - Ductilidad dominante de la estructura (Ec. (7))

Para el cálculo de E_0 por la ecuación. (7), los elementos verticales se clasifican por su índice de ductilidad F en tres grupos de acuerdo a su valor de ductilidad del menor al mayor respectivamente. El índice F del primer grupo se tomará como mayor que 1,0 y el índice F del tercer grupo deberá ser menor que el índice de ductilidad correspondiente a la deformación final del piso dada en la ecuación (7). Cualquier agrupación de miembros

podrán adoptarse de manera que el índice E0 sería evaluado como máximo. El índice de ductilidad mínimo de los miembros verticales debe utilizar en cada grupo.

$$E_0 = \frac{n + 1}{n + i} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2}$$

Ecuación 7. Ecuación para el cálculo del Índice Sísmico Básico de la Estructura.

Dónde:

E1= C1. F1

E2= C2. F2

E3= C3. F3

C1: El índice de esfuerzo C del primer grupo (corresponde al de menor ductilidad).

C2: El índice de esfuerzo C del segundo grupo (corresponde al de mediana ductilidad).

C3: El índice de esfuerzo C del tercer grupo (corresponde al de mayor ductilidad).

F1: Índice de ductilidad del primer grupo.

F2: Índice de ductilidad del segundo grupo.

F3: Índice de ductilidad del tercer grupo.

5.1.2.1.2 Índice de sísmico básico - Fuerza dominante de la estructura (Ec. (8)).

Para el cálculo de E0 por la ecuación. (8), se seleccionará el índice ductilidad del primer grupo F1 como punto fijo acumulativo de la fuerza, y la contribución de los índices de resistencia, sólo se considerarán miembros verticales con índices de ductilidad mayor que la del primer grupo. El índice F1 del primer grupo será inferior a la correspondiente a la última

la deformación del piso dada en la ecuación (7), y puede ser seleccionado de manera que el índice E_0 por la ecuación (8) se evaluó como máximo. El factor de resistencia efectiva α en el segundo y más alto grupos deben calcularse teniendo en cuenta los efectos de las deformaciones de rendimiento y alturas claras de miembros verticales sobre las relaciones entre las fuerzas de corte de pisos y los ángulos de deriva. Los valores de α , se pueden utilizar en caso de verificación especial. El mínimo factor de resistencia efectiva de los miembros verticales que se debe utilizar en cada grupo.

$$E_0 = \frac{n + 1}{n + i} (C_1 + \sum \alpha_j C_j) \cdot F_1$$

Ecuación 8. Ecuación para el cálculo del Índice Sísmico Básico de la Estructura.

Dónde:

α_j : Factor de resistencia efectiva se asumirá el correspondiente en el primer nivel de evaluación 0.70.

5.1.3 Índice de Fuerza C

Los métodos de cálculo del índice de fuerza C de elementos verticales en cada piso de un edificio se proporcionan para el primer, el segundo y el tercer procedimiento de evaluación de la siguiente manera.

5.1.3.1 Procedimiento de evaluación de segundo nivel.

5.1.3.1.1 Principios.

El índice de fuerza C en el segundo procedimiento de evaluación de nivel se calculará a partir de la máxima capacidad de carga lateral de los elementos verticales (columnas y muros), en principio, basado en la suposición de que las vigas son lo suficientemente fuertes. Los modos de falla de los miembros verticales se clasificarán de acuerdo con la Tabla 16, comparando la cortante última fuerza Q_{SU} y el cortante en la falla de flexión máxima Q_{mu} . Los métodos publicados, que tienen exactitud fiable, se puede utilizar para el cálculo de la resistencia al corte final y la Q_{SU} resistencia a la flexión máxima M_u . Las alturas de inflexión para los cálculos de Q_{SU} y Q_{MU} deben ser utilizado como se especifica en el punto siguiente (c) en caso de ninguna consideración especial.

5.1.3.1.2 Cálculo de la resistencia a la rotura de los miembros.

Las fórmulas o métodos de estimación del límite inferior de las fortalezas reales se deberán utilizar en cálculo de la resistencia al corte final Q_{SU} mientras que la estimación de la media debe ser utilizada en el cálculo de la resistencia a la flexión final M_u . Las fórmulas que figuran en las Disposiciones complementarias se pueden utilizar en caso ninguna consideración especial. Grosor del material puede tomarse de la siguiente manera en el cálculo de los puntos fuertes miembro finales: diseño especificado fuerza de F'_c concreto como resistencia a la compresión del concreto; 294 N / mm^2 como el límite elástico de ronda barras de refuerzo; y resistencia a la fluencia nominal más 49 N / mm^2 como el límite de elasticidad de deformado barras de refuerzo. Los valores estimados a partir de material de prueba en muestras deben utilizarse en caso de que se observa un envejecimiento extrema en la inspección o prueba material de los datos preliminares son disponibles en la inspección detallada.

5.1.3.1.3 Identificación de los modos de fallo y el cálculo de la última capacidad de carga lateral.

La fuerza de cizallamiento Q_{MU} ($= M_u / h$) asociado con la resistencia a la flexión final M_u en la base de un elemento vertical y la fuerza cortante última Q_{SU} se calcularán mediante la siguiente altura de inflexión ($= M / Q$) en caso de ninguna consideración especial. El valor más pequeño entre Q_{MU} y Q_{SU} se definirá como la última capacidad de carga lateral del elemento vertical de Q_u .

Para muros confinados $h_{wo} = h_w / 2$, donde h_w es la altura del nivel correspondiente a la parte superior del muro. $h_{wo} = h_w$ en el caso de la altura del muro en el último piso o en el caso de una edificación de un solo piso.

Dónde:

h_{wo} = Altura inflexión calculado como paredes con dos columnas de límites.

5.1.3.1.4 Cálculo del índice de fuerza.

El índice de fuerza C en el segundo procedimiento de detección de nivel se calculará por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q_u}{\Sigma W}$$

Ecuación 9. Ecuación para el cálculo del Índice de Fuerza de la Estructura.

Dónde:

Q_u = Última capacidad de carga lateral de los miembros verticales en el piso de que se trate.

ΣW = El peso de la construcción incluyendo cargas vivas para el cálculo sísmico en el piso de que se trate.

5.1.4 Índice de ductilidad F.

5.1.4.1 Principios básicos en el cálculo del índice de ductilidad F.

El índice de la ductilidad de un miembro vertical se determinará teniendo en cuenta el nivel de evaluación, modo de falla y capacidad de deformación de los miembros, y la respuesta a los sismos.

El índice de la ductilidad del elemento será evaluada por los métodos especificados como en el siguientes artículos (2) - (4), según el nivel de evaluación y la clasificación por el modo de falla del elemento (como se muestra en la Tabla 30).

5.1.4.1.1 Segundo nivel de evaluación.

El índice de ductilidad de un elemento vertical en el procedimiento del segundo nivel de evaluación será calculado de la siguiente manera, según la clasificación del elemento que aparece en la Tabla 30.

Muros de corte.

El índice de ductilidad de un muro donde precede la falla de corte será definido cómo 1.0.

5.1.5 Índice de irregularidad S_D .

5.1.5.1 Generalidades

El S_D índice de irregularidad es para modificar el índice de sísmico básico de la estructura E_0 mediante la cuantificación de los efectos de la complejidad de la forma y la distribución de desequilibrio de la rigidez, y similares en el comportamiento sísmico de una estructura con criterios de ingeniería.

Los métodos para calcular el índice de irregularidad para el primer o el segundo nivel de evaluación deben ser seleccionados, respectivamente, teniendo en cuenta la simplificación y la precisión de cálculo y el efecto del índice.

5.1.5.2 Elementos a tener en cuenta.

Elementos a tener en cuenta son los siguientes:

(1) La evaluación del primer nivel.

(a) las partidas relacionadas con la planta (para la integridad estructural de la planta) la regularidad, la relación de aspecto, parte estrecha, junta de dilatación, sala bien de estilo (tamaño y ubicación).

(b) las cuestiones relacionadas con seccionales de la planta (para la integridad estructural de la planta en sección) existencia de sótano, la uniformidad de la altura del piso, la existencia de pilotes.

(2) La evaluación segundo nivel.

Los siguientes elementos se añaden a los artículos para el primer nivel de evaluación.

(a) las partidas relacionadas con la planta distancia entre centroides de gravedad y centro de rigidez lateral.

(b) las cuestiones relacionadas con el plan seccional relación de rigidez del piso inferior al piso superior.

5.1.5.3 Procedimiento Cálculo

El índice de irregularidad se calculará como el producto geométrico del grado de incidencia q_i calculado como en las ecuaciones. (11) y (12), que se deriva a partir del índice de grado G_i y la gama factor de ajuste R_i para el nivel de detección. Los factores R_{1i} o R_{2i} deben ser utilizados para la primera o el cribado del segundo nivel, respectivamente, de acuerdo con la clasificación que figura en la tabla 31.

Para el segundo nivel de evaluación.

$$S_{D2} = q_{2a} \times q_{2b} \times \dots \times q_{2n} \dots$$

Ecuación 10. Ecuación para el cálculo del Índice de Irregularidad.

Dónde:

$$q_{2i} = [1 - (1 - G_i) \times R_{2j}] \dots i = a, b, c, d, f, i, j, l, m. \dots \text{Ecuación 11.}$$

$$q_{2i} = [1.2 - (1 - G_i) \times R_{2j}] \dots i = h \dots \dots \dots \text{Ecuación 12.}$$

			Gi (Grado)			R(factor de ajuste)	
			1.00	0.90	0.80	R1i	R2i
Balance Horizontal	a	Regularidad	Regular a1	Casi regular a2	Irregular	1.0	0.5
	b	Aspecto de relacion en planta	$b \geq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0.5	0.3
	c	parte estrecha	$0.80 \geq c$	$0.5 \leq c < 8$	$c < 0.5$	0.5	0.3
	d	Junta de expansión *1	$1/100 \leq d$	$1/200 \leq d < 1/100$	$D < 1/200$	0.5	0.3
	e	Buen estilo de área	$e \leq 0.10$	$5 < e \leq 8$	$0.30 < e$	0.5	0.3
	f	Excentricidad de buen estilo de area *2	$f1 \leq 0.40$ & $f2 \leq 0.10$	$f1 \leq 0.40$ & $0.10 < f2 \leq 0.30$	$0.40 < f1$ o $0.30 < f2$	0.3	0.0
	g						
Balance Elevación	h	Sótano	$1.0 \leq h$	$0.50 \leq h < 1.0$	$h < 0.50$	0.5	0.5
	i	Uniformidad de la altura de piso	$0.80 \leq l$	$0.70 \leq l < 0.80$	$l < 0.70$	0.5	0.3
	j	Piso blando	No piso blando	piso blando	piso excentrico	1.0	1.0
	k						
Excentricidad	l	Excentricidad *3	$l \leq 0.10$	$0.10 < l \leq 0.15$	$0.15 < l$		1.0
	m						1.0

Tabla 31. Tabla para calcular el valor del índice de Irregularidad SD.

5.1.6 Índice de tiempo T

El índice de tiempo T evalúa el efecto de los defectos estructurales como el agrietamiento, deflexión, la edad, y similares en el comportamiento sísmico de la estructura. El índice de tiempo T para el índice sísmico de la estructura I_s por el primer, segundo y tercer método de evaluación deberá debe calcularse sobre la base de los resultados de tres inspecciones de nivel, que son la primera, segunda, y detallada de inspección, respectivamente.

5.1.6.1 Segundo nivel de procedimiento de evaluación.

El índice de tiempo T para el segundo nivel de evaluación deberá ser calculado con la ecuación (13) basado en la tabla (32).

$$T = (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_N) / 8$$

Ecuación 13. Ecuación para el cálculo del Índice Sísmico de la Estructura.

Dónde:

$$T_I = (1 - p_1) \times (1 - p_2)$$

T_I : Índice de tiempo en el piso inspeccionado.

N : Número de pisos de la edificación.

p_1 : La suma de los marcadores de la tabla(X) por el agrietamiento estructural y la deflexión en el piso inspeccionado.

p_2 : La suma de los marcadores de la tabla(X) por la deterioración y la edad en el piso inspeccionado.

ITEM	Agrietamiento Estructural y deflección			El deterioro y envejecimiento			
	a	b	c	a	b	c	
	1.Agrietamiento causado por asentamiento diferencial. 2.Corte o agrietamiento diagonal en vigas, columnas y muros.	1.La desviación de una losa y / o viga, afectando en la función de no estructural elemento . 2.Igual que la izquierda pero no es visible de alguna la distancia. 3.igual que	1.Agrietamiento estructural no correspondiente a los item a o b. 2.La desviación de una losa y / o viga, no correspondiente a los item a o b.	1.Agrietamiento del concreto debido a la oxidación del acero. 2.Oxidación de la barra de refuerzo. 3.Agrietamiento causado por fuego. 4.deterioro de hormigón causado por	1.Oxidación del acero de refuerzo debido a filtraciones de agua de lluvia. 2.Astillamiento del acabado de los materiales.	1.notable tacha de debido hormigón al agua de lluvia , gotera de agua, y se productos químicos. 2.deterioro o leve Exfoliación de un acabado	
III Columnas & Muros	1) 1/3 o mas del número de	0.15	0.045	0.011	0.15	0.045	0.011
	2)1/3 - 1/9	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	3)1/3 o menor	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	4) 0#	0	0	0	0	0	0
Subtotal							
Total		P1			P2		

Tabla 32. Evaluación del Índice de Tiempo para el segundo nivel de evaluación.

5.1.7 Procedimiento efectuado para estimar el valor del Índice Sísmico de la estructura (Is).

El Índice Sísmico de la estructura se determinara con la ecuación Nro. 06, ya expuesta y explicada en el presente capítulo por lo cual en a continuación detallaremos los cálculos efectuados que me permitirán estimar el valor del (Is) del Índice Sísmico de la estructura.

Para el cálculo de (Is), se calculó el valor de C (Índice de fuerza), como la relación del corte ultimo del muro según RNE-E070 entre el peso de la estructura analizada, el valor de F (Índice de ductilidad), se asumirá igual a uno para la resistencia tal como lo indica el método para el segundo nivel de evaluación para elementos verticales cuya falla por corte predomine sobre la flexión.

5.1.7.1 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 01 nivel.

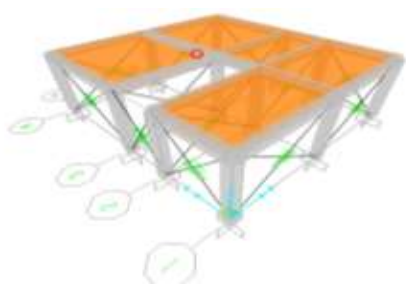
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE ULTIMO RESISTENTE (Ton)	C	F	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Eo
	EJE 01	01	12.37	0.26	1.00	0.26	0.67	0.70	0.12
	EJE 02		12.57	0.26	1.00	0.26	0.67	0.70	0.12
	EJE 03		12.90	0.27	1.00	0.27	0.67	0.70	0.12
	EJE 04		12.69	0.26	1.00	0.26	0.67	0.70	0.12
									0.49

Tabla 33. Cálculo de Eo para la edificación de 01 nivel.

5.1.7.2 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 02 niveles.

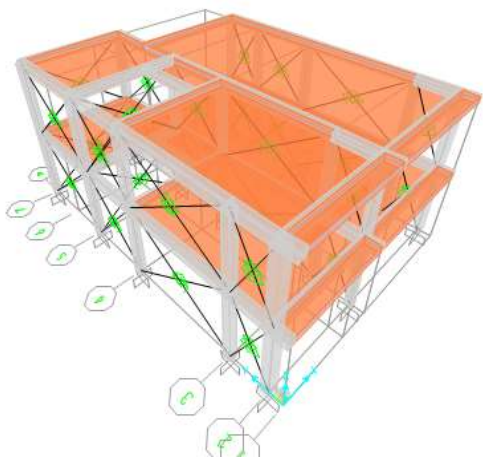
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE ULTIMO RESISTENTE (Ton)	C	F	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Eo
	EJE A	01	24.39	0.16	1.00	0.16	0.67	0.70	0.08
	EJE B		33.53	0.22	1.00	0.22	0.67	0.70	0.10
	EJE C		25.42	0.17	1.00	0.17	0.67	0.70	0.08
	EJE A	02	20.03	0.13	1.00	0.13	0.75	0.70	0.07
	EJE B		25.85	0.17	1.00	0.17	0.75	0.70	0.09
	EJE C		20.72	0.14	1.00	0.14	0.75	0.70	0.07
									0.49

Tabla 34. Cálculo de Eo para la edificación de 02 niveles.

5.1.7.3 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 03 niveles.

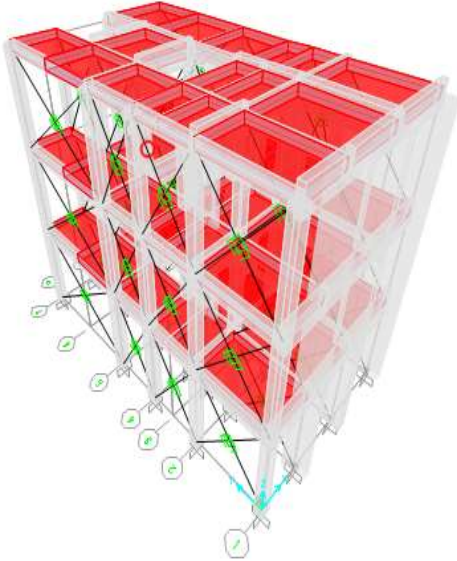
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE ULTIMO RESISTENTE (Ton)	C	F	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Eo
	EJE A	01	23.06	0.10	1.00	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE B		25.05	0.11	1.00	0.11	0.67	0.70	0.05
	EJE C		25.60	0.12	1.00	0.12	0.67	0.70	0.05
	EJE D		24.28	0.11	1.00	0.11	0.67	0.70	0.05
	EJE A	02	20.88	0.09	1.00	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE B		22.18	0.10	1.00	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE C		22.55	0.10	1.00	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE D		21.68	0.10	1.00	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE A	03	18.69	0.08	1.00	0.08	0.80	0.70	0.05
	EJE B		19.31	0.09	1.00	0.09	0.80	0.70	0.05
	EJE C		19.49	0.09	1.00	0.09	0.80	0.70	0.05
	EJE D		19.07	0.09	1.00	0.09	0.80	0.70	0.05
									0.61

Tabla 35. Cálculo de Eo para la edificación de 03 niveles.

5.1.7.4 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 04 niveles.

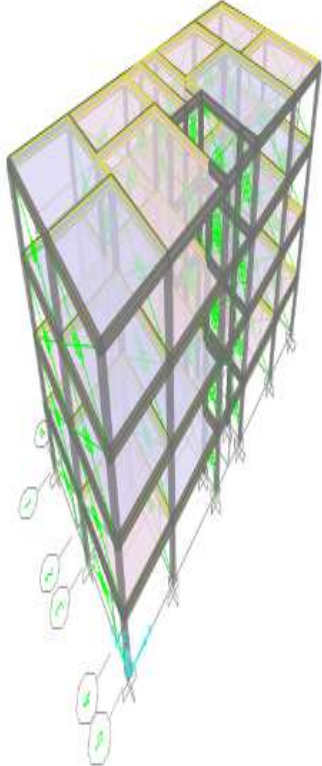
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE ULTIMO RESISTENTE (Ton)	C	F	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Eo
	EJE A	01	28.23	0.05	1.00	0.05	0.67	0.70	0.02
	EJE B		26.31	0.05	1.00	0.05	0.67	0.70	0.02
	EJE C		21.25	0.04	1.00	0.04	0.67	0.70	0.02
	EJE D		13.11	0.02	1.00	0.02	0.67	0.70	0.01
	EJE E		21.25	0.04	1.00	0.04	0.67	0.70	0.02
	EJE F		26.31	0.05	1.00	0.05	0.67	0.70	0.02
	EJE G		28.23	0.05	1.00	0.05	0.67	0.70	0.02
	EJE A	02	25.33	0.04	1.00	0.04	0.75	0.70	0.02
	EJE B		22.31	0.04	1.00	0.04	0.75	0.70	0.02
	EJE C		18.33	0.03	1.00	0.03	0.75	0.70	0.02
	EJE D		11.67	0.02	1.00	0.02	0.75	0.70	0.01
	EJE E		18.33	0.03	1.00	0.03	0.75	0.70	0.02
	EJE F		22.31	0.04	1.00	0.04	0.75	0.70	0.02
	EJE G		25.33	0.04	1.00	0.04	0.75	0.70	0.02
	EJE A	03	22.44	0.04	1.00	0.04	0.80	0.70	0.02
	EJE B		18.30	0.03	1.00	0.03	0.80	0.70	0.02
	EJE C		15.41	0.03	1.00	0.03	0.80	0.70	0.02
	EJE D		10.22	0.02	1.00	0.02	0.80	0.70	0.01
	EJE E		15.41	0.03	1.00	0.03	0.80	0.70	0.02
	EJE F		18.30	0.03	1.00	0.03	0.80	0.70	0.02
	EJE G		22.44	0.04	1.00	0.04	0.80	0.70	0.02
	EJE A	04	19.54	0.03	1.00	0.03	0.83	0.70	0.02
	EJE B		14.29	0.03	1.00	0.03	0.83	0.70	0.01
	EJE C		12.49	0.02	1.00	0.02	0.83	0.70	0.01
	EJE D		8.78	0.02	1.00	0.02	0.83	0.70	0.01
	EJE E		12.49	0.02	1.00	0.02	0.83	0.70	0.01
	EJE F		14.29	0.03	1.00	0.03	0.83	0.70	0.01
	EJE G		19.54	0.03	1.00	0.03	0.83	0.70	0.02
									0.49

Tabla 36. Cálculo de Eo para la edificación de 04 niveles.

5.1.7.5 Cálculo del Índice Sísmico de la estructura (Eo), para la edificación de 05 niveles.

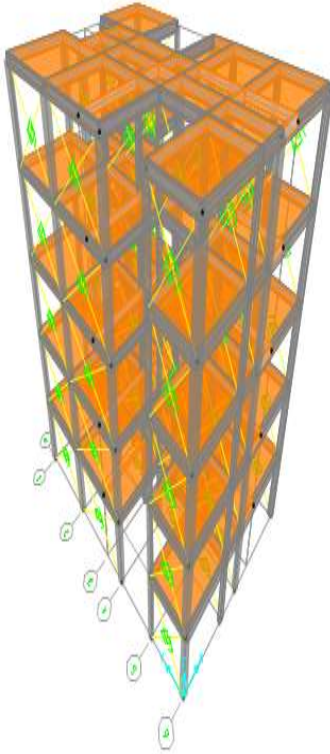
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE ULTIMO RESISTENTE (Ton)	C	F	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Eo
	EJE A	01	30.65	0.07	1.00	0.07	0.67	0.70	0.03
	EJE B		40.28	0.10	1.00	0.10	0.67	0.70	0.04
	EJE C		28.45	0.07	1.00	0.07	0.67	0.70	0.03
	EJE D		11.48	0.03	1.00	0.03	0.67	0.70	0.01
	EJE E		39.43	0.09	1.00	0.09	0.67	0.70	0.04
	EJE A	02	27.70	0.07	1.00	0.07	0.75	0.70	0.03
	EJE B		36.22	0.09	1.00	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE C		25.67	0.06	1.00	0.06	0.75	0.70	0.03
	EJE D		10.28	0.02	1.00	0.02	0.75	0.70	0.01
	EJE E		35.55	0.08	1.00	0.08	0.75	0.70	0.04
	EJE A	03	24.76	0.06	1.00	0.06	0.80	0.70	0.03
	EJE B		32.16	0.08	1.00	0.08	0.80	0.70	0.04
	EJE C		22.88	0.05	1.00	0.05	0.80	0.70	0.03
	EJE D		9.08	0.02	1.00	0.02	0.80	0.70	0.01
	EJE E		31.67	0.08	1.00	0.08	0.80	0.70	0.04
	EJE A	04	21.81	0.05	1.00	0.05	0.83	0.70	0.03
	EJE B		28.10	0.07	1.00	0.07	0.83	0.70	0.04
	EJE C		20.10	0.05	1.00	0.05	0.83	0.70	0.03
	EJE D		7.88	0.02	1.00	0.02	0.83	0.70	0.01
	EJE E		27.80	0.07	1.00	0.07	0.83	0.70	0.04
EJE A	05	18.86	0.04	1.00	0.04	0.86	0.70	0.03	
EJE B		24.05	0.06	1.00	0.06	0.86	0.70	0.03	
EJE C		17.31	0.04	1.00	0.04	0.86	0.70	0.02	
EJE D		6.68	0.02	1.00	0.02	0.86	0.70	0.01	
EJE E		23.92	0.06	1.00	0.06	0.86	0.70	0.03	
									0.77

Tabla 37. Cálculo de Eo para la edificación de 05 niveles.

Luego de haber calculado el valor de Eo, procedemos a estimar los valores de SD y T, respectivamente para cada una de las edificaciones en evaluación.

5.1.1.1 Estimación del S_D , para una edificación de 01 nivel.

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE S_D PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVEL.							
		Grado (G_i)			Factor de		q_{2i}
					R1i	R2i	
01	Balance horizontal o en planta	a	Regularidad en planta	1.0		0.50	1.00
		b	$b \leq 5$	1.0		0.25	1.00
		c	$c < 0.50$	0.8		0.25	0.95
		d	$D < 1/200$	0.8		0.25	0.95
		e	$e = 1$	0.8		0.25	0.95
		f	$f_1 = 0 \text{ \& } f_2 = 0$	1.0		0.00	1.00
02	Balance de la Elevación	h	$h = 0$	0.8		0.50	1.10
		i	$l = 1$	1.0		0.25	1.00
		j	No piso blando	1.0		1.00	1.00
		k					
03	Excentricidad	l	$l = 0.10$	1.0		1.00	1.00
		m					
					S_{2D}		0.94

Tabla 38. Cálculo de S_D para la edificación de 01 nivel.

5.1.1.2 Estimación del T , para una edificación de 01 nivel.

01.00. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 01 NIVELES.			
NIVEL	P1	P2	T_i
01	0.022	0.062	0.92

Tabla 39. Cálculo de T para la edificación de 01 nivel.

NOTA: Se aprecia pequeños cortes o agrietamiento diagonal en los muros. Se nota pequeñas fisuras en los elementos de concreto armado por ende hay oxidación en el acero de refuerzo también despostillamiento de los materiales de acabado debido a la antigüedad de la edificación en mención.

5.1.1.3 Estimación del SD, para una edificación de 02 niveles.

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE S_D PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES.							
		Grado (G_i)			Factor de		q_{2i}
					R1i	R2i	
01	Balance horizontal o en planta	a	Regularidad en planta	0.8		0.50	0.90
		b	$b \leq 5$	1.0		0.25	1.00
		c	$c < 0.50$	0.8		0.25	0.95
		d	$D < 1/200$	0.8		0.25	0.95
		e	$e = 0.50$	0.8		0.25	0.95
		f	$f_1 = 0 \text{ \& } f_2 = 0$	1.0		0.00	1.00
02	Balance de la Elevación	h	$h = 0$	0.8		0.50	1.10
		i	$l = 1$	1.0		0.25	1.00
		j	No piso blando	1.0		1.00	1.00
		k					
03	Excentricidad	l	$l \leq 0.10$	1.0		1.00	1.00
		m					
					S_{2D}		0.85

Tabla 40. Cálculo de SD para la edificación de 02 niveles.

5.1.1.4 Estimación del T, para una edificación de 02 niveles.

02.00. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 02 NIVELES.			
NIVEL	P1	P2	Ti
01	0.022	0.062	0.92
02	0.022	0.062	0.92
			0.92

Tabla 41. Cálculo de T para la edificación de 02 niveles.

NOTA: Se aprecia pequeños cortes o agrietamiento diagonal en los muros. Se nota pequeñas fisuras en los elementos de concreto armado por ende hay oxidación en el acero de refuerzo también despostillamiento de los materiales de acabado debido a la antigüedad de la edificación en mención.

5.1.1.5 Estimación del SD, para una edificación de 03 niveles.

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE S_D PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES.							
		Grado (G_i)			Factor de		q_{2i}
					R1i	R2i	
01	Balance horizontal o en planta	a	Regularidad en planta	1.0		0.50	1.00
		b	$b \leq 5$	1.0		0.25	1.00
		c	$c < 0.50$	0.8		0.25	0.95
		d	$D < 1/200$	0.8		0.25	0.95
		e	$e = 0.33$	0.8		0.25	0.95
		f	$f_1 = 0 \text{ \& } f_2 = 0$	1.0		0.00	1.00
02	Balance de la Elevación	h	$h = 0$	0.8		0.50	1.10
		i	$l = 1$	1.0		0.25	1.00
		j	No piso blando	1.0		1.00	1.00
		k					
03	Excentricidad	l	$l \leq 0.10$	1.0		1.00	1.00
		m					
						S_{2D}	0.94

Tabla 42. Cálculo de SD para la edificación de 03 niveles.

5.1.1.6 Estimación del T, para una edificación de 01 nivel.

03.00. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 03 NIVELES.			
NIVEL	P1	P2	Ti
01	0.017	0.005	0.98
02	0.017	0.005	0.98
03	0.017	0.005	0.98
			0.98

Tabla 43. Cálculo de T para la edificación de 03 niveles.

NOTA: Se aprecia pequeños cortes o agrietamiento diagonal en los muros. También se aprecia despostillamiento de los materiales de acabado debido a la antigüedad de la edificación en mención.

5.1.1.7 Estimación del SD, para una edificación de 04 niveles.

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE S_D PARA LA EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES.							
		Grado (G_i)			Factor de		q_{2i}
					R1i	R2i	
01	Balance horizontal o en planta	a	Regularidad en planta	1.0		0.50	1.00
		b	$b \leq 5$	1.0		0.25	1.00
		c	$c < 0.50$	0.8		0.25	0.95
		d	$D < 1/200$	0.8		0.25	0.95
		e	$e = 0.25$			0.25	0.75
		f	$f_1 = 0 \text{ \& } f_2 = 0$	1.0		0.00	1.00
02	Balance de la Elevación	h	$h = 0$	0.8		0.50	1.10
		i	$l = 1$	1.0		0.25	1.00
		j	No piso blando	1.0		1.00	1.00
		k					
03	Excentricidad	l	$l \leq 0.10$	1.0		1.00	1.00
		m					
						S_{2D}	0.74

Tabla 44. Cálculo de SD para la edificación de 04 niveles.

5.1.1.8 Estimación del T, para una edificación de 04 niveles.

04.00. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 04 NIVELES.			
NIVEL	P1	P2	Ti
01	0.017	0.005	0.98
02	0.017	0.005	0.98
03	0.017	0.005	0.98
04	0.017	0.005	0.98
			0.98

Tabla 45. Cálculo de T para la edificación de 04 niveles.

NOTA: Se aprecia pequeños cortes o agrietamiento diagonal en los muros. También se aprecia despostillamiento de los materiales de acabado debido a la antigüedad de la edificación en mención.

5.1.1.9 Estimación del SD, para una edificación de 05 niveles.

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE S_D PARA LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.							
		Grado (G_i)			Factor de		q_{2i}
					R1i	R2i	
01	Balance horizontal o en planta	a	Regularidad en planta	0.8		0.50	0.90
		b	$b \leq 5$	1.0		0.25	1.00
		c	$c < 0.50$	0.8		0.25	0.95
		d	$D < 1/200$	0.8		0.25	0.95
		e	$e = 0.25$			0.25	0.75
		f	$f_1 = 0 \text{ \& } f_2 = 0$	1.0		0.00	1.00
02	Balance de la Elevación	h	$h = 0$	0.8		0.50	1.10
		i	$l = 1$	1.0		0.25	1.00
		j	No piso blando	1.0		1.00	1.00
		k					
03	Excentricidad	l	$l \leq 0.10$	1.0		1.00	1.00
		m					
						S_{2D}	0.67

Tabla 46. Cálculo de SD para la edificación de 05 niveles.

5.1.1.10 Estimación del T, para una edificación de 05 niveles.

05.00. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE T PARA LA EDIFICACIÓN DE 05 NIVELES.			
NIVEL	P1	P2	Ti
01	0	0	1.00
02	0	0	1.00
03	0	0	1.00
04	0	0	1.00
05	0	0	1.00
			1.00

Tabla 47. Cálculo de T para la edificación de 05 niveles.

NOTA: Por ser una edificación correspondiente al periodo de años 2000-2010, esta no presenta ningún tipo de agrietamiento diagonal en sus muros, estos están en buen estado, y no presenta deterioro en sus acabados, sus valores de p1 y p2 son cero.

5.1.1.11 Estimación del valor del Índice Sísmico de la estructura (I_s).

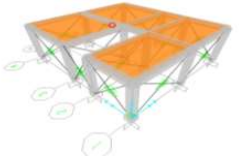
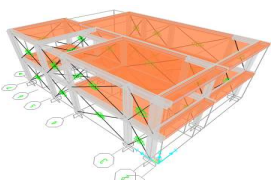
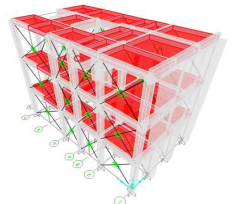
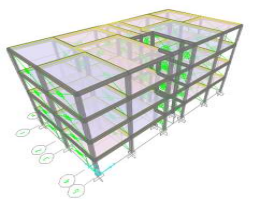
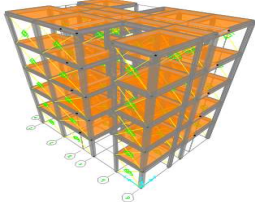
Tipo de edificación.	E_o	S_D	T	I_s
 De 01 nivel	0.49	0.94	0.92	0.42
 De 02 nivel	0.49	0.85	0.92	0.38
 De 03 nivel	0.61	0.94	0.98	0.56
 De 04 nivel	0.49	0.74	0.98	0.36
 De 05 nivel	0.77	0.67	1.00	0.52

Tabla 48. Determinación del Índice (I_s).

CAPITULO 06

6.1 Determinación del Índice de demanda Sísmica.

Para determinar el Índice de demanda sísmica se obtiene de la siguiente ecuación.

$$I_{SO} = E_S * Z * G * U$$

Ecuación 14. Ecuación para el cálculo del Índice Sísmico de demanda.

Dónde:

Z: Índice de Zona, depende de intensidades sísmicas esperadas en la región del sitio.

G: Índice de suelo, ampliación de la superficie del suelo, condiciones geológicas e interacción suelo-estructura en los movimientos esperados del terremoto.

U: Índice de uso.

Es: índice básico de demanda sísmica de la estructura.

Para estructuras de concreto armado se considera los siguiente valores estándares.

Es = 0.8 para el primer nivel de evaluación.

Es = 0.6 para el segundo nivel de evaluación.

Es = 0.6 para el tercer nivel de evaluación.

Los factores Z, G y U, son valores que el RNE-E030, nos puede proporcionar el valor de E_s será propuesto en la presente investigación en base a un análisis hecho a cinco de estructura de un mismo sistema estructural como son los muros portantes de albañilería confinada.

6.1.1 Estimación del valor del índice básico de demanda sísmica de la estructura (E_s).

$$E_s = C * F * \frac{n + 1}{n + i} * \alpha$$

Ecuación 15. Ecuación para el cálculo del Índice básico de demanda sísmica.

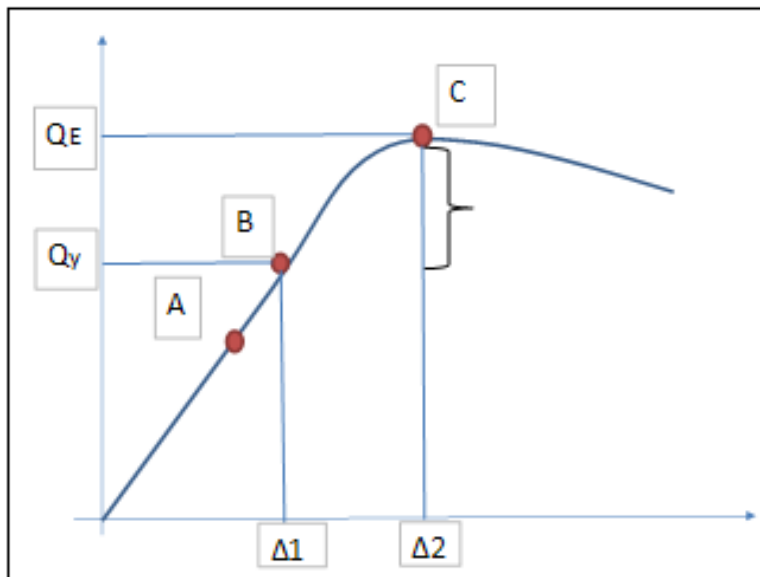
Dónde:

C: Índice de Fuerza.

Este índice se obtiene de la relación del corte de demanda del muro y el peso de la estructura.
Ver gráfico 42.

F: Índice de Ductilidad.

Este índice se obtiene de la siguiente manera



$$F = \frac{CE}{Cy}$$

Gráfico 42. Determinación del índice de ductilidad "F".

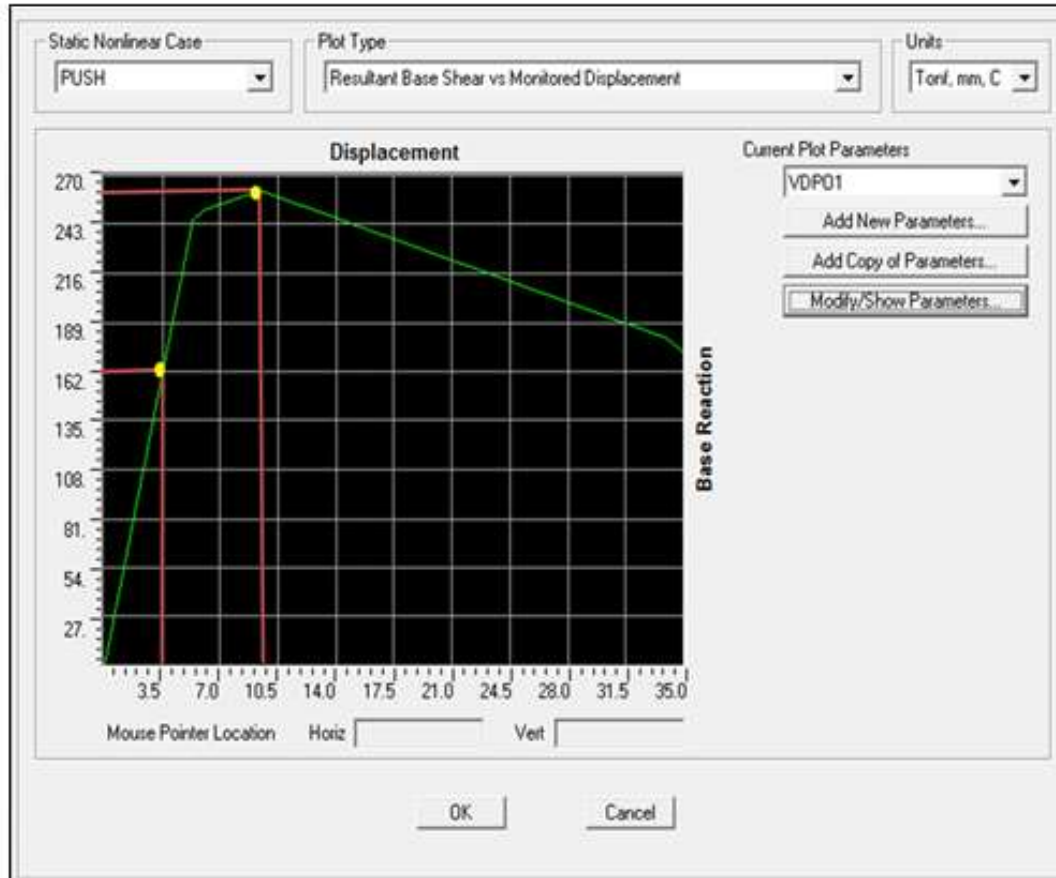
La relación que existe entre los índices de fuerzas para la ruptura o colapso de la estructura y la fluencia de la misma.

El factor n es el nivel de piso en el cual se está evaluando y α el factor de resistencia efectiva se asumirá el correspondiente al primer nivel de evaluación 0.7.

Se obtendrán valores de cortes debido a un análisis no lineal tiempo historia normalizados a una aceleración que produzca fallas en las estructuras pero que estas sean reparables.

6.1.1.1 Vivienda Unifamiliar de 01 nivel cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada

Índice de ductilidad (F) obtenido de la Curva de capacidad del gráfico 43, para la estructura de 01 nivel analizada.



W(Ton)=	48.47
QE(Ton)=	259.20
Y(Ton)=	162.00
CE=	5.35
CY=	3.34
F=	1.60

Gráfico 43. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (01) nivel.

Se seleccionó los cortes máximos de un análisis no lineal tiempo historia normalizado a 450 gals para el acelerograma del sismo de Lima de 1974.

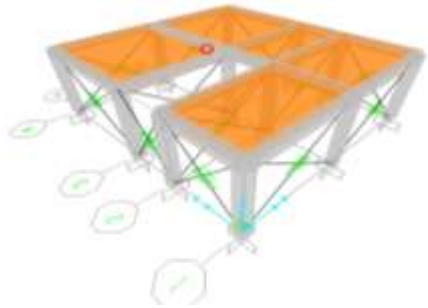
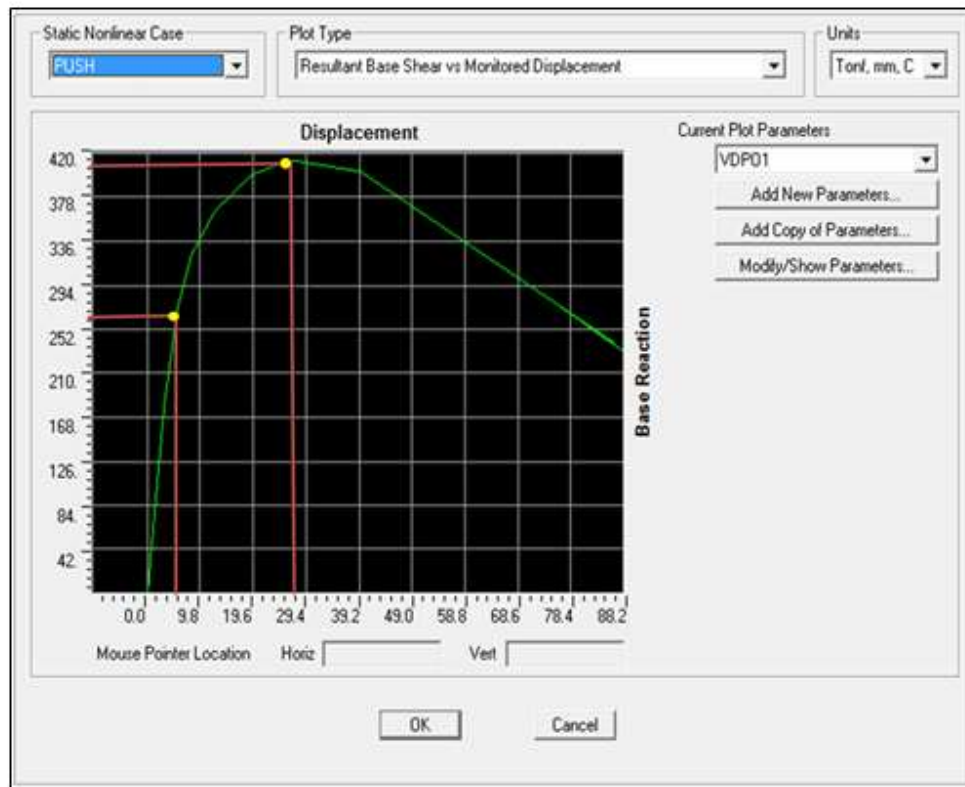
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE MAX (Ton)	C	$F = \frac{CE}{Cy}$	C*F	(n+1)/(n+i)	α	Es
	EJE 01	01	14.46	0.30	1.60	0.48	0.67	0.70	0.22
	EJE 02		14.72	0.30	1.60	0.49	0.67	0.70	0.23
	EJE 03		14.83	0.31	1.60	0.49	0.67	0.70	0.23
	EJE 04		15.16	0.31	1.60	0.50	0.67	0.70	0.23
									0.91

Tabla 49. Determinación del Índice (Es), para la vivienda de 01 nivel.

6.1.1.2 Vivienda Unifamiliar de 02 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.

Índice de ductilidad (F) obtenido de la Curva de capacidad del gráfico 44 para la estructura de 02 niveles analizada.



W(Ton)=	152.02
QE(Ton)=	394.80
QY(Ton)=	252.00
CE=	2.60
CY=	1.66
F=	1.57

Gráfico 44. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (02) niveles.

Se seleccionó los cortes máximos de un análisis no lineal tiempo historia normalizado a 450 gals para el acelerograma del sismo de Lima de 1974.

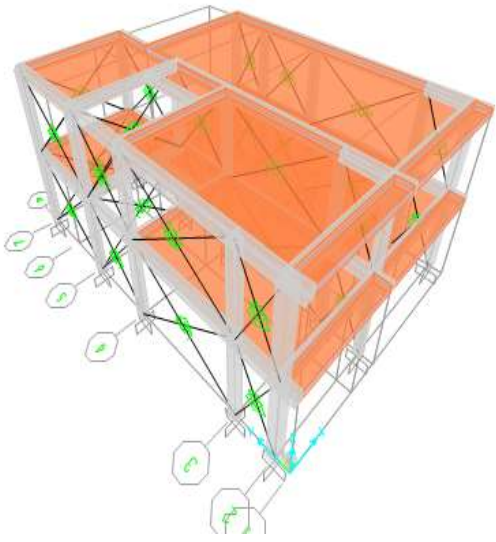
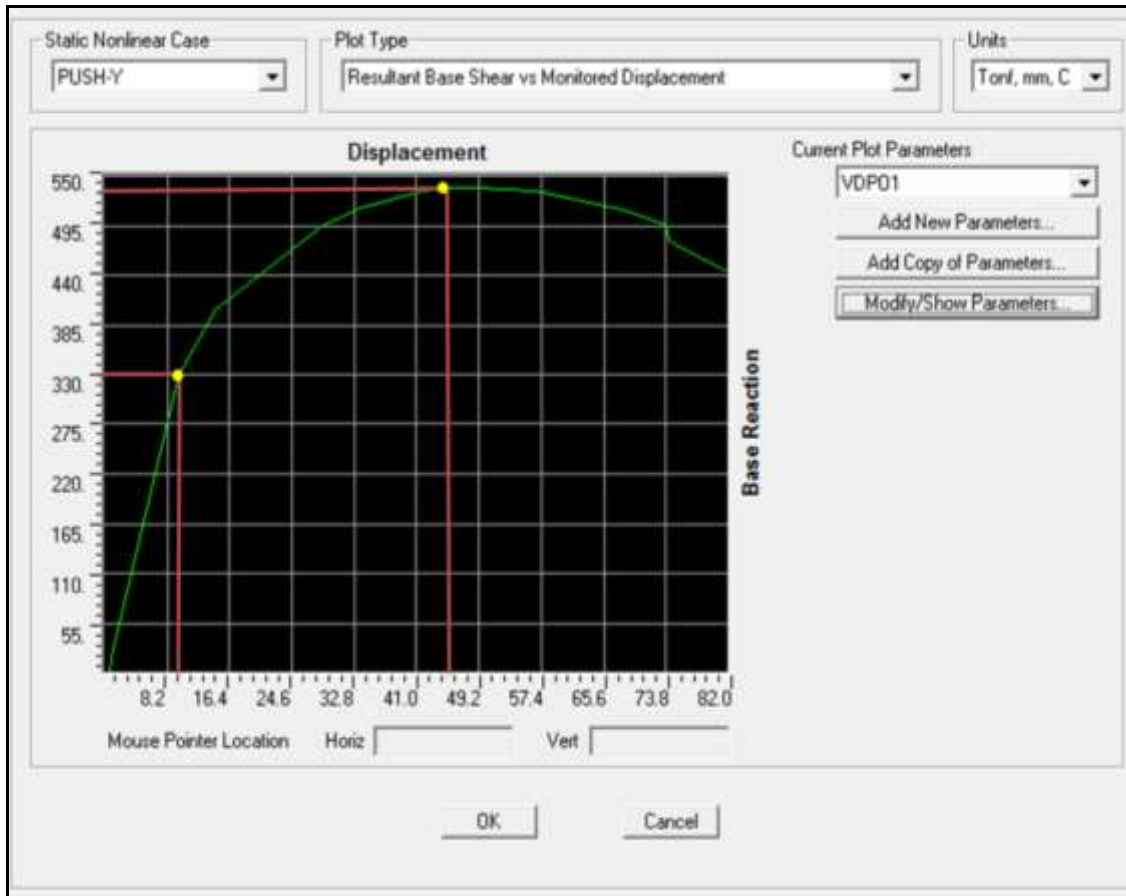
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE MAX (Ton)	C	$F = \frac{CE}{Cy}$	C*F	(n+1)/(n+i)	α	E_s
	EJE A	01	45.02	0.30	1.57	0.46	0.67	0.70	0.22
	EJE B		40.49	0.27	1.57	0.42	0.67	0.70	0.20
	EJE C		31.86	0.21	1.57	0.33	0.67	0.70	0.15
	EJE A	02	26.46	0.17	1.57	0.27	0.75	0.70	0.14
	EJE B		23.47	0.15	1.57	0.24	0.75	0.70	0.13
	EJE C		18.97	0.12	1.57	0.20	0.75	0.70	0.10
									0.94

Tabla 50. Determinación del Índice (E_s), para la vivienda de 02 niveles.

6.1.1.3 Vivienda Unifamiliar de 03 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.

Índice de ductilidad (F) obtenido de la curva de capacidad del gráfico 45, para la vivienda analizada de 03 niveles.



W(Ton)=	220.00
QE(Ton)=	523.00
QY(Ton)=	341.00
CE=	2.37
CY=	1.55
F=	1.53

Gráfico 45. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (03) niveles.

Se seleccionó los cortes máximos de un análisis no lineal tiempo historia normalizado a 450 gals para el acelerograma del sismo de Lima de 1974.

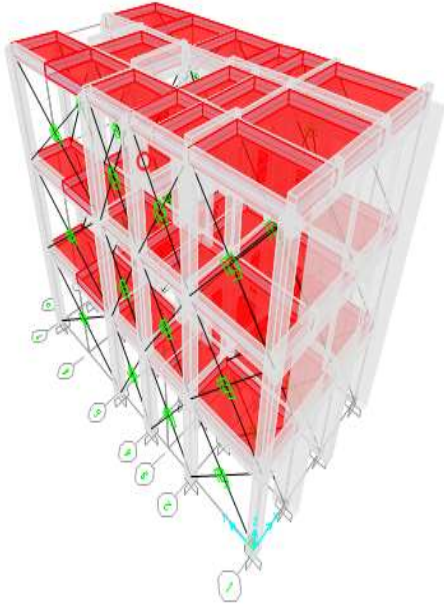
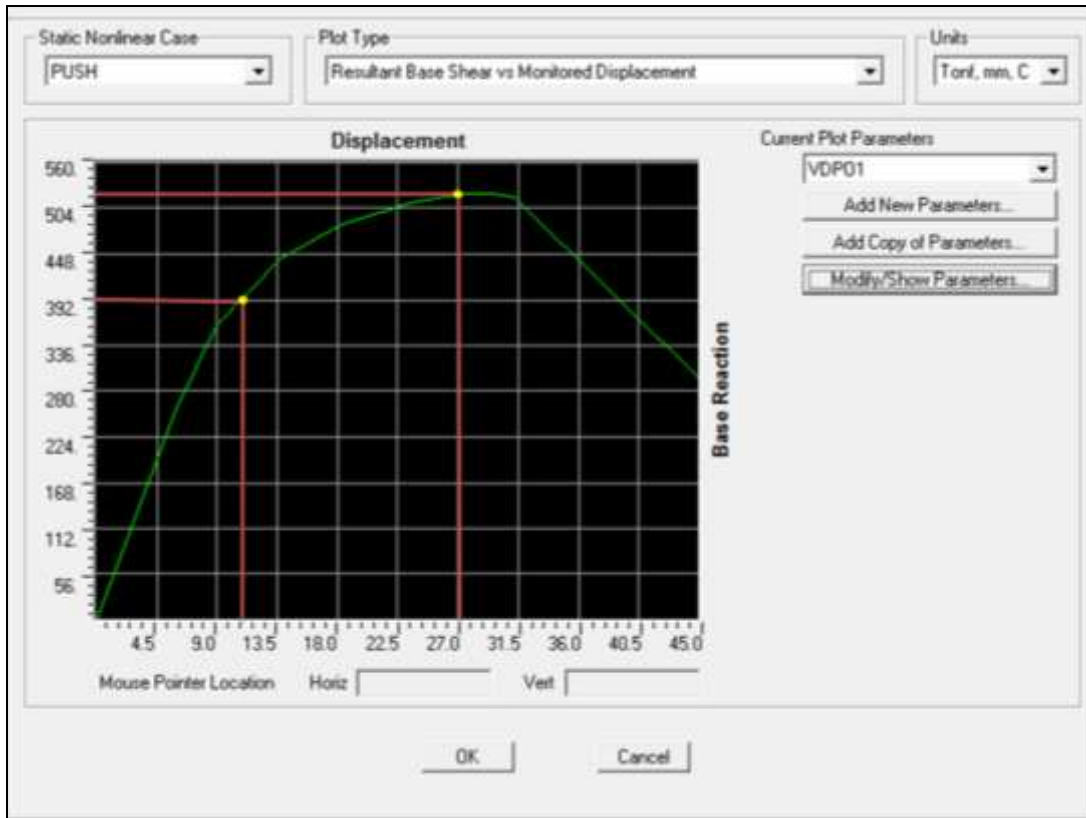
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE MAX (Ton)	C	$F = \frac{CE}{Cy}$	C*F	(n+1)/(n+i)	α	E_s
	EJE A	01	38.42	0.17	1.53	0.27	0.67	0.70	0.12
	EJE B		36.13	0.16	1.53	0.25	0.67	0.70	0.12
	EJE C		47.19	0.21	1.53	0.33	0.67	0.70	0.15
	EJE D		29.92	0.14	1.53	0.21	0.67	0.70	0.10
	EJE A	02	31.46	0.14	1.53	0.22	0.75	0.70	0.11
	EJE B		20.66	0.09	1.53	0.14	0.75	0.70	0.08
	EJE C		34.84	0.16	1.53	0.24	0.75	0.70	0.13
	EJE D		23.05	0.10	1.53	0.16	0.75	0.70	0.08
	EJE A	03	13.85	0.06	1.53	0.10	0.80	0.70	0.05
	EJE B		6.29	0.03	1.53	0.04	0.80	0.70	0.02
	EJE C		13.99	0.06	1.53	0.10	0.80	0.70	0.05
	EJE D		11.20	0.05	1.53	0.08	0.80	0.70	0.04
									1.07

Tabla 51. Determinación del Índice (E_s), para la vivienda de 03 niveles.

6.1.1.4 Vivienda Unifamiliar de 04 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.

Índice de ductilidad (F) obtenido de la curva de capacidad del gráfico 46, para la estructura de 04 niveles analizada.



W(Ton)=	570.00
QE(Ton)=	504.00
QY(Ton)=	403.20
CE=	0.88
CY=	0.71
F=	1.25

Gráfico 46. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (04) niveles.

Se seleccionó los cortes máximos de un análisis no lineal tiempo historia normalizado a 450 gals para el acelerograma del sismo de Lima de 1974.

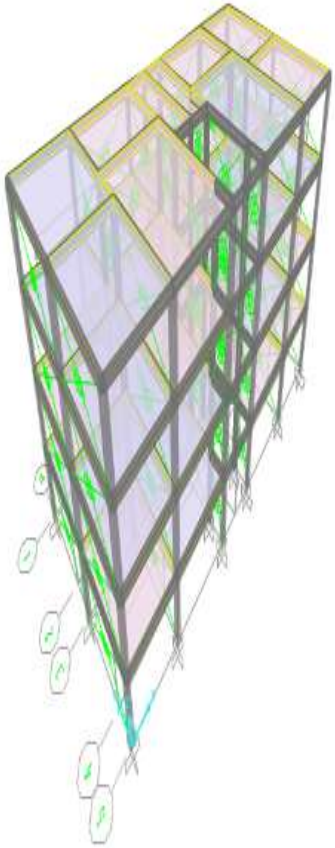
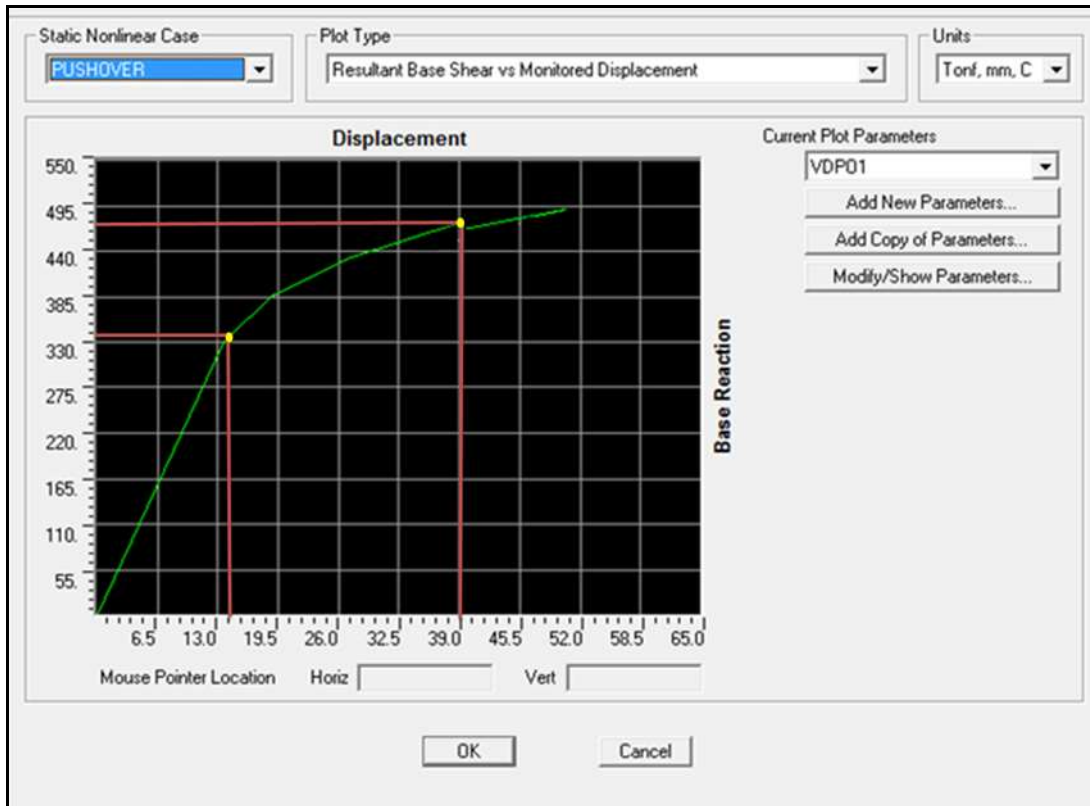
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE MAX (Ton)	c	$F = \frac{CE}{Cy}$	c*F	(n+1)/(n+i)	α	Es
	EJE A	01	45.35	0.08	1.25	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE B		47.38	0.08	1.25	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE C		50.85	0.09	1.25	0.11	0.67	0.70	0.05
	EJE D		23.35	0.04	1.25	0.05	0.67	0.70	0.02
	EJE E		50.85	0.09	1.25	0.11	0.67	0.70	0.05
	EJE F		47.38	0.08	1.25	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE G		45.35	0.08	1.25	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE A	02	40.46	0.07	1.25	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE B		41.54	0.07	1.25	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE C		44.91	0.08	1.25	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE D		16.71	0.03	1.25	0.04	0.75	0.70	0.02
	EJE E		44.91	0.08	1.25	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE F		41.54	0.07	1.25	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE G		40.47	0.07	1.25	0.09	0.75	0.70	0.05
	EJE A	03	27.25	0.05	1.25	0.06	0.80	0.70	0.03
	EJE B		28.38	0.05	1.25	0.06	0.80	0.70	0.03
	EJE C		31.83	0.06	1.25	0.07	0.80	0.70	0.04
	EJE D		10.33	0.02	1.25	0.02	0.80	0.70	0.01
	EJE E		31.85	0.06	1.25	0.07	0.80	0.70	0.04
	EJE F		28.38	0.05	1.25	0.06	0.80	0.70	0.03
	EJE G		27.25	0.05	1.25	0.06	0.80	0.70	0.03
	EJE A	04	12.96	0.02	1.25	0.03	0.83	0.70	0.02
	EJE B		13.01	0.02	1.25	0.03	0.83	0.70	0.02
	EJE C		16.49	0.03	1.25	0.04	0.83	0.70	0.02
	EJE D		3.32	0.01	1.25	0.01	0.83	0.70	0.00
	EJE E		16.49	0.03	1.25	0.04	0.83	0.70	0.02
	EJE F		13.01	0.02	1.25	0.03	0.83	0.70	0.02
	EJE G		12.97	0.02	1.25	0.03	0.83	0.70	0.02
									0.97

Tabla 52. Determinación del Índice (Es), para la vivienda de 04 niveles.

6.1.1.5 Vivienda Unifamiliar de 05 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería confinada.

Índice de ductilidad (F) obtenido de la curva de capacidad del gráfico 47, para la estructura de 05 niveles analizada.



W(Ton)=	310.79
QE(Ton)=	462.00
QY(Ton)=	341.00
CE=	1.49
CY=	1.10
F=	1.35

Gráfico 47. Curva de capacidad para la Vivienda Unifamiliar (05) niveles.

Se seleccionó los cortes máximos de un análisis no lineal tiempo historia normalizado a 450 gals para el acelerograma del sismo de Lima de 1974.

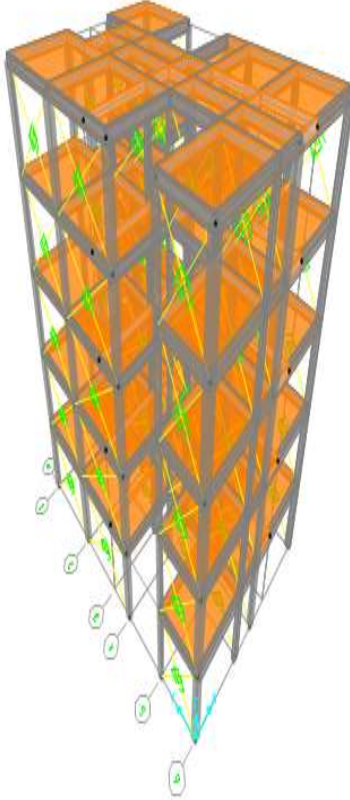
MODELO	MURO	NIVEL	CORTE MAX (Ton)	$\xi = \frac{CE}{Cy}$		C*F	(n+1)/(n+i)	α	Es
	EJE A	01	42.53	0.10	1.35	0.14	0.67	0.70	0.06
	EJE B		47.28	0.11	1.35	0.15	0.67	0.70	0.07
	EJE C		32.44	0.08	1.35	0.10	0.67	0.70	0.05
	EJE D		10.88	0.03	1.35	0.03	0.67	0.70	0.02
	EJE E		26.20	0.06	1.35	0.08	0.67	0.70	0.04
	EJE A	02	32.97	0.08	1.35	0.11	0.75	0.70	0.06
	EJE B		42.45	0.10	1.35	0.14	0.75	0.70	0.07
	EJE C		30.36	0.07	1.35	0.10	0.75	0.70	0.05
	EJE D		9.21	0.02	1.35	0.03	0.75	0.70	0.02
	EJE E		21.66	0.05	1.35	0.07	0.75	0.70	0.04
	EJE A	03	24.17	0.06	1.35	0.08	0.80	0.70	0.04
	EJE B		32.74	0.08	1.35	0.10	0.80	0.70	0.06
	EJE C		23.69	0.06	1.35	0.08	0.80	0.70	0.04
	EJE D		6.96	0.02	1.35	0.02	0.80	0.70	0.01
	EJE E		15.58	0.04	1.35	0.05	0.80	0.70	0.03
	EJE A	04	15.27	0.04	1.35	0.05	0.83	0.70	0.03
	EJE B		24.71	0.06	1.35	0.08	0.83	0.70	0.05
	EJE C		17.75	0.04	1.35	0.06	0.83	0.70	0.03
	EJE D		5.34	0.01	1.35	0.02	0.83	0.70	0.01
	EJE E		9.77	0.02	1.35	0.03	0.83	0.70	0.02
EJE A	05	6.29	0.01	1.35	0.02	0.86	0.70	0.01	
EJE B		13.70	0.03	1.35	0.04	0.86	0.70	0.03	
EJE C		10.21	0.02	1.35	0.03	0.86	0.70	0.02	
EJE D		3.00	0.01	1.35	0.01	0.86	0.70	0.01	
EJE E		3.79	0.01	1.35	0.01	0.86	0.70	0.01	
									0.86

Tabla 53. Determinación del Índice (Es), para la vivienda de 05 niveles.

Las condiciones de suelo en la ciudad de Lima varían, debido a que existen varios tipos de suelos, desde aquellos que son rígidos hasta aquellos que poseen estratos blandos y por lo cual baja capacidad portante para cimentar una estructura, bajo esta premisa se asumirá un valor conservador para el índice de suelo ($G=1.20$) para un Tipo de Suelo Intermedio.

Las estructura en estudio tienen un Uso para vivienda por lo cual el valor del coeficiente ($U=1.00$).

Obteniendo el valor de los índices expuestos anteriormente se puede estimar el valor del Índice de demanda sísmica I_{50} .

Tabla de valores Iso.

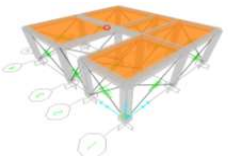
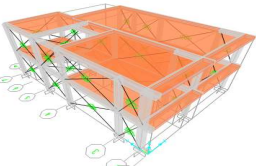
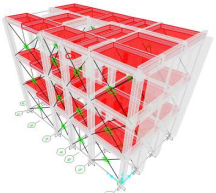
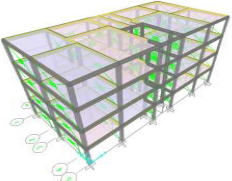
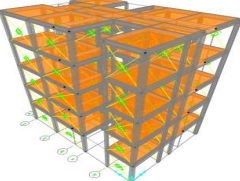
Tipo de edificación.	Es	Z	G	U	Iso
 De 01 nivel	0.91	0.4	1.2	1	0.44
 De 02 nivel	0.94	0.4	1.2	1	0.45
 De 03 nivel	1.07	0.4	1.2	1	0.51
 De 04 nivel	0.97	0.4	1.2	1	0.47
 De 05 nivel	0.86	0.4	1.2	1	0.41

Tabla 54. Determinación del Índice (Iso).

El valor del (**Es**) índice básico de demanda sísmica de la estructura, el cual según el Método Japonés expuesto se emplea para evaluar edificaciones de concreto armado se asume los siguientes valores ($E_s = 0.80; 0.60$), dependiendo del nivel de evaluación en la cual se encuentre. Estos valores son únicamente para edificaciones de concreto armado, la presente investigación mediante los análisis y estudios realizados, propone innovar este valor para edificaciones de materiales menos resistentes como es el caso de la albañilería que su uso en países latinoamericanos como Perú, México y Ecuador son muy frecuente. Por lo expuesto anteriormente, siendo conservador y por tratarse de una tesis de investigación donde se estima la vulnerabilidad de edificaciones para un mismo tipo de material en común en su construcción. Tomaré el valor de E_s como el menor de los cinco tipos edificaciones analizadas. Es decir cada edificación como hemos apreciado, tiene su propio valor de E_s pero si queremos generalizarlo y proponer un valor el cual represente a las edificaciones cuya tipología de material de construcción sea la albañilería, en base a lo expuesto y efectuado propondré el valor de **$E_s=0.86$** .

Habiendo calculado los valores de (*Is*) e (*Iso*) podemos determinar que estructuras son VULNERABLES y cuáles no, las que son vulnerables podría sufrir daños estos afectarían al sistema estructural pero como se dijo anteriormente estos son daños reparables.

Cuadro de comparación (I_s) vs (I_{so})

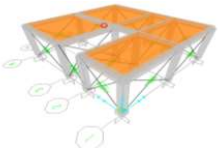
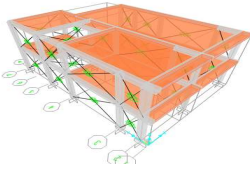
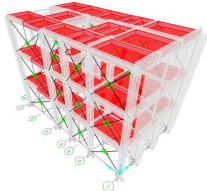
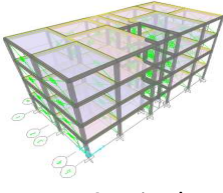
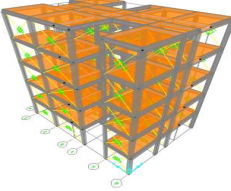
Tipo de edificación.	I_{so}	I_s	OBSERVACIÓN
 De 01 nivel	0.44	0.42	No es segura frente a un sismo. VULNERABLE
 De 02 nivel	0.45	0.38	No es segura frente a un sismo. VULNERABLE
 De 03 nivel	0.51	0.56	Segura frente a un evento sísmico, no presentaría fallas. NO VULNERABLE
 De 04 nivel	0.47	0.36	No es segura frente a un sismo. VULNERABLE
 De 05 nivel	0.41	0.52	Segura frente a un evento sísmico, no presentaría fallas. NO VULNERABLE

Tabla 55. Tabla que determina el grado de Vulnerabilidad de las edificaciones.

Gráfico Iso vs Is.

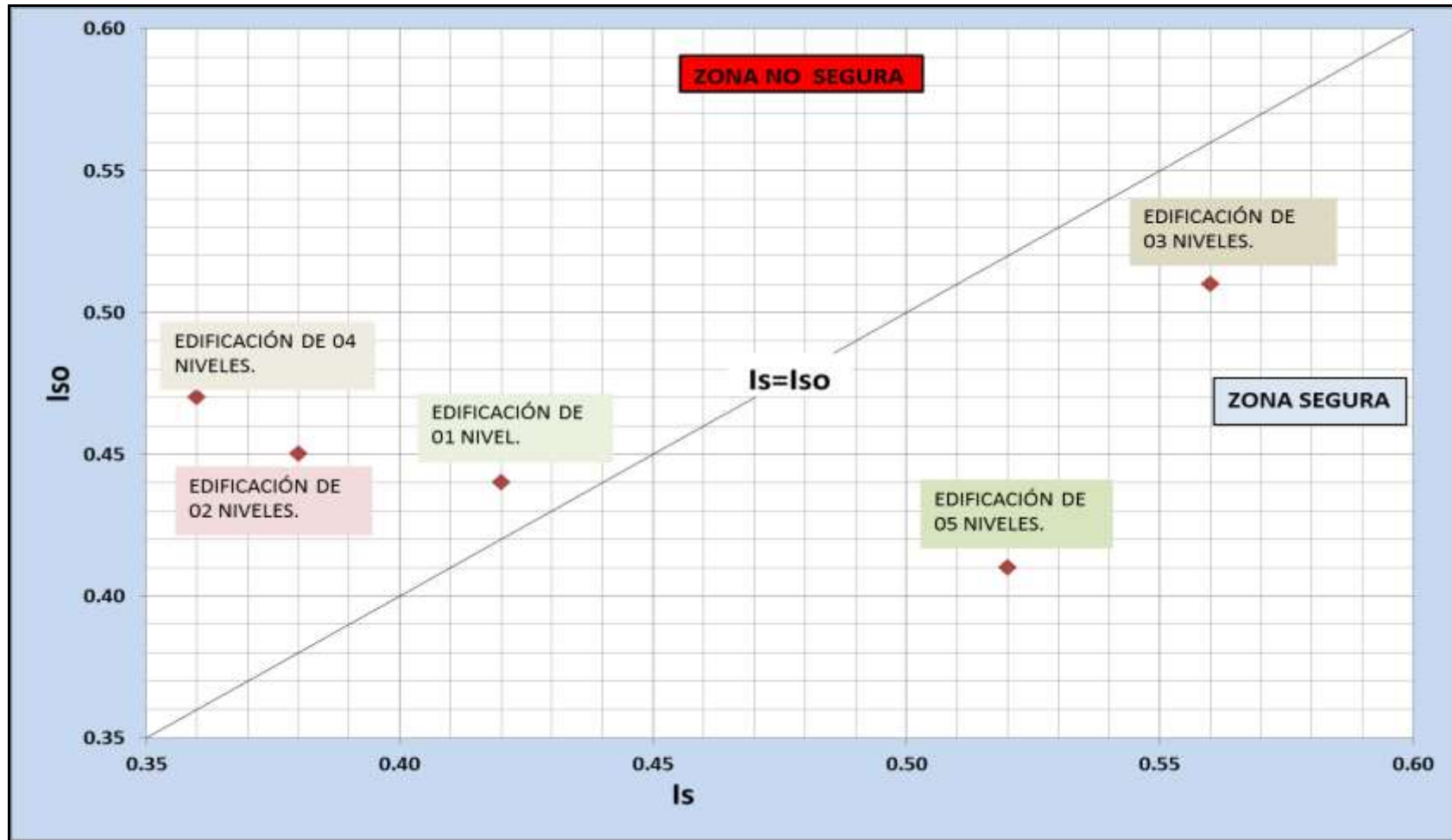


Gráfico 48. Gráfico de Iso vs Is.

CAPITULO 07

7.1 Conclusiones y Recomendaciones.

7.1.1 Luego de los análisis efectuados se concluye que los valores de los Índices sísmico estructural (I_s) y los índices de demanda sísmica (I_{so}) son los siguientes:

EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA	I_s	I_{so}
VIVIENDA DE 01 NIVEL.	0.42	0.44
VIVIENDA DE 02 NIVELES.	0.38	0.45
VIVIENDA DE 03 NIVELES.	0.56	0.51
VIVIENDA DE 04 NIVELES.	0.36	0.47
VIVIENDA DE 05 NIVELES.	0.52	0.41

7.1.2 En base a la conclusión general podemos apreciar si las edificaciones son vulnerables o no ante una determinada demanda sísmica. Con lo cual se concluye que las edificaciones de 01 nivel, 02 niveles y 04 niveles cuyo sistema estructural es en base a muros portantes de albañilería, no son seguras frente al tipo de demanda sísmica con la cual se las ha analizado en la presente investigación, por tanto estas viviendas presentarían fallas estructurales las cuales podrían ser reparables.

7.1.3 En el análisis no lineal tiempo historia, efectuado a las edificaciones se ha podido constatar que para los cinco registros con los cuales se ha efectuado el análisis en mención los mayores cortes de demanda que resultaron, fueron los correspondientes al análisis corrido con el registro de acelerograma del sismo de Lima 1974.

7.1.4 Con respecto a la curva de capacidad emitida, del análisis estático no lineal (Push Over), se concluye para que falla reparables, las estructuras deben de presentar como cortes de demanda y desplazamientos máximos, valores que no excedan los cortes y

desplazamientos en el instante donde se comienzan a generar rotulas plásticas y debido a eso la estructura comience a empezar su estado de ductilidad antes de colapsar.

7.1.5 Al estimar E_s (Índice básico de demanda sísmica) resulta mayor a los propuestos para viviendas de otro tipo de configuración estructural tales como las que son en base a pórticos de concreto armado, debido a que su modo de falla de este tipo de estructuras (albañilería confinada) es falla es frágil y la ductilidad que poseen es menor comparado con las viviendas en base a pórticos de concreto armado, donde hay una mayor cantidad de ductilidad y el modo de falla que predomina es la flexión.

7.1.6 En base a los análisis efectuados en la presente tesis se propone como valor de 0.86 al Índice básico de demanda sísmica (E_s), para las edificaciones de albañilería estudiadas en la presente investigación, como hemos ya apreciado, cada edificación tiene su propio valor de E_s pero si queremos generalizarlo y proponer un valor conservador de acuerdo a los valores ya mostrados, para edificaciones de otro de configuración estructural, el cual pueda represente a las edificaciones cuya tipología de material de construcción sea la albañilería, en base a lo expuesto y efectuado propondré el valor de $E_s=0.86$. Este representa un valor conservador y es el menor resultado de los cinco índices básicos de demanda sísmica de las edificaciones en mención.

7.1.7 Al reforzar estos muros portantes confinados por malla electrosoldadas aumentan su resistencia al corte y le da mayor rigidez lo que haría menos vulnerables estas viviendas frente a un sismo de las características y condiciones con las cuales se ha procedido a realizar el análisis.

CAPITULO 08

8.1 Bibliografía.

- The Japan Building Disaster Prevention Association, Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete building, Japan 2001.
- Ángel San Bartolomé, Ejemplo de aplicación de la Norma-E070 en el diseño de un edificio de albañilería confinada, PUCP, Lima Agosto 2006.
- Rafael Salinas – Fernando Lázares, Pandereta Mansory Paper – La albañilería tubular y su uso en viviendas en zonas sísmicas, UNI, Lima Agosto 2007.
- Enrique Bazán y Roberto Melí, Diseño sísmico de edificios, México 1985.
- Oshiro Higa, Fernando; Terremotos, Manual de Prevención; Editorial USMP, Lima 1981.
- Cardona O.D., Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas. Boletín Técnico No. 33, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá, diciembre de 1986.
- Salvador Safina Melone, Tesis Doctoral: Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales, Análisis de su Contribución al Riesgo Sísmico; Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Departamento de Ingenierías del terreno, cartografía y geofísica, Barcelona 2002.

- Teddy Boen & Associates, Retrofitting simple buildings damaged by earthquakes, Enero 2010.
- Luis Samaniego Polanco y José Ríos Vera, Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en el distrito del Rímac en la ciudad de Lima, Perú, XV Congreso Nacional de Ingeniería civil, Ayacucho 2005.
- Álvaro Rafael Caballero Guerrero, Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del Índice de vulnerabilidad de las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo.
- Lourdes Cardenas, Roy Reyna, Lucio Estacio, Carlos Zavala, Implementation of Database of Masonry walls Test - Review of Existing Test Data in Peru, Journal of Disaster Research Vol.9 No.6, JDR- Japan - 2014.
- Carlos Zavala, Luis Lavado, Jenny Taira, Lourdes Cardenas, Miguel Diaz, Comparison of Behaviors of Non-Engineered Masonry Tubular Block Walls and Solid Engineered Walls, , Journal of Disaster Research Vol.9 No.6, JDR- Japan - 2014.
- Escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico de las edificaciones de manpostería. Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería civil.
- Determinación del índice de juicio estructural Iso por el método de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Hirosawa – Luna Victoria Enrique Alejandro – FIC UNI, Lima1998.

- Reglamento Nacional de Edificaciones – E070 – E030, MVCyS 2006.
- Escenario de vulnerabilidad y daño sísmico de las edificaciones de mampostería Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil y Geomática.
- Determinación del índice de juicio estructural Iso para el método de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Hirosawa – Luna Victoria Enrique Alejandro FIC -UNI Lima 1998.

ANEXOS

ANEXO I: PLANILLAS DE CÁLCULO DEL LOS ANÁLISIS NO LINEAL -TIEMPO HISTORIA.

ANEXO II: PLANILLA DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DEL E_o .

ANEXO III: PLANILLA DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DEL Es.

**ANEXO IV: PLANOS DE LAS 05, EDIFICACIONES
ANALIZADAS.**