



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

INSPECCIÓN SÍSMICA VISUAL RÁPIDA DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA POR EL MÉTODO FEMA 154

Marco Castro-Herrera

Piura, febrero de 2019

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Castro, M. (2019). *Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**INSPECCIÓN SÍSMICA VISUAL RÁPIDA DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD
DE PIURA POR EL METODO FEMA154**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Marco Antonio Edinho Castro Herrera

Asesor: Dr. Danny Yong Ayón

Piura, Febrero 2019

Con amor a Nuestra Señora del Perpetuo Socorro
por concederme milagros sin merecerlo.

A mis padres
quien son la razón de todo mi esfuerzo.

A mis amigos
cuyo apoyo y ayuda constante me son caros.

Y a mí quería María Ángeles
quien desde el cielo cuida de mí siempre.

Prólogo

Perú se encuentra ubicado sobre el borde occidental de América del Sur, zona de gran actividad sísmica. Aquí ocurre el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana generando frecuentemente fuertes movimientos sísmicos. Es por esta razón que nuestro país es uno de los más activos sísmicamente en el mundo.

El Perú a lo largo de su historia siempre ha experimentado siniestros relacionados a los movimientos telúricos, y uno de los terremotos más violentos ocurridos en el Perú en los últimos años fue el terremoto de Pisco que ocurrió el 15 de agosto del 2007, de magnitud 7.9 en la escala de Richter.

Cabe indicar que la magnitud destructiva de los terremotos causa grandes daños a la infraestructura que proporciona los servicios básicos a la población, tales como agua y saneamiento, educación, salud y comunicaciones. Por este motivo es importante conocer el estado de la infraestructura necesaria para que tales servicios se mantengan después de un siniestro.

Por otra parte, es preciso indicar que en nuestro país no existe formalmente una metodología de aplicación rápida y sencilla que permita evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones frente a un sismo; más aún que un buen porcentaje de las edificaciones son autoconstruidas y cuyo comportamiento sísmico puede ser inadecuado.

Atendiendo esta necesidad, la presente tesis presenta y aplica el método propuesto del manual FEMA 154: Inspección Rápida Visual de Edificios para Riesgos Sísmicos Potenciales, desarrollado por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA). Este método es ampliamente utilizado en los Estados Unidos para evaluar potencialmente la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes considerando el tipo estructural, la altura de la edificación, las irregularidades verticales y de planta de la edificación y el tipo de suelo.

Agradezco a los profesores, Dr. Danny Yong y Mgtr. Juan Carlos Atoche por su paciencia y apoyo en la elaboración y guía de esta tesis, sin su invaluable ayuda nada de esto sería posible.

Resumen

El objetivo de esta tesis es estudiar los fundamentos y criterios establecidos en el manual del uso del Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR) propuesto por FEMA 154 (2002) que evalúa la vulnerabilidad sísmica potencial de edificaciones a través de un sistema de puntuación que las clasifica en aquellas con vulnerabilidad aceptable o no aceptable. Este método se aplicó a algunas edificaciones de la Universidad de Piura.

Asimismo, se presenta una descripción detallada de los sistemas estructurales contemplados por el PIVR para identificar apropiadamente el sistema estructural de cada edificación a ser analizada.

Con el propósito de interpretar los parámetros principales del PIVR, el puntaje estructural final, que define la vulnerabilidad, y el puntaje de corte, que separa las edificaciones en aquellas con vulnerabilidad aceptable y no aceptable, se presenta la base probabilística de la confiabilidad estructural del PIVR.

Tras la aplicación del método se concluye que el PIVR es un método rápido y sencillo, sin embargo, una de sus limitaciones es que no contempla el sistema de albañilería confinada, el cual es empleado en el Perú y en casi toda Latinoamérica.

Índice general

Introducción.....	1
Capítulo 1: Vulnerabilidad y riesgo en edificaciones.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Concepto de vulnerabilidad	7
1.3. FEMA: Agencia federal para el manejo de emergencias.....	8
1.3.1. Historia de la agencia.....	8
1.3.2. FEMA 2006	10
1.4. Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica.....	10
1.4.1. Clasificación según el tipo de resultado	10
1.4.2. Clasificación de acuerdo con los datos, métodos y resultado.....	11
1.5. Análisis de vulnerabilidad aplicando el método propuesto FEMA	13
1.5.1. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC).....	15
1.5.2. Reporte FEMA 154 (2ª Edición)	16
1.5.3. Actualización y modificaciones de la segunda edición del FEMA 154 (2002).....	16
Capítulo 2: Descripción del “Procedimiento de Inspección Visual Rápido” (PIVR).....	19
2.1. Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR).	19
2.2. Formato de recolección de datos	20
2.3. Curva de fragilidad.	24
2.4. Pasos de ejecución del PIVR	26
2.4.1. Identificación de zona sísmica y selección del formato de recolección de datos.	26
2.4.2. Datos generales de la edificación	27
2.4.3. Determinación de las fechas de adopción del código sísmico	27
2.4.4. Determinación del año de construcción.....	29
2.4.5. Identificación del número de Niveles	29

2.4.6.	Elaboración de esquema global de la planta y elevación, y fotografía de la edificación.	30
2.4.7.	Identificación del tipo de suelo.....	31
2.4.8.	Identificación de los posibles peligros de falla en elementos no estructurales.	33
2.4.9.	Identificación del sistema estructural.	36
2.4.10.	Identificación de los atributos y modificadores de la edificación.....	41
2.4.11.	La determinación de la puntuación final.....	46
2.4.12.	Interpretación del puntaje final obtenido con el PIVR	48
2.4.13.	Puntuación de corte “S0”	48
2.5.	Usos de los resultados del PIVR.....	48
Capítulo 3: Sistemas de resistencia de cargas.....		51
3.1.	Construcciones de madera	51
3.1.1.	W1: Estructura de madera liviana, con área menor o igual a 465 m2	52
3.1.2.	W2: Estructura de madera liviana, con área mayor a 465 m2	53
3.2.	Construcciones de acero	56
3.2.1.	S1: Edificios con pórticos de acero.....	57
3.2.2.	S2: Edificios arriostrados con pórticos de acero.....	59
3.2.3.	S3: Construcciones livianas de metal.	60
3.2.4.	S4: Edificios con estructura de acero y muros de corte de concreto.	63
3.2.5.	S5: Edificios con estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzados.	64
3.3.	Estructuras de concreto reforzado.....	67
3.3.1.	C1: Edificios con pórticos de concreto.	68
3.3.2.	C2: Edificios con muros de corte de concreto.	70
3.3.3.	C3: Edificios de concreto reforzado con muros de albañilería no reforzada.	74
3.3.4.	PC1: Edificios Tilt-Up.....	76
3.3.5.	PC2: Estructuras de concreto prefabricadas.	80
3.4.	Estructuras de albañilería.....	84
3.4.1.	RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible; y RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.....	84
3.4.2.	URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.	88
Capítulo 4: Interpretación del índice de vulnerabilidad obtenido con el PIVR.....		91
4.1.	Generalidades del PIVR.....	91
4.2.	Interpretación del puntaje obtenido	91
4.3.	Base probabilística de la confiabilidad estructural	92

4.4.	Puntuación de corte S_0	95
4.5.	Confiabilidad del diseño estructural	96
4.5.1.	Cargas de gravedad.....	96
4.5.2.	Cargas de gravedad y ambientales.....	98
4.6.	Valoración de los resultados	100
Capítulo 5: Análisis cuantitativo del método		103
5.1.	Atributos de las edificaciones según el PIVR.....	103
5.2.	Resultados obtenidos para C1: Edificios con pórticos de concreto.	106
5.3.	Resultados obtenidos para C2: Edificios con muros de corte de concreto.	108
5.4.	Resultados obtenidos para C3: Edificios de concreto reforzado con muros de albañilería.	111
5.5.	Resultados obtenidos para RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible:	114
5.6.	Resultados obtenidos para RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.....	116
5.7.	Resultados obtenidos para URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.	119
Capítulo 6: Aplicación del PIVR a las edificaciones de la UDEP		123
6.1.	Generalidades	123
6.2.	Procedimiento de recolección de datos.....	125
6.3.	Resultados de las evaluaciones de las edificaciones de la Universidad de Piura	126
6.3.1.	Edificio de Ingeniería Civil	126
6.3.2.	Edificio de Química.....	127
6.3.3.	Edificio de Hidráulica.....	128
6.3.4.	Edificio 80	129
6.3.5.	Facultad de Derecho-Pabellón 1	130
6.3.6.	Facultad de Derecho-Pabellón 2.....	131
6.3.7.	Facultad de Derecho-Pabellón 3	132
6.3.8.	Facultad de Derecho-Pabellón 4.....	133
6.3.9.	Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica	134
6.3.10.	Edificio de Educación.....	135
6.4.	Análisis de los resultados.....	136
6.5.	Limitaciones en el uso del PIVR.	138
Conclusiones y recomendaciones		141

Bibliografía y referencias.....	143
Anexo A	147
Apéndice A	155

Índice de ilustraciones

▪ Figura 1: Cinturón de fuego del pacífico y localización del Perú en el mismo.	6
▪ Figura 2: Formato de recolección de datos para las tres regiones de sismicidad	22
▪ Figura 3: Distribución de las secciones del formato de recolección de datos.	23
▪ Figura 4: Curva de fragilidad típica.....	24
▪ Figura 5: Procedimiento de lectura de los estados de daño sobre las curvas de fragilidad.....	25
▪ Figura 6: Ubicación de la sección de registro de datos generales de la edificación en la ficha de recolección.....	27
▪ Figura 7: Ejemplos de variación en planta y altura en los pisos en una edificación.	29
▪ Figura 8: Ubicación del esquema en planta y elevación de la edificación en la ficha de recolección de datos.	30
▪ Figura 9: Ubicación del registro fotográfico de la edificación en la ficha de recolección.	31
▪ Figura 10: Sección de selección del tipo de suelo de la edificación.....	33
▪ Figura 11: Elementos no estructurales con probabilidad de falla.....	35
▪ Figura 12: Sección de identificación y registro de elementos no estructurales con potencial de falla.....	35
▪ Figura 13: Sección de identificación del sistema y puntuación estructural básica.....	40
▪ Figura 14: Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural.....	41
▪ Figura 15: Ejemplos de irregularidad vertical en edificaciones.	42
▪ Figura 16: Ejemplos de irregularidad de planta en edificaciones.....	44
▪ Figura 17: Guía para identificación de los modificadores “Pre-Code” y “Benchmark post” en las edificaciones.....	45
▪ Figura 18: Ejemplo de recolección de datos y correspondiente registro en el formato acorde al PIVR.	47
▪ Figura 19: Estimación de la probabilidad de falla acorde al puntaje estructural.....	48

▪ Figura 20: Estructuras de madera Tipo W1.....	52
▪ Figura 21: Esquema de estructura de madera liviana Tipo W1.....	53
▪ Figura 22: Estructura de madera Tipo W2.	54
▪ Figura 23: Detalle de armazón típica en estructuras de madera.	55
▪ Figura 24: Esquema de estructura de madera Tipo “Timber pole”	55
▪ Figura 25: Ejemplo de estructura Tipo “Timber pole” emplazada cerca a la playa.	56
▪ Figura 26: Esquema de estructura de acero con pórtico momento resistente.....	58
▪ Figura 27: Estructura de acero tipo S1	58
▪ Figura 28: Estructura de acero tipo S2.	59
▪ Figura 29: Ejemplos de configuración de arriostres.....	60
▪ Figura 30: Vista interior de los pórticos transversales de una estructura de acero Tipo S3	61
▪ Figura 31: Estructura de acero Tipo S3 terminada vista desde el interior.....	61
▪ Figura 32: Esquema de estructura liviana de metal.....	62
▪ Figura 33: Ejemplo de estructura de acero con muros de corte de concreto en proceso de construcción.....	63
▪ Figura 34: Esquema de edificación de pórtico de acero con muros de corte de concreto	64
▪ Figura 35: Estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.....	65
▪ Figura 36: Espesor de muros de albañilería.....	66
▪ Figura 37: Esquema de edificación de pórtico de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.	67
▪ Figura 38: Edificación con pórticos de concreto en construcción.	68
▪ Figura 39: Esquema de edificación con pórticos de concreto.	69
▪ Figura 40: Esquema de edificación de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en la periferia.....	71
▪ Figura 41: Esquema de edificación de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en interior.	71
▪ Figura 42: Estructura de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en proceso de construcción.....	72
▪ Figura 43: Esquema de estructura de pórtico de concreto con muros de corte de concreto....	73
▪ Figura 44:Pórtico de concreto con muro de albañilería no reforzado. Fuente: Elaboración propia.....	74
▪ Figura 45: Ejemplo de pórticos de concreto con muro de albañilería no reforzado en construcción.....	75
▪ Figura 46: : Izaje de placa de concreto prefabricada para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.	76
▪ Figura 47: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.	77

▪ Figura 48: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up	77
▪ Figura 49: : Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up	78
▪ Figura 50: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up	78
▪ Figura 51: Edificaciones industriales tipo Tilt-up	79
▪ Figura 52: Esquema de edificación tipo Tilt-up	80
▪ Figura 53: Estructura de concreto prefabricada en proceso de ensamble	81
▪ Figura 54: : Estructura de concreto prefabricada	81
▪ Figura 55: Estructura de concreto prefabricada	82
▪ Figura 56: Estructura de concreto prefabricada en proceso de ensamble	82
▪ Figura 57: Esquema de edificación con estructura de concreto prefabricada	83
▪ Figura 58: Esquema de albañilería reforzada. Fuente:	85
▪ Figura 59: Acero de refuerzo en muros de albañilería	85
▪ Figura 60: Levantamiento de muro de albañilería reforzada	86
▪ Figura 61: Esquema de estructura de albañilería reforzada de 4 pisos	87
▪ Figura 62: Esquema de estructura de albañilería reforzada de 6 pisos	88
▪ Figura 63: Esquema de estructura de albañilería no reforzada de dos pisos	90
▪ Figura 64: Gráfica de la confiabilidad	93
▪ Figura 65: Índice de confiabilidad para vigas de acero y vigas de concreto reforzado	97
▪ Figura 66: Índice de confiabilidad de muros de albañilería no reforzada y muros de concreto	98
▪ Figura 67: Índice de confiabilidad para vigas de concreto reforzado para carga medioambiental de viento	99
▪ Figura 68: Índice de confiabilidad para vigas de concreto reforzado para carga medioambiental de sismo	100
▪ Figura 69: Ubicación de la UDEP	123
▪ Figura 70: Croquis de las edificaciones de la UDEP a analizar	124
▪ Figura 71: Edificio de Ingeniería Civil	126
▪ Figura 72: Edificio de Química	127
▪ Figura 73: Edificio de Hidráulica	128
▪ Figura 74: Edificio 80	129
▪ Figura 75: Facultad de Derecho-Pabellón 1	130
▪ Figura 76: Facultad de Derecho-Pabellón 2	132
▪ Figura 77: Facultad de Derecho-Pabellón 3	133
▪ Figura 78: Facultad de Derecho-Pabellón 4	134

- Figura 79: Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica..... 135
- Figura 80: Edificio de Educación 136
- Figura 81: Puntajes finales “S” de las edificaciones de la UDEP analizadas por el PIVR.... 138
- Figura 82: Probabilidad de falla de las edificaciones de la UDEP analizadas por el PIVR.. 138

Índice de tablas

▪ Tabla 1: Tabla de identificación de la zona sísmica.	26
▪ Tabla 2: Listado de fechas de adopción de códigos sísmicos en los tipos de edificaciones, para edificaciones de Estados Unidos.	28
▪ Tabla 3: Parámetros de clasificación de los suelos.	32
▪ Tabla 4: Probabilidad asociada al parámetro β	94
▪ Tabla 5: Modificadores de puntaje por altura de la edificación. Segunda edición FEMA 154.	104
▪ Tabla 6: Modificadores de puntaje por altura de la edificación. Tercera edición Fema 154.	105
▪ Tabla 7: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad baja.	106
▪ Tabla 8: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad moderada.	107
▪ Tabla 9: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad alta.	108
▪ Tabla 10: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con muros de corte de concreto en zona de sismicidad baja.	109
▪ Tabla 11: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con muros de corte de concreto en zona de sismicidad moderada.	110
▪ Tabla 12: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con muros de corte de concreto en zona de sismicidad alta.	111
▪ Tabla 13: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad baja.	111
▪ Tabla 14: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad moderada.	112

- Tabla 15: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad alta. 113
- Tabla 16: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad baja. 114
- Tabla 17: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad media. 115
- Tabla 18: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad alta. 116
- Tabla 19: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad baja. 116
- Tabla 20: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad moderada. 117
- Tabla 21: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad alta. 118
- Tabla 22: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad baja. 119
- Tabla 23: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad moderada. 120
- Tabla 24: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad alta. 121
- Tabla 25: Resumen de los resultados obtenidos al evaluar con el PIVR las edificaciones de la Universidad de Piura. 137
- Tabla 26: Limitaciones en la identificación del sistema estructural de las edificaciones de la Universidad de Piura analizadas. 139

Índice de anexos

Anexo A:

- Ficha de recolección de datos para zona de sismicidad leve.....149
- Ficha de recolección de datos para zona de sismicidad moderada.....151
- Ficha de recolección de datos para zona de sismicidad alta.....153

Índice de apéndices

Apéndice A:

- Ficha de edificación analizada: Edificio de Ingeniería Civil.....157
- Ficha de edificación analizada: Edificio de Química.....159
- Ficha de edificación analizada: Edificio de Hidráulica.....161
- Ficha de edificación analizada: Edificio 80.....163
- Ficha de edificación analizada: Facultad de Derecho-Pabellón 1.....165
- Ficha de edificación analizada: Facultad de Derecho-Pabellón 2.....167
- Ficha de edificación analizada: Facultad de Derecho-Pabellón 3.....169
- Ficha de edificación analizada: Facultad de Derecho-Pabellón 4.....171
- Ficha de edificación analizada: Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica.....173
- Ficha de edificación analizada: Edificio de Educación.....175

Introducción

Las edificaciones en el Perú son, en su mayoría, estructuras que no cuentan con un diseño sísmico apropiado, pese a que se cuenta con una normativa de diseño sismorresistente.

El porcentaje de edificaciones, de acuerdo con las investigaciones del INDECI (2010), que no cuentan con un diseño sísmico apropiado puede llegar a alcanzar más del 80%. Es presumible que éstas tengan un desempeño bastante bajo ante sismo. El remanente de edificaciones que sí cuentan con un diseño sismorresistente puede presentar malas prácticas constructivas o incluso desviaciones del diseño original. Así pues, es importante conocer el desempeño que estas edificaciones tendrían ante sismos.

Bajo la premisa de identificar las edificaciones con un comportamiento deficiente, surge la necesidad de generar un panorama apropiado del estado de éstas. Se requiere conocer cuáles de ellas tendrían una respuesta sísmica aceptable y cuáles no.

Una evaluación de todas las edificaciones de una región por un método de análisis sísmico profundo requeriría una gran inversión. Ante las limitaciones del tiempo y los costos se hace difícil la implementación de una evaluación sísmica de este tipo, prefiriéndose un método de evaluación que sea rápido y de bajo costo.

A nivel nacional existen pocas metodologías de evaluación rápida sobre vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Una de ellas fue elaborada por la Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos de la Dirección Nacional de Prevención, del INDECI, en el año 2010. Esta metodología se basa en una inspección visual de las edificaciones, que califica a las estructuras de forma cualitativa en cuatro niveles de riesgo: Muy alto, Alto, Moderado y Bajo. Esta metodología se aplicó principalmente a distritos de Lima como Ate, Barranco, Breña, Cercado de Lima, Jesús María, Lurigancho, La Victoria, Chosica, Magdalena, San Juan de Miraflores, Ventanilla y Villa el Salvador. Sin embargo, los informes que se emiten carecen de un orden estándar de redacción, no se realiza una revisión completa de la edificación según los requerimientos de la norma sismorresistente y normas complementarias del Reglamento Nacional de Construcciones, y cada profesional redacta el informe de inspección con sus propios criterios y punto de vista.

A partir del 2011, el INDECI dejó de ocuparse de esta evaluación ya que se creó el organismo CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, que desde su creación se encuentra como responsable de estas inspecciones. Cabe indicar que el CENEPRED presentó en el 2017 un nuevo procedimiento de inspecciones, más enfocado al análisis detallado de las edificaciones, sin embargo, este procedimiento aún no ha sido aplicado.

Otra de las metodologías nacionales fue desarrollada por el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), denominada “Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos” (2008). Esta metodología se basa en la implementación de cuadros y matrices que combinan lo cuantitativo y cualitativo, fundamentalmente se basa en la ponderación y asignación de valores de acuerdo con las variables e indicadores, y los criterios técnicos de los especialistas. Las estructuras son calificadas en cuatro niveles de riesgo: Muy alto, Alto, Moderado y Bajo.

A nivel internacional se tiene la metodología desarrollada y publicada en 1988 por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA), que publicó la primera edición del Informe FEMA 154, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles Riesgos Sísmicos: Manual”, junto con el documento FEMA 155, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles Riesgos Sísmicos: Documentación de apoyo”. Ambos documentos fueron preparados por el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) bajo solicitud de FEMA a través de un contrato.

La primera edición del FEMA 154 (1988) describe un procedimiento de detección visual rápido para identificar aquellos edificios que puedan suponer un grave riesgo de pérdida de vidas y lesiones, o una grave limitación de los servicios de una comunidad cuando se produce un terremoto dañino, a través de un sistema de calificación basado en el juicio de expertos.

Esta metodología fue adoptada por el “National Earthquake Hazards Reduction Program” (NEHRP), quien la utilizó con el nombre del método ATC-21. Los datos e información, recogidos por NEHRP durante la primera década después de la publicación, se utilizaron posteriormente para actualizar y mejorar el procedimiento de inspección visual rápida.

En agosto de 1999, la FEMA otorgó al ATC un contrato de dos años para actualizar el informe FEMA 154 y FEMA 155, publicados originalmente en 1988. Finalmente, en el 2002 se presentó la segunda edición del manual FEMA 154, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles Riesgos Sísmicos: Manual” junto con su documento de soporte, el FEMA 155, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles Riesgos Sísmicos: Documentación de apoyo”. Lo más resaltante de esta actualización se dio en el sistema de calificación, que pasó de ser basado en juicio de expertos a ser sustentado por cálculos analíticos, a partir de una mejor comprensión del comportamiento estructural y nuevas herramientas de modelación y análisis.

El objetivo principal de esta tesis es estudiar los fundamentos y criterios del procedimiento de inspección visual rápido (PIVR) propuesto por FEMA en el año 2002, y aplicar este método a los edificios de la Universidad de Piura. Asimismo, este trabajo tiene como propósitos identificar las causas de vulnerabilidad de las edificaciones en el contexto teórico del método, evaluar la viabilidad de la implementación del método e identificar sistemas estructurales no considerados por el método.

Para lograr estos objetivos, la metodología a seguir consistirá en un estudio sistemático y ordenado del método propuesto por la FEMA y su posterior aplicación a los edificios de la Universidad de Piura. Se realizará un trabajo de inspección en campo a estos edificios y un trabajo de gabinete para analizar la información reportada en el formato de registro de datos.

Capítulo 1

Vulnerabilidad y riesgo en edificaciones

En este capítulo se presenta el marco conceptual de la vulnerabilidad que permite identificar el daño potencial en una estructura bajo los efectos de un sismo. Asimismo, se presentan los métodos existentes de evaluación de la vulnerabilidad propuestas por varias instituciones reconocidas. Se incluye además el método de evaluación de la vulnerabilidad propuesto por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias Americana (FEMA).

1.1. Antecedentes

En el artículo publicado por Barbat y Pujades (2004) se menciona al terremoto de Lisboa, que ocurrió el 1 de noviembre de 1755 y que se caracterizó por su gran duración y virulencia, causando la muerte de entre 60,000 y 100,000 personas. Este sismo, seguido por un maremoto y un incendio que causaron la destrucción casi total de Lisboa, fue el primero cuyos efectos sobre una gran área fueron estudiados científicamente, y marcó el nacimiento de la sismología moderna.

Barbat y Pujades (2004) manifestaron también que durante el siglo XX ocurrieron en el mundo más de 1100 terremotos fuertes que tuvieron como consecuencia más de un millón y medio de víctimas. Asimismo, manifestaron que la principal causa de pérdidas humanas y económicas ocurridas en el mundo debido a los terremotos es debida al comportamiento sísmico inadecuado de las estructuras. Cabe indicar que las víctimas producidas por los sismos más fuertes son bastante considerables; y a las pérdidas de vidas humanas, deben añadirse las cuantiosas pérdidas debidas a la interrupción de la actividad económica, líneas de comunicación y servicios públicos.

Samaniego y Ríos (2005) mencionan que el borde Occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región, conocida como el “Anillo de Fuego del Pacífico”, zona de gran actividad volcánica, tal como se aprecia con color rojo en la Figura 1; y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) que se introduce debajo de la Placa Sudamericana (continental) generando frecuentemente sismos



Figura 1: Cinturón de fuego del pacífico y localización del Perú en el mismo. Fuente: Creación propia.

de magnitud elevada. Asimismo, indicaron que el 75% de las víctimas de los sismos severos que se produjeron en el mundo entre 1900 y 1992 se debieron al colapso de los edificios.

Yépez, Barbat y Canas (1996) indicaron que los avances que se realizan continuamente en el diseño de estructuras se aplican básicamente a las estructuras nuevas y en menor medida a la rehabilitación de estructuras existentes. Sin embargo, el número total de estructuras existentes es muy grande en comparación con el número de estructuras en construcción. Consecuentemente, para reducir las pérdidas debidas a los sismos, es necesario mejorar también el comportamiento de las estructuras antiguas. Tal mejora requiere una evaluación previa de su comportamiento sísmico esperado, y que permita asentar las bases de los estudios de vulnerabilidad sísmica. Estos estudios de vulnerabilidad están orientados hacia la predicción de daños esperados en las estructuras, en el supuesto de que ocurra un terremoto de cierta severidad. A partir de dicha predicción, pueden definirse soluciones para reducir la vulnerabilidad estructural y, en consecuencia, reducir también el riesgo sísmico.

1.2. Concepto de vulnerabilidad

Samaniego y Ríos (2005) indican que la vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que presenta una estructura frente a posibles daños en aquellas partes que la mantienen en funcionamiento ante la ocurrencia de un sismo intenso. Estas partes incluyen los cimientos, columnas, muros, vigas y losas.

La vulnerabilidad puede definirse como el “Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total)”.

La UNDRO (United Nations Disaster Relief Organization) y la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) promovieron una definición a partir de los siguientes conceptos:

- **Amenaza, peligro o peligrosidad (H):** Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
- **Vulnerabilidad (V):** Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).
- **Riesgo específico (Rs):** Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular, y está expresada como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
- **Elementos en riesgo (E):** Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta a una amenaza en un área determinada.

- **Riesgo total (R_T):** Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre.

Con estas definiciones, la evaluación del riesgo total se obtiene mediante la siguiente fórmula general:

$$R_T = E \times R_S = E \times H \times V \dots\dots\dots(1)$$

Un análisis de vulnerabilidad es un estudio de la capacidad de un sistema para resistir o absorber el impacto de un suceso que caracteriza una amenaza y, por lo tanto, se diferencia del análisis de riesgo, que es la estimación de pérdidas de acuerdo con el grado de amenaza considerado y con el nivel de vulnerabilidad existente en el sistema expuesto. La evaluación de la vulnerabilidad física ha sido la que más se ha desarrollado hasta ahora. El correspondiente riesgo físico puede calcularse como la pérdida esperada en un período de tiempo y puede expresarse como una proporción del valor o coste de reemplazo de los elementos en riesgo.

El primer paso de un estudio de vulnerabilidad consiste en definir su naturaleza y alcance, y está condicionado por varios factores, tales como: el tipo de daño que se pretende evaluar, el nivel de amenaza existente en la zona, la información disponible sobre las estructuras y los datos relacionados con los daños observados durante sismos que han afectado la zona de interés. Una vez definidos estos factores, es posible evaluar la vulnerabilidad mediante una definición adecuada de la acción sísmica y la capacidad de la estructura.

1.3. FEMA: Agencia federal para el manejo de emergencias

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos, cuya misión es la de reducir la pérdida de vidas y bienes, y proteger a las comunidades de los Estados Unidos a nivel nacional de todos los riesgos, producidos por desastres naturales, actos de terrorismo y otros desastres provocados por el hombre.

La agencia FEMA tiene la función de colaborar en la preparación de las personas para cualquier situación de desastre natural que ocurre de manera inesperada. Asimismo, proporciona atención y asistencia una vez ocurrido el desastre. FEMA dirige y apoya a la nación estadounidense con un sistema integral de manejo de emergencias, de preparación, protección, respuesta, recuperación y mitigación.

1.3.1. Historia de la agencia

En la década de los 70, las actividades de emergencia y desastre en Estados Unidos se encontraban fragmentadas. Cuando los riesgos asociados con las plantas de energía nuclear

y el transporte de sustancias peligrosas se sumaron a los desastres naturales, más de 100 agencias federales estaban involucradas en algún aspecto de los desastres, riesgos y emergencias. Muchos programas y políticas paralelas existían a escala estatal y local, agravando la complejidad de los esfuerzos federales para ofrecer ayuda en los desastres. La Asociación Nacional de Gobernadores trató de disminuir el cuantioso número de agencias con las que los gobiernos estatales y locales se veían forzados a trabajar. Solicitaron al presidente Jimmy Carter que centralizara las funciones federales de emergencia.

El decreto ejecutivo de 1979 del presidente Carter fusionó muchas de las responsabilidades separadas relacionadas con los desastres en una nueva Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA). En noviembre de 1988 se creó el sistema vigente actual mediante el cual se autoriza la asistencia financiera y física en situaciones de emergencia y desastre a través de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA); así, se otorgaba a FEMA la responsabilidad de coordinar los esfuerzos de ayuda de todo el gobierno.

FEMA asumió las actividades de las siguientes agencias:

- La Administración Federal de Seguros
- La Administración Nacional de Prevención y Control de Incendios
- El Programa de Preparación de la Comunidad, del Servicio Meteorológico Nacional
- La Agencia Federal de Preparación de la Administración de Servicios Generales
- La Administración Federal de Asistencia en Desastres del HUD (Department of Housing and Urban Development)

También fueron transferidas las responsabilidades de defensa civil de la Agencia de Preparación de Defensa Civil del Departamento de la Defensa a FEMA.

FEMA empezó a elaborar un Sistema Integrado de Manejo de Emergencias con un enfoque en todos los riesgos, que incluía "sistemas de dirección, control y advertencia que son comunes en la gama completa de emergencias, desde eventos aislados hasta la máxima emergencia como una guerra".

La nueva agencia enfrentó muchos retos poco usuales en sus primeros años que evidenciaron la complejidad del manejo de emergencias. Los primeros desastres y emergencias incluyeron la contaminación del Canal Love, la crisis de refugiados cubanos y el accidente en la planta de energía nuclear de Three Mile Island. Más tarde, el Terremoto de Loma Prieta en 1989 y el Huracán Andrew en 1992 centraron la atención nacional en FEMA.

1.3.2. FEMA 2006

Tras la ley de reforma posterior al huracán Katrina del 2006, se creó una "nueva FEMA". Con una misión ampliada y responsabilidad añadida de la preparación de la nación estadounidense para la seguridad, FEMA puso en marcha cambios significativos y positivos en toda la agencia para ayudar a construir una organización de clase mundial de gestión de emergencias y servicio al cliente.

Las investigaciones realizadas por la agencia FEMA son canalizadas a través del ATC (Consejo de Tecnología Aplicada). El ATC es una organización sin fines de lucro, exenta de impuestos establecida en 1971 gracias a los esfuerzos de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California. La misión de la ATC es desarrollar técnicas de fácil aplicación y uso para mitigar los efectos de los peligros naturales y de otro tipo sobre el ambiente construido. El ATC también identifica y promueve la investigación necesaria y desarrolla opiniones consensuadas sobre temas de ingeniería estructural. La financiación de los proyectos de ATC se obtiene de los organismos gubernamentales y del sector privado en forma de contribuciones deducibles de impuestos.

Hoy en día, FEMA, como parte del Departamento de Seguridad Nacional, continúa su misión de guiar a los Estados Unidos para prepararse, prevenir, responder y recuperarse de los desastres con la visión de "Una Nación Preparada".

1.4. Metodologías para el análisis de vulnerabilidad sísmica

Para clasificar las diferentes metodologías de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, varios criterios fueron utilizados en el pasado. Las propuestas desarrolladas más importantes hasta el momento son dos:

1. Clasificación de acuerdo con el tipo de resultados
2. Clasificación de acuerdo con los datos, método y resultados

La primera de ellas corresponde a la clasificación propuesta por Corsanego y Petrini en 1990, donde los diferentes tipos de estudios se dividen en clases de acuerdo con el tipo de resultado que produce. La segunda de ellas fue propuesta por Dolce M et al (1994) donde se permite examinar, de forma independiente, los tres elementos básicos: los datos de entrada, la metodología y los resultados de un análisis de vulnerabilidad. Por lo tanto, es posible que cada investigador o grupo de trabajo evalúe separadamente cada uno de estos elementos, considerando su consistencia y/o haciendo énfasis en alguno de ellos.

1.4.1. Clasificación según el tipo de resultado

Esta clasificación fue propuesta por Corsanego y Petrini (1990) y es una de las más reconocidas y completas que se ha hecho hasta el momento. Las técnicas para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se agrupan en cuatro grandes grupos:

1. **Técnicas Directas:** permiten predecir directamente y en una sola etapa, el daño causado para un sismo. Destacan en este grupo los llamados métodos tipológicos y los métodos mecánicos.
2. **Técnicas Indirectas:** determinan un índice de vulnerabilidad como primer paso, para luego relacionar el daño con la intensidad sísmica.
3. **Técnicas Convencionales:** introducen un índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño. Se usan básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones ubicadas en áreas de igual sismicidad.
4. **Técnicas Híbridas:** combinan elementos de los métodos descritos anteriormente con juicios de los expertos.

1.4.2. Clasificación de acuerdo con los datos, métodos y resultado

Sobre la base de la clasificación propuesta por Corsagnego y Petrini (1990), Dolce M. et al (1994) propone un nuevo criterio de clasificación producto de examinar separadamente los tres elementos fundamentales involucrados en un análisis de vulnerabilidad: los datos, el método empleado y los resultados obtenidos. Hasta el momento los autores de esta clasificación han reportado 5 clases de datos de entrada, 3 clases de métodos y 2 clases de resultados. A continuación, se definen cada uno de los elementos involucrados.

A. Datos de entrada:

- 1) Daños registrados después de un sismo u obtenidos a través de ensayos de laboratorio en elementos simples o compuestos (información empírica).
- 2) Características geométricas y cualitativas de las estructuras, tales como la altura, la configuración en planta y elevación, la edad, el tipo de sistema resistente de cargas horizontales y verticales, el tipo de fundación y cubierta, etc.
- 3) Características mecánicas tales como; la masa, la rigidez, la resistencia comparada con los esfuerzos sísmicos, la ductilidad intrínseca, el estado de esfuerzos, los desplazamientos sísmicos y los parámetros del comportamiento no lineal.
- 4) Caracterización sísmica de la zona, como, por ejemplo: la intensidad sísmica, la aceleración o la velocidad máxima del terreno, el desplazamiento espectral, entre otros.
- 5) Datos geológicos y geotécnicos de la zona, tales como el tipo y las características mecánicas del suelo de fundación, el comportamiento sísmico del perfil geológico, etc.

B. Métodos:

- 1) **Métodos Estadísticos:** Estos métodos consisten en realizar un análisis estadístico de las estructuras. La vulnerabilidad se define como la probabilidad condicional que una estructura de cierto tipo sufra un nivel de daño para una intensidad sísmica dada. La evaluación de la distribución del daño se obtiene de la observación y cuantificación.
- 2) **Métodos Mecánicos:** Estos métodos analizan los principales parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico de las estructuras, como, por ejemplo: deriva de piso, ductilidad, entre otros.
- 3) **Métodos basados en Juicios de Expertos:** Estos métodos evalúan cualitativa y cuantitativamente los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones. Estos factores pueden ser: altura, distribución geométrica, fecha de diseño, etc. De tal forma que puedan determinar el grado de exposición al que se encuentra sometido un grupo de estructuras.

C. Resultados:

- 1) **Vulnerabilidad absoluta:** funciones de vulnerabilidad, las cuales representan el daño medio como función de la intensidad sísmica; o alternativamente la distribución condicional de daño para una intensidad sísmica dada.
- 2) **Vulnerabilidad relativa:** índices de vulnerabilidad obtenidos empírica o experimentalmente para los cuales no hay correlación con el daño, ni está definida la intensidad sísmica.

Existen otros esquemas de clasificación de las técnicas o métodos de análisis de la vulnerabilidad sísmica. Una clasificación de las más completas según Dolce M. et al (1994) es la que se presenta a continuación, en donde se agrupa a las técnicas en tres tipos de metodologías en función de la fuente de información que prevalece:

1. **Métodos empíricos:** Se caracterizan por un alto grado de subjetividad. Están basados en la experiencia sobre el comportamiento de tipos de edificaciones ante sismos y la caracterización de deficiencias sísmicas potenciales. Se usan cuando se dispone de limitada información, cuando se admite un resultado menos ambicioso y/o para evaluaciones preliminares. Son enfoques menos exigentes y más económicos de implementar. Los métodos empíricos, incluyen tanto los métodos de categorización como los métodos de inspección y puntaje.
 - a. *Métodos de categorización o caracterización:* Clasifican las edificaciones según su tipología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico que han tenido estructuras similares ante terremotos

relevantes. El resultado suele ser bastante subjetivo por lo que generalmente es limitado a evaluaciones preliminares.

- b. Métodos de inspección y puntaje: Permiten identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos a cada componente significativo de la misma, que, ponderado en función de su importancia relativa, conduce a la determinación de un índice de vulnerabilidad.
2. **Métodos analíticos o teóricos**: Evalúan la resistencia estimada de las estructuras a los movimientos del terreno utilizando como base modelos mecánicos de respuesta estructural e involucrando como datos las características mecánicas de las estructuras. Constituyen un enfoque muy completo, exigente y costoso. Generalmente son bastante laboriosos y dependen en cierta medida del grado de sofisticación de la evaluación, de la calidad de la información y de la representatividad de los modelos empleados.
3. **Métodos experimentales**: Recurren a ensayos dinámicos para determinar las propiedades de las estructuras y/o sus componentes. Generalmente constituyen ensayos “in situ”, orientados a determinar las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura e involucrando aspectos tan importantes como la interacción suelo-estructura, la incidencia de los elementos no estructurales, etc. Aunque sus resultados no son determinantes, permiten en algunos casos conocer el estado de la edificación y los posibles efectos que un sismo ha tenido sobre ella.

Una clasificación más simplificada se basa en el tipo de medida que se utiliza, como:

1. **Técnicas cuantitativas**: Establecen las probabilidades de daño o relaciones determinísticas equivalentes en términos numéricos.
2. **Técnicas cualitativas**: Recurren a descripciones cualitativas a través de términos como vulnerabilidad baja, media, alta o similares.

De acuerdo con Safina (2002), la aplicación exhaustiva de cada una de estas metodologías sobre una misma edificación puede dar origen a importantes discrepancias en los resultados, difíciles de interpretar y que en algunos casos puede dar origen a conclusiones erradas. En este sentido, para el análisis de la vulnerabilidad sísmica se recomienda combinar los métodos analíticos y empíricos, con algún método o técnica experimental que permita incrementar la confiabilidad del análisis de vulnerabilidad.

1.5. Análisis de vulnerabilidad aplicando el método propuesto FEMA

En 1988, la Agencia Federal de Manejo de Emergencias, FEMA, publicó la primera edición del Informe de FEMA 154, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles

Riesgos Sísmicos: Manual” (1988), que, de acuerdo con la clasificación presentada anteriormente se considera un método de inspección y puntaje. Junto con este manual se publicó el documento FEMA 155, “Detección Visual Rápida de Edificaciones de Posibles Riesgos Sísmicos: Documentación de apoyo” (1988), documento que sustenta la metodología del método y las variables y valores empleados en el mismo. Ambos documentos fueron preparados por el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) bajo solicitud de FEMA a través de un contrato.

La primera edición del FEMA 154 (1988) describe un procedimiento de detección visual rápido para identificar aquellos edificios que puedan suponer un grave riesgo de pérdida de vidas y lesiones, o una grave limitación de los servicios de una comunidad cuando se produce un terremoto dañino.

En agosto de 1999, la FEMA otorgó al Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) un contrato de dos años para actualizar el informe FEMA 154 y el documento de sustento de este que se presenta en el informe FEMA 155, que fueron publicados originalmente en 1988. El impulso para el proyecto provino de las recomendaciones generales dadas en el informe de la FEMA 315, “Rehabilitación sísmica de edificios: Plan Estratégico 2005” (1998).

Desde el año 1988 al 2005, el ATC desarrolló una importante cantidad de información que incluye:

- 1) Nuevos conocimientos sobre el comportamiento de los edificios durante los terremotos severos, incluyendo el de 1989 en Loma Prieta y el de 1994 en Northridge.
- 2) Nuevos conocimientos acerca de los riesgos sísmicos, incluyendo mapas de riesgo sísmico actualizados y publicados por el Servicio Geológico de EE. UU. en 1996.
- 3) Nuevas herramientas de evaluación y predicción de daños sísmicos, tales como el Informe FEMA 310, “Manual para la Evaluación Sísmica de Edificios, una norma experimental” (1998) y el Manual HAZUS 99 “Metodología de estimación de pérdida de riesgo múltiple - Modelo de terremoto - HAZUS 99 MH MR4 - Manual técnico”, que es una herramienta de FEMA para la estimación de las pérdidas potenciales de los desastres naturales, propuesto por el Departamento de Seguridad Nacional de Preparación y Respuesta ante Emergencias - DHS (1990).
- 4) La experiencia del uso generalizado del FEMA 154 (1988) original, por las agencias federales, estatales y municipales, entre otros.

El proyecto incluyó las siguientes tareas:

- 1) Esfuerzos por obtener retroalimentación de los usuarios. Esta tarea se ejecutó a través de la distribución de un formulario voluntario a las organizaciones que habían solicitado y utilizado el manual de inspección propuesto en el FEMA 154 (1988). Este formulario también fue publicado en el sitio web del ATC.

- 2) Revisión de la información disponible sobre el comportamiento sísmico de edificios, incluyendo una revisión detallada de las curvas de fragilidad indicadas en el manual HAZUS 99 y un esfuerzo para correlacionar los resultados del procedimiento FEMA 154 (1988) y el procedimiento detallado de evaluación sísmica en los mismos edificios propuestos en el FEMA 178 (1992).
- 3) Ejecución de un taller para conocer de primera mano los problemas y los éxitos de las organizaciones que han utilizado el procedimiento de detección visual rápida en los edificios bajo su jurisdicción.
- 4) Actualización del manual de inspección rápida a fin de crear la segunda edición.
- 5) Actualización del documento de respaldo para crear la segunda edición del FEMA 155 (1988).

En la segunda edición del Manual de FEMA 154 (2002), se proporciona un procedimiento estándar de detección rápida visual para identificar, inventariar y calificar a los edificios que son potencialmente peligrosos sísmicamente. El sistema de puntuación fue revisado, basado en la nueva información, y el manual se simplificó para facilitar la aplicación. La base técnica para el procedimiento de detección visual rápida se documenta en la segunda edición del FEMA 155 (2002).

1.5.1. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC)

El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) es una corporación sin fines de lucro y exenta de impuestos. Fue establecida en 1971 a través de los esfuerzos de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California. La misión del ATC es desarrollar recursos de ingeniería de técnica de fácil uso y aplicaciones para la mitigación de los efectos de los desastres naturales y de otro tipo sobre el entorno construido. ATC también identifica y fomenta la investigación y elabora dictámenes de consenso sobre temas de ingeniería estructural.

ATC es guiada por un Consejo de Administración compuesto por representantes nombrados por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, el Consejo Nacional de Ingenieros Estructurales, la Asociación de Ingenieros Estructurales de California, el Consejo Occidental de Ingenieros Estructurales, y cuatro representantes estrechamente relacionados con la práctica de la ingeniería estructural.

La gestión y administración de proyectos se llevan a cabo por un Director Ejecutivo a tiempo completo y personal de apoyo. El trabajo del proyecto es realizado por una amplia gama de profesionales calificados en consultoría; de esta forma se incorpora así la experiencia de muchas personas del mundo académico, la investigación y la práctica profesional. La financiación de proyectos de ATC se obtiene de las agencias del gobierno y del sector privado, en forma de contribuciones deducibles de impuestos.

Si bien el procedimiento propuesto por el manual FEMA 154 se considera correcto, el ATC y la agencia patrocinadora no asumen ninguna responsabilidad sobre su exactitud o las opiniones expresadas en él.

El ATC indica que el material presentados en esa publicación no deben utilizarse como base para cualquier aplicación específica sin un examen competente y la verificación de su exactitud, idoneidad y aplicabilidad por profesionales cualificados. De igual forma los usuarios de la información de dicha publicación asumen toda la responsabilidad derivada de dicha utilización.

1.5.2. Reporte FEMA 154 (2ª Edición)

El reporte FEMA 154 (2002) es el primero de una publicación de dos volúmenes de una metodología recomendada para una detección visual rápida de los peligros potenciales de una edificación ante evento sísmico.

El procedimiento de inspección visual rápido, PIVR, fue desarrollado para un público amplio, incluidos los funcionarios de construcción y los inspectores de agencias gubernamentales y privadas, con el fin de identificar, inventariar y “puntuar” edificios con riesgo sísmico especialmente alto. A pesar de que el PIVR es aplicable a todos los edificios, su finalidad principal puede resumirse en la identificación de:

- Edificios antiguos diseñados y construidos antes de la adopción de un adecuado diseño sísmico y los requisitos detallados del mismo.
- Edificios en suelos blandos o pobres.
- Edificios con características que puedan afectar negativamente su respuesta sísmica ideal.

Una vez identificados como potencialmente peligrosos, tales edificios deben ser evaluados por un profesional experimentado en el diseño sísmico para determinar si, de hecho, dichas edificaciones son sísmicamente peligrosas.

1.5.3. Actualización y modificaciones de la segunda edición del FEMA 154 (2002)

Desde el punto de vista de presentación, el manual conserva gran parte del material de la edición anterior, pero este material fue más bien reorganizado para facilitar aún más el proceso de llevar a cabo paso a paso la detección rápida visual de un edificio. La diferencia más significativa entre las dos ediciones está relacionada a un mayor nivel de comprensión del comportamiento de los sistemas estructurales y a la experiencia del uso del manual por parte de los usuarios de la primera edición. Este cambio fue realizado para solucionar la dificultad que experimentaron los usuarios de la primera edición en la identificación del sistema estructural de un edificio en el que los evaluadores no podían ingresar al edificio siendo ésta una parte crítica del PIVR.

Simultáneamente con la generalización del uso del documento, con los daños ocurridos en California y en otros lugares a causa de los terremotos, y con los esfuerzos de investigación y desarrollo que se llevaron a cabo por el Programa Nacional de Reducción de Riesgos de Terremoto (NEHRP), se obtuvieron nuevos datos importantes sobre el comportamiento de los edificios en terremotos. Los datos y la información recogida durante la primera década después de la publicación se utilizaron para actualizar y mejorar el procedimiento de inspección visual rápida, que se presentó en la segunda edición del informe de la FEMA 154.

Durante la siguiente década de la primera edición del Manual de FEMA 154 (1988), el PIVR fue utilizado por organizaciones del sector privado y agencias del gobierno para evaluar más de 70.000 edificios en todo EE. UU. (ATC, 2002). Esta evaluación ofreció información importante en relación con la facilidad de uso del documento, y a las perspectivas de la precisión del sistema de puntuación, del que se basa el procedimiento.

El PIVR conserva el mismo marco y enfoque del procedimiento original publicado en la primera edición del FEMA 154, pero incorpora un sistema de puntuación actualizado, tanto para los puntajes básicos como para los modificadores. Los límites de las regiones de sismicidad baja, moderada y alta también fueron modificados. La frecuencia de los movimientos sísmicos se cambió de un período de retorno de 475 años de media, correspondiente a movimientos sísmicos que tienen un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, a un período de retorno de 2475 años de media, correspondiente a movimientos sísmicos que tienen una probabilidad del 2% de excedencia en 50 años.

En esta segunda edición, el manual de FEMA 154 (2002) se enfoca a facilitar la aplicación del procedimiento de inspección en forma simplificada. Otras mejoras incluyen:

- Orientación sobre la planificación y gestión del uso del PIVR, incluyendo la capacitación de los inspectores y la adquisición de datos de archivos y otras fuentes para obtener información más fiable sobre la edad, el sistema estructural, y la ocupación de la edificación.
- Más orientación para identificar el sistema estructural de la edificación en campo.
- La inspección en el interior de la edificación o la revisión previa de los planos de construcción para identificar (o verificar) el sistema estructural.
- La actualización de los puntajes básicos de riesgo estructural y de los modificadores que se derivan de cálculos analíticos.
- El desarrollo de las curvas de fragilidad del manual HAZUS 99 para los diferentes tipos de sistemas estructurales considerados por la metodología del PIVR.
- El uso de nueva información de amenaza sísmica que es compatible con los criterios de riesgo sísmico especificados en otros documentos relacionados con la FEMA.

- La modificación del formulario de recolección de datos que incluye un espacio para documentar el tipo de suelo y los elementos adicionales con riesgo de falla. Además, se incorporó una amplia lista de los tipos de ocupación.

Desde la publicación de la segunda edición de FEMA 154 del 2002, se desarrolló en el 2015 una tercera edición de este documento, el FEMA P-154 (2015), cuyo objetivo sigue siendo el mismo que sus antecesores: identificar, inventariar y evaluar los edificios que son potencialmente vulnerables. Aunque algunas secciones del texto permanecieron sin cambios desde la segunda edición, la tercera edición incorpora varias mejoras importantes, entre las cuales se encuentran la actualización de la ficha de recolección de datos, y la actualización de los puntajes básicos y modificadores. La base técnica del PIVR se documenta en el informe FEMA P-155 (2015), “Detección visual rápida de edificios para posibles riesgos sísmicos: Documentación de respaldo”, que también se actualizó en la tercera edición.

El desarrollo de esta tesis se centró en la segunda edición del FEMA 154 del 2002 ya que el presente trabajo se empezó antes de la vigencia de la tercera edición del FEMA P-154 (2015).

Capítulo 2

Descripción del “Procedimiento de Inspección Visual Rápido” (PIVR)

En el capítulo anterior se presentaron los conceptos de vulnerabilidad y los métodos de análisis de la vulnerabilidad en edificaciones. Asimismo, se presentó a la agencia FEMA, una agencia gubernamental estadounidense que desarrolló el método de inspección visual rápido.

En este capítulo, se presentan el Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR) y los criterios de calificación que se siguen para evaluar una estructura. También se presenta el valor límite que permite clasificar a las estructuras con un nivel de vulnerabilidad aceptable o con un valor de vulnerabilidad no aceptable.

2.1. Procedimiento de Inspección Visual Rápido (PIVR).

El procedimiento de inspección visual rápido, más adelante mencionado simplemente como PIVR, es un método de inspección y puntaje, diseñado para ser implementado sin la necesidad de realizar cálculos de análisis estructural. En esencia el método busca indicar de manera aproximada el estatus final de la edificación ante un evento sísmico en relación con su integridad; es decir, indicar que tanto queda dañada la edificación y que tanto afecta ello a su serviciabilidad.

Los puntajes estructurales básicos de las estructuras indican la probabilidad de que estas estructuras reciban un daño tal que afecte su serviciabilidad por completo, lo que significa que la edificación podría quedar inutilizable. Asimismo, se debe tener presente que el daño en las edificaciones no es el mismo ya que depende del sistema estructural que posee la edificación. Algunos sistemas estructurales que se pueden mencionar son: Estructuras de madera, sistemas de pórticos de acero, pórticos de concreto o estructuras de albañilería. Así para dos distintas estructuras, una de ellas puede recibir más daño ante un evento sísmico, afectando su serviciabilidad más no su integridad.

El PIVR utiliza un sistema de puntuación que requiere:

- 1) Identificar el sistema estructural de la edificación.
- 2) Identificar los atributos de la construcción que modifican el comportamiento sísmico esperado de este sistema estructural de resistencia frente a cargas laterales.

En general, la inspección, recolección de datos y el proceso de toma de decisiones se realizan en el mismo sitio del emplazamiento del edificio a analizar, y se requiere un tiempo promedio de 15 a 30 minutos por edificio siempre que el sistema estructural del mismo sea identificable de forma sencilla; y de 30 minutos a una hora si el sistema estructural no es identificable a simple vista y el acceso al interior se hace necesario. Los resultados se registran en uno de los tres formularios de recopilación de datos, cada uno de ellos corresponde a una zona de sismicidad definida previamente. Los formularios de recolección de datos son mostrados en la Figura 2.

Los edificios pueden ser revisados desde el exterior de la edificación sin la necesidad de ingresar a la edificación ni de recurrir a planos ni a cálculos estructurales. La fiabilidad y la confianza en la determinación de los atributos de la edificación aumentan, si el sistema estructural puede ser verificado mediante una inspección del interior o a través de la revisión de los documentos de construcción.

El PIVR está diseñado para ser aplicable a todo tipo de construcción convencional; sin embargo, los puentes, torres de gran tamaño y otras edificaciones similares no están cubiertos por este procedimiento.

El PIVR se basa en el análisis superficial de una edificación. Los datos se recogen en un formulario modelo que incluyen espacios vacíos para documentar la edificación y para colocar información referente a ella como su uso y tamaño, una fotografía del edificio, bocetos y los datos pertinentes relacionados con el rendimiento sísmico; se incluye, además, en estos formularios, el desarrollo de una puntuación numérica que cuantifica el riesgo sísmico.

2.2. Formato de recolección de datos

Los formularios de recolección de datos están conformados por tres formatos estándar en donde se registra la información procedente de la inspección de campo.

En la parte inferior del formato de recolección se encuentra una matriz con quince sistemas estructurales definidos. Cada uno de estos sistemas cuenta con un puntaje básico, el mismo que refleja la probabilidad de que la serviciabilidad de una edificación se vea afectada por completo, aun cuando la estructura no colapse por causa del máximo movimiento telúrico considerado en la zona de emplazamiento de la edificación. Los puntajes estructurales básicos fueron desarrollados a partir de las curvas de fragilidad del

manual HAZUS 99, que están especificadas en la edición de 1999 del Manual “Metodología de estimación de pérdida de riesgo múltiple - Modelo de terremoto - HAZUS 99 MH MR4-Manual técnico” (National Institute of Building Science -NIBS, 1999).

El procedimiento de utilización de estos formatos es bastante sencillo. El primer paso para el registro de datos y posterior evaluación de la edificación es identificar la zona sísmica en que se encuentra, la que puede corresponder a una zona de sismicidad alta, media o baja, tal como puede apreciarse en la Figura 2, y a continuación utilizar el formato de registro de datos acorde a la zona sísmica identificada.

El formato de registro de datos fue diseñado para ser llenado de manera progresiva, con un mínimo de escritura ya que la mayoría de los elementos pueden ser seleccionados simplemente con un círculo. Este formato se completa para cada edificio a través de la ejecución de los siguientes pasos sencillos:

1. Verificar y actualizar la información del edificio.
2. Caminar alrededor del edificio para identificar su tamaño y forma, y dibujar una vista en planta y elevación en el formato de registro de datos.
3. Determinar y documentar la ocupación y uso.
4. Determinar el tipo de suelo.
5. Identificar los peligros potenciales no estructurales.
6. Identificar el sistema estructural, ya sea desde el exterior o ingresando a la edificación de ser necesario. Luego, seleccionar con un círculo el sistema estructural que corresponda al identificado.
7. Identificar y seleccionar el puntaje estructural básico que corresponde al sistema estructural identificado.
8. Identificar y seleccionar los modificadores del puntaje estructural. Estos modificadores son el número de plantas, fecha de diseño, irregularidad vertical, irregularidad de planta y tipo de suelo.
9. Determinar la puntuación final S realizando la suma aritmética del puntaje estructural correspondiente a cada modificador identificado en el paso anterior.
10. Determinar si la edificación cuenta con una vulnerabilidad aceptable o no o si se requiere una evaluación detallada.

En la Figura 2 se muestra el formato del modelo descrito; y en la Figura 3 se indican las secciones de esta ficha de recolección de datos. Este formato de recolección de datos se muestra con mayor detalle en el Anexo A.

LOW Seismicity

MODERATE Seismicity

HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH

OCCUPANCY		SOIL			TYPE						FALLING HAZARDS				
Assembly Commercial Emer. Services	Govt Historic Industrial	Office Residential School	Number of Persons 0-10 11-100 101-1000 1000+		A Hard Rock	B Avg. Rock	C Dense Soil	D Stiff Soil	E Soft Soil	F Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Chimneys	<input type="checkbox"/> Parapets	<input type="checkbox"/> Cladding	<input type="checkbox"/> Other	
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.9	2.5	2.8	1.8	2.8	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	-0.2	+0.4	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	N/A	-0.2	-0.4	-0.4	0.0
High Rise (>7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.6	-0.8	-0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	-2.4	-2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	-2.4	N/A	-2.4	N/A	-2.8	-2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
FINAL SCORE, S															
COMMENTS															Detailed Evaluation Required
															YES NO

* = Estimated, subjective, or unreliable data
DNK = Do Not Know

BR = Braced frame
FD = Flexible diaphragm
LM = Light metal

MRF = Moment-resisting frame
RC = Reinforced concrete
RD = Rigid diaphragm

SW = Shear wall
TU = Tie up
URM INF = Unreinforced masonry infill

Figura 2: Formato de recolección de datos para las tres regiones de sismicidad. Fuente: FEMA 154 (2002)

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form**

HIGH Seismicity

	Address _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	PHOTOGRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Scale: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
OCCUPANCY SOIL	TYPE FALLING HAZARDS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Occupancy: <input type="checkbox"/> Govt <input type="checkbox"/> Daycare <input type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Educational <input type="checkbox"/> Retail <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Employment <input type="checkbox"/> Medical <input type="checkbox"/> Other	Soil: <input type="checkbox"/> Very Poor <input type="checkbox"/> Poor <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Very Good Type: <input type="checkbox"/> A (Hard Rock) <input type="checkbox"/> B (Soft Rock) <input type="checkbox"/> C (Dense Soil) <input type="checkbox"/> D (Soft Soil) <input type="checkbox"/> E (Very Soft Soil) <input type="checkbox"/> F (Fill Soil) Falling Hazards: <input type="checkbox"/> Unreinforced Chimneys <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Cornices <input type="checkbox"/> Cupolas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>BUILDING TYPE</th> <th>W1</th> <th>W2</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>S5</th> <th>S6</th> <th>S7</th> <th>S8</th> <th>S9</th> <th>S10</th> <th>S11</th> <th>S12</th> <th>S13</th> <th>S14</th> <th>S15</th> <th>S16</th> <th>S17</th> <th>S18</th> <th>S19</th> <th>S20</th> <th>S21</th> <th>S22</th> <th>S23</th> <th>S24</th> <th>S25</th> <th>S26</th> <th>S27</th> <th>S28</th> <th>S29</th> <th>S30</th> <th>S31</th> <th>S32</th> <th>S33</th> <th>S34</th> <th>S35</th> <th>S36</th> <th>S37</th> <th>S38</th> <th>S39</th> <th>S40</th> <th>S41</th> <th>S42</th> <th>S43</th> <th>S44</th> <th>S45</th> <th>S46</th> <th>S47</th> <th>S48</th> <th>S49</th> <th>S50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apartment</td> <td>0.4</td><td>0.8</td><td>1.2</td><td>1.6</td><td>2.0</td><td>2.4</td><td>2.8</td><td>3.2</td><td>3.6</td><td>4.0</td><td>4.4</td><td>4.8</td><td>5.2</td><td>5.6</td><td>6.0</td><td>6.4</td><td>6.8</td><td>7.2</td><td>7.6</td><td>8.0</td><td>8.4</td><td>8.8</td><td>9.2</td><td>9.6</td><td>10.0</td><td>10.4</td><td>10.8</td><td>11.2</td><td>11.6</td><td>12.0</td><td>12.4</td><td>12.8</td><td>13.2</td><td>13.6</td><td>14.0</td><td>14.4</td><td>14.8</td><td>15.2</td><td>15.6</td><td>16.0</td><td>16.4</td><td>16.8</td><td>17.2</td><td>17.6</td><td>18.0</td><td>18.4</td><td>18.8</td><td>19.2</td><td>19.6</td><td>20.0</td><td>20.4</td><td>20.8</td><td>21.2</td><td>21.6</td><td>22.0</td><td>22.4</td><td>22.8</td><td>23.2</td><td>23.6</td><td>24.0</td><td>24.4</td><td>24.8</td><td>25.2</td><td>25.6</td><td>26.0</td><td>26.4</td><td>26.8</td><td>27.2</td><td>27.6</td><td>28.0</td><td>28.4</td><td>28.8</td><td>29.2</td><td>29.6</td><td>30.0</td><td>30.4</td><td>30.8</td><td>31.2</td><td>31.6</td><td>32.0</td><td>32.4</td><td>32.8</td><td>33.2</td><td>33.6</td><td>34.0</td><td>34.4</td><td>34.8</td><td>35.2</td><td>35.6</td><td>36.0</td><td>36.4</td><td>36.8</td><td>37.2</td><td>37.6</td><td>38.0</td><td>38.4</td><td>38.8</td><td>39.2</td><td>39.6</td><td>40.0</td><td>40.4</td><td>40.8</td><td>41.2</td><td>41.6</td><td>42.0</td><td>42.4</td><td>42.8</td><td>43.2</td><td>43.6</td><td>44.0</td><td>44.4</td><td>44.8</td><td>45.2</td><td>45.6</td><td>46.0</td><td>46.4</td><td>46.8</td><td>47.2</td><td>47.6</td><td>48.0</td><td>48.4</td><td>48.8</td><td>49.2</td><td>49.6</td><td>50.0</td><td>50.4</td><td>50.8</td><td>51.2</td><td>51.6</td><td>52.0</td><td>52.4</td><td>52.8</td><td>53.2</td><td>53.6</td><td>54.0</td><td>54.4</td><td>54.8</td><td>55.2</td><td>55.6</td><td>56.0</td><td>56.4</td><td>56.8</td><td>57.2</td><td>57.6</td><td>58.0</td><td>58.4</td><td>58.8</td><td>59.2</td><td>59.6</td><td>60.0</td><td>60.4</td><td>60.8</td><td>61.2</td><td>61.6</td><td>62.0</td><td>62.4</td><td>62.8</td><td>63.2</td><td>63.6</td><td>64.0</td><td>64.4</td><td>64.8</td><td>65.2</td><td>65.6</td><td>66.0</td><td>66.4</td><td>66.8</td><td>67.2</td><td>67.6</td><td>68.0</td><td>68.4</td><td>68.8</td><td>69.2</td><td>69.6</td><td>70.0</td><td>70.4</td><td>70.8</td><td>71.2</td><td>71.6</td><td>72.0</td><td>72.4</td><td>72.8</td><td>73.2</td><td>73.6</td><td>74.0</td><td>74.4</td><td>74.8</td><td>75.2</td><td>75.6</td><td>76.0</td><td>76.4</td><td>76.8</td><td>77.2</td><td>77.6</td><td>78.0</td><td>78.4</td><td>78.8</td><td>79.2</td><td>79.6</td><td>80.0</td><td>80.4</td><td>80.8</td><td>81.2</td><td>81.6</td><td>82.0</td><td>82.4</td><td>82.8</td><td>83.2</td><td>83.6</td><td>84.0</td><td>84.4</td><td>84.8</td><td>85.2</td><td>85.6</td><td>86.0</td><td>86.4</td><td>86.8</td><td>87.2</td><td>87.6</td><td>88.0</td><td>88.4</td><td>88.8</td><td>89.2</td><td>89.6</td><td>90.0</td><td>90.4</td><td>90.8</td><td>91.2</td><td>91.6</td><td>92.0</td><td>92.4</td><td>92.8</td><td>93.2</td><td>93.6</td><td>94.0</td><td>94.4</td><td>94.8</td><td>95.2</td><td>95.6</td><td>96.0</td><td>96.4</td><td>96.8</td><td>97.2</td><td>97.6</td><td>98.0</td><td>98.4</td><td>98.8</td><td>99.2</td><td>99.6</td><td>100.0</td> </tr> </tbody> </table>		BUILDING TYPE	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	Apartment	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.6	12.0	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	17.6	18.0	18.4	18.8	19.2	19.6	20.0	20.4	20.8	21.2	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.6	28.0	28.4	28.8	29.2	29.6	30.0	30.4	30.8	31.2	31.6	32.0	32.4	32.8	33.2	33.6	34.0	34.4	34.8	35.2	35.6	36.0	36.4	36.8	37.2	37.6	38.0	38.4	38.8	39.2	39.6	40.0	40.4	40.8	41.2	41.6	42.0	42.4	42.8	43.2	43.6	44.0	44.4	44.8	45.2	45.6	46.0	46.4	46.8	47.2	47.6	48.0	48.4	48.8	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.2	51.6	52.0	52.4	52.8	53.2	53.6	54.0	54.4	54.8	55.2	55.6	56.0	56.4	56.8	57.2	57.6	58.0	58.4	58.8	59.2	59.6	60.0	60.4	60.8	61.2	61.6	62.0	62.4	62.8	63.2	63.6	64.0	64.4	64.8	65.2	65.6	66.0	66.4	66.8	67.2	67.6	68.0	68.4	68.8	69.2	69.6	70.0	70.4	70.8	71.2	71.6	72.0	72.4	72.8	73.2	73.6	74.0	74.4	74.8	75.2	75.6	76.0	76.4	76.8	77.2	77.6	78.0	78.4	78.8	79.2	79.6	80.0	80.4	80.8	81.2	81.6	82.0	82.4	82.8	83.2	83.6	84.0	84.4	84.8	85.2	85.6	86.0	86.4	86.8	87.2	87.6	88.0	88.4	88.8	89.2	89.6	90.0	90.4	90.8	91.2	91.6	92.0	92.4	92.8	93.2	93.6	94.0	94.4	94.8	95.2	95.6	96.0	96.4	96.8	97.2	97.6	98.0	98.4	98.8	99.2	99.6	100.0
BUILDING TYPE	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50																																																																																																																																																																																																																																																													
Apartment	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.6	12.0	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	17.6	18.0	18.4	18.8	19.2	19.6	20.0	20.4	20.8	21.2	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.6	28.0	28.4	28.8	29.2	29.6	30.0	30.4	30.8	31.2	31.6	32.0	32.4	32.8	33.2	33.6	34.0	34.4	34.8	35.2	35.6	36.0	36.4	36.8	37.2	37.6	38.0	38.4	38.8	39.2	39.6	40.0	40.4	40.8	41.2	41.6	42.0	42.4	42.8	43.2	43.6	44.0	44.4	44.8	45.2	45.6	46.0	46.4	46.8	47.2	47.6	48.0	48.4	48.8	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.2	51.6	52.0	52.4	52.8	53.2	53.6	54.0	54.4	54.8	55.2	55.6	56.0	56.4	56.8	57.2	57.6	58.0	58.4	58.8	59.2	59.6	60.0	60.4	60.8	61.2	61.6	62.0	62.4	62.8	63.2	63.6	64.0	64.4	64.8	65.2	65.6	66.0	66.4	66.8	67.2	67.6	68.0	68.4	68.8	69.2	69.6	70.0	70.4	70.8	71.2	71.6	72.0	72.4	72.8	73.2	73.6	74.0	74.4	74.8	75.2	75.6	76.0	76.4	76.8	77.2	77.6	78.0	78.4	78.8	79.2	79.6	80.0	80.4	80.8	81.2	81.6	82.0	82.4	82.8	83.2	83.6	84.0	84.4	84.8	85.2	85.6	86.0	86.4	86.8	87.2	87.6	88.0	88.4	88.8	89.2	89.6	90.0	90.4	90.8	91.2	91.6	92.0	92.4	92.8	93.2	93.6	94.0	94.4	94.8	95.2	95.6	96.0	96.4	96.8	97.2	97.6	98.0	98.4	98.8	99.2	99.6	100.0																																																							
FINAL SCORES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
COMMENTS:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Detailed Evaluation Required YES NO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

* = Estimated, subjective, or unreliable data BR = Braced frame MRF = Moment resisting frame SW = Shear wall
 DNE = Do Not Know FD = Flexible diaphragm RC = Reinforced concrete U = lift up
 LM = Light metal RD = Rigid diaphragm URM MRF = Unreinforced masonry infill

Esquema de la edificación, croquis
Ficha de identificación de la edificación, datos generales
Fotografía de la edificación
Ocupación de la edificación
Tipo de suelo
Riesgos no estructurales
Puntajes estructurales básicos, modificadores de puntaje y puntaje final
Comentarios y observaciones

Figura 3: Distribución de las secciones del formato de recolección de datos. Fuente: FEMA 154 (2002).

2.3. Curva de fragilidad.

La curva de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño límite específico para una respuesta estructural ante una acción sísmica.

Las curvas de fragilidad se construyen con respecto a una variable que caracteriza la acción sísmica. Esta variable puede ser la aceleración pico efectiva, la velocidad pico efectiva, el desplazamiento o la aceleración espectrales.

Para construir estas curvas es necesario definir unas medidas objetivas que indiquen cuándo el daño de una estructura pasa de un estado a otro. Estas medidas se conocen como umbrales de daño o estados límites de daño, que se relaciona con la capacidad estructural, la misma que puede ser representada por una curva de capacidad. Para el desarrollo del procedimiento PIVR se adoptó la metodología del manual HAZUS 99 del DHS (1990) que define estas curvas suponiendo que siguen una distribución de probabilidad tipo lognormal. La metodología HAZUS se basa en ensayos experimentales y en la opinión de los expertos.

Cada curva de fragilidad se puede definir a través de un valor medio del parámetro de demanda correspondiente al umbral de un estado de daño. Por ejemplo, una curva de fragilidad podría ser definida en función del desplazamiento espectral medio, cuya gráfica se relaciona con la variabilidad asociada a este estado de daño. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de una curva de fragilidad en donde se muestra al desplazamiento espectral como variable que caracteriza a la acción sísmica. Cada curva observada en la figura se define como el “umbral de daño”, que separa las regiones que indican el nivel de daño que puede experimentar una edificación, sea este nulo, leve, moderado, severo o completo.

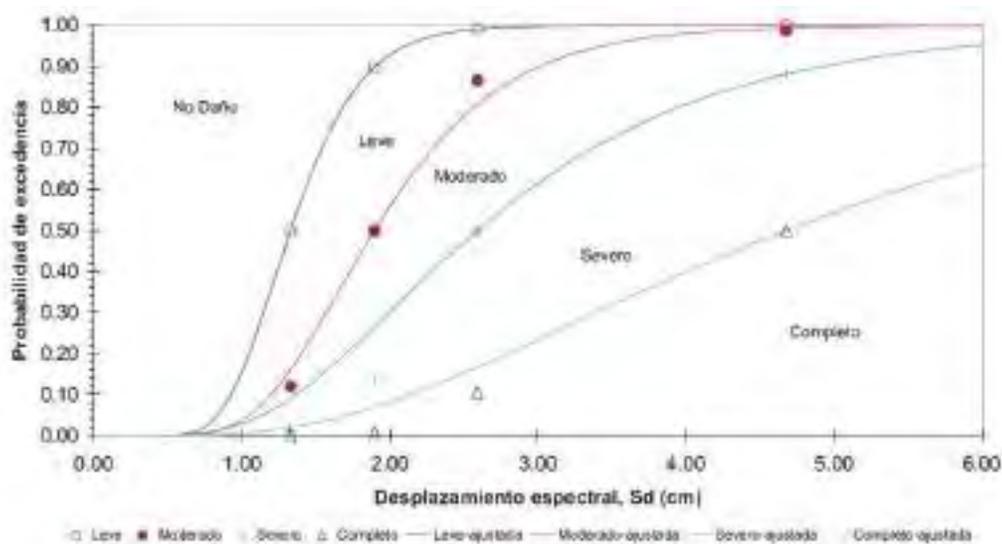


Figura 4: Curva de fragilidad típica. Fuente: Alex H. Barbat - Lluís Pujades. 2004

Una vez obtenidas las curvas de fragilidad, es posible construir matrices de probabilidad de daño y calcular un parámetro indicador del daño global de la estructura, el

cual puede ser utilizado para evaluar el riesgo sísmico de los edificios, construir escenarios de daño sísmico e indicar el nivel de daño que podría sufrir la estructura dependiendo de su tipología y del tipo de suelo donde está cimentada.

Para el caso del ejemplo presentado en la Figura 5 se ha elegido el desplazamiento espectral para representar la respuesta a la acción sísmica, y obtener las probabilidades correspondientes a cada estado de daño. En el manual HAZUS 99, estos valores se definen en términos de las derivas del edificio, sin embargo, sólo es necesario convertir estas derivas a desplazamientos espectrales. Las matrices de probabilidad de daño se obtienen a partir del punto de desempeño, el cual está relacionado con una demanda sísmica específica, la capacidad estructural, y las curvas de fragilidad correspondientes. Para esto es necesario entrar en las curvas de fragilidad con el parámetro que representa la respuesta estructural. Así, por ejemplo, la probabilidad de que se dé el estado de daño moderado para un desplazamiento espectral vendrá dada por la diferencia entre la probabilidad del umbral de daño moderado menos la probabilidad del umbral de daño severo, ver Figura 5.

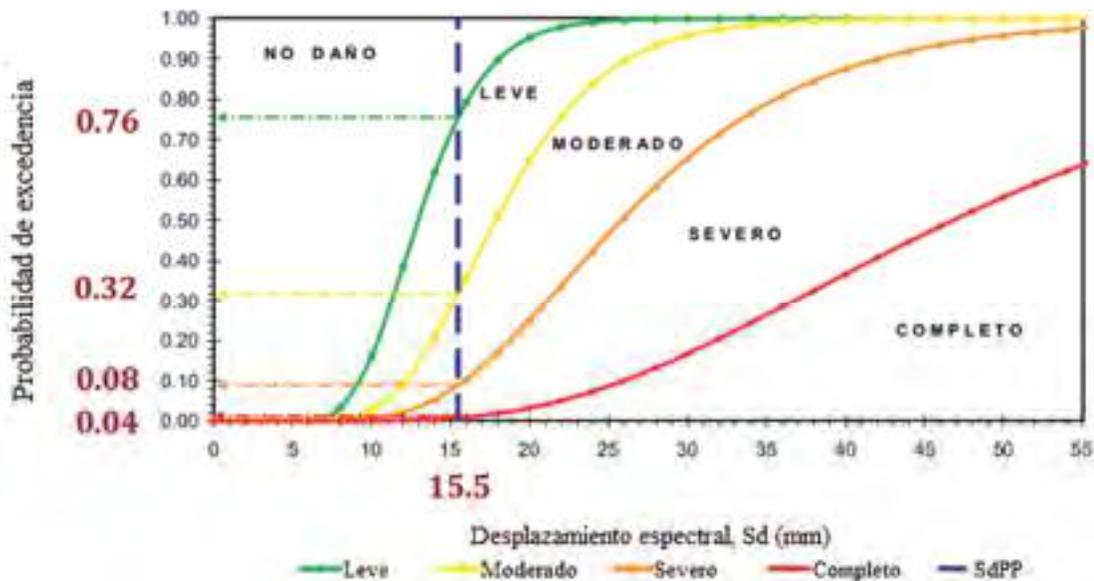


Figura 5: Procedimiento de lectura de los estados de daño sobre las curvas de fragilidad. Fuente: Moreno (2006).

Para entenderlo de forma más clara, y de acuerdo con lo representado en la Figura 5 se calculará la probabilidad de ocurrencia de daño para un desplazamiento espectral dado (S_dPP), en este caso 15.5mm, el proceso es como sigue:

Se traza una línea vertical, perpendicular al eje abscisas, que corresponde al desplazamiento espectral, y se interceptan con cada una de las curvas que representan los estados de daño. Para ver la probabilidad de “no daño” se traza una línea perpendicular al eje de ordenadas, que corresponde a la probabilidad de excedencia, desde el punto en el que la línea vertical interceptó a la curva de daño “leve”, y se calcula el valor del punto en que

interceptó al eje de ordenadas; luego la probabilidad de ocurrencia del estado de no daño viene dado por la diferencia entre 1 y 0.76, es decir 0.24, o sea 24%.

De la misma forma, para calcular la probabilidad de ocurrencia del estado de daño “leve” se calcula la diferencia entre el valor encontrado para el umbral de daño “moderado” y “leve” siendo estos 0.76 y 0.32 respectivamente, lo que da una probabilidad de 44%.

Para los estados de daño “moderado”, “severo” y “completo” se calcula de la misma manera, obteniéndose una probabilidad de 24%, 4% y 4% respectivamente.

Los puntajes estructurales básicos son afectados por unos modificadores que reflejan las características individuales del comportamiento ideal de cada estructura. Luego de identificar esas características la suma aritmética de los puntajes ofrecerá una puntuación final la misma que está comprendido en un rango de 0 a 7, donde el mayor puntaje indica un mejor comportamiento de la edificación.

2.4. Pasos de ejecución del PIVR

A continuación, se mostrarán los pasos que se deben seguir de forma ordenada a fin de implementar el proceso de evaluación con éxito.

2.4.1. Identificación de zona sísmica y selección del formato de recolección de datos.

El procedimiento propuesto comienza con la identificación de la zona sísmica en la que se encuentra emplazada la edificación. Hay tres regiones de sismicidad definidas: bajo (L), moderada (M) y alto (H).

Para seleccionar el formulario adecuado de recogida de datos, primero es necesario determinar la sismicidad de la región en la que se encuentra el área de la edificación a ser examinada, ésta puede ser determinada identificando los parámetros indicados en la Tabla 1. Para ingresar a la tabla se calculan los valores de aceleración espectral para un período de 0,2 segundos y un período de 1,0 segundo; luego, se multiplican los valores de aceleración espectral encontrados por 2/3 y se utilizan los criterios de la Tabla 1 para seleccionar la región de sismicidad apropiada.

Tabla 1: Tabla de identificación de la zona sísmica. Fuente: FEMA 154 (2002)

Región sísmica	Respuesta de la aceleración espectral	
	Periodo	
	Corto (0.2 segundos)	Largo (1.0 segundo)
Baja	Menos que 0.167g	Menos que 0.067g
Moderada	Mayor o igual a 0.167g pero menor que 0.50g	Mayor o igual a 0.067g pero menor que 0.20g
Alta	Mayor o igual a 0.50g	Mayor o igual a 0.20g

Nota: g = aceleración de la gravedad

2.4.2. Datos generales de la edificación

En la ficha de recolección se encuentra una sección destinada a registrar los datos generales de la edificación. Esta sección deberá ser completada al inicio del proceso de recolección, con esto se mantiene un orden, sobre todo si se cubre un área grande y se cuenta con un grupo numeroso de inspectores.

En la Figura 6 se muestra la hoja de registro de datos. En esta hoja se señala en color rojo el sector dónde se coloca la información básica de la edificación. Asimismo, se muestra dicha sección ampliada a fin de apreciarla apropiadamente. Los datos que se completan en esta sección son:

- Dirección
- Código postal
- Otros identificadores
- Número de pisos
- Inspector o ejecutante de la evaluación
- Área total estimada
- Nombre de la edificación
- Uso
- Año de construcción
- Fecha de diseño

The image shows a screenshot of a FEMA 154 (2002) form. A section of the form is highlighted in red, indicating the area for general building data. To the right of the screenshot is an enlarged view of this section, which contains the following fields:

- Dirección _____
- Código postal _____
- Otros identificadores _____
- Número de pisos _____ Año de construcción _____
- Evaluador _____ Fecha _____
- Total área planta (m²) _____
- Nombre de la edificación _____
- Uso _____

Figura 6: Ubicación de la sección de registro de datos generales de la edificación en la ficha de recolección. Fuente: FEMA 154 (2002)

2.4.3. Determinación de las fechas de adopción del código sísmico

Una de las cuestiones clave que deben abordarse en el proceso de evaluación es la determinación del año en el que los códigos sísmicos fueron inicialmente adoptados y aplicados por la jurisdicción local, y el año en el que dichos códigos fueron mejorados significativamente. Este último año se conoce como año de referencia, “Benchmark Post”. En las regiones de alta y moderada sismicidad, las puntuaciones estructurales básicas de riesgo para los diferentes tipos de edificios propuestos por el FEMA fueron calculadas para

los edificios construidos después de la aprobación inicial de los códigos sísmicos, pero antes de la adopción de los códigos sustancialmente mejorados. Para estas regiones, se proporcionan modificadores de puntuación designados como "Pre-Code" para los edificios construidos antes de la adopción de códigos sísmicos; y "Benchmark Post", para los edificios construidos después de la adopción de códigos sustancialmente mejorados.

En las regiones de sismicidad baja, las puntuaciones estructurales básicas encontradas en el FEMA-154 se calcularon para los edificios construidos antes de la aprobación inicial de los códigos sísmicos. Para los edificios en estas regiones, el modificador designado como "Pre-Code" no es aplicable (N/A), y el modificador designado como "Benchmark Post" es aplicable para los edificios construidos después de la adopción de códigos sísmicos. En la Tabla 2 se puede apreciar un listado de fechas de adopción de códigos sísmicos en los tipos de edificaciones propuestos por la FEMA en el PIVR.

Tabla 2: Listado de fechas de adopción de códigos sísmicos en los tipos de edificaciones, para edificaciones de Estados Unidos. Fuente: FEMA 154 (2002).

TIPO DE ESTRUCTURA		Disposiciones de diseño sísmico			
		BOCA	SBCC	UBC	NEHRP
W1	Estructura de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con área construida menor o igual a 465 metros cuadrados	1992	1993	1976	1985
W2	Estructura de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con área construida de más de 465 metros cuadrados	1992	1993	1976	1985
S1	Edificios con pórticos de acero.	**	**	1994	**
S2	Edificios arriostrados con pórticos de acero.	1992	1993	1988	1991
S3	Construcciones livianas de metal.	*	*	*	*
S4	Edificios con estructura de acero con muros de corte de concreto.	1992	1993	1976	1985
S5	Edificios con estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.	*	*	*	*
C1	Edificios con pórticos de concreto.	1992	1993	1976	1985
C2	Edificios con muros de corte de concreto.	1992	1993	1976	1985
C3	Edificios de concreto reforzados y rellenos con muros de mampostería.	*	*	*	*
PC1	Edificios Tilt-up.	*	*	1997	*
PC2	Estructuras de concreto prefabricadas.	*	*	*	*
RM1	Edificios de mampostería reforzada con diafragma flexible.	*	*	1997	*
RM2	Edificios de mampostería reforzada con diafragma rígido.	1992	1993	1976	1985
URM	Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.	*	*	1991	*
* No cuenta con Año de referencia.					
**Se debe contactar al departamento local de construcción para conocer el año de referencia.					
BOCA: Administradores de código y edificaciones oficiales, Código Nacional de Construcción.					
SBCC: Congreso Código de Construcción del Sur, Standard Código de Edificación.					
UBC: Conferencia Internacional de la Construcción, Código Uniforme de Construcción.					
NEHRP: Programa Nacional de Reducción del riesgo de terremoto, FEMA 302 - Disposiciones recomendadas para el Desarrollo de la normativa sísmica para edificios nuevos.					

En la determinación de los modificadores “Pre-Code” y “Benchmark post” en las edificaciones en el Perú se debe tener en cuenta la evolución de la norma sísmica peruana, esto se analizará más adelante de forma más amplia en el Capítulo 3.

2.4.4. Determinación del año de construcción

Esta información es uno de los elementos clave del procedimiento ya que la edad de la edificación está vinculada directamente a las prácticas de diseño y construcción. En consecuencia, la edad puede ser un factor en la determinación del tipo de construcción y por lo tanto puede afectar los resultados finales. Esta información no está generalmente disponible en el sitio lo cual implica que antes de realizar el proceso de recolección de datos en campo se debe contar con ella. Puede que no exista un solo "año de construcción" ya que algunas partes de la estructura pudieron haber sido diseñadas y construidas antes que otras. Si éste fuera el caso, las fechas de construcción para cada porción pueden ser indicadas en la sección de comentarios o en el dibujo.

Cabe tener en cuenta también que el edificio pudo haber sido diseñado varios años antes de que se construyera, con un código anterior y con diferentes requisitos para los detalles sísmicos. Si la información sobre el año de construcción no está disponible se puede hacer una estimación aproximada de la edad sobre la base del estilo arquitectónico y el uso del edificio.

2.4.5. Identificación del número de Niveles

El daño que puede experimentar la estructura está relacionado con su altura. En suelos blandos, un edificio alto puede experimentar un periodo de vibración considerablemente mayor y más agitación que un edificio más bajo del mismo tipo. El número de pisos es un buen indicador de la altura de un edificio (aproximadamente de 2.70 a 3.00 metros de altura por piso para uno residencial, y de 3.60 metros de altura por piso para uno comercial o de oficina).

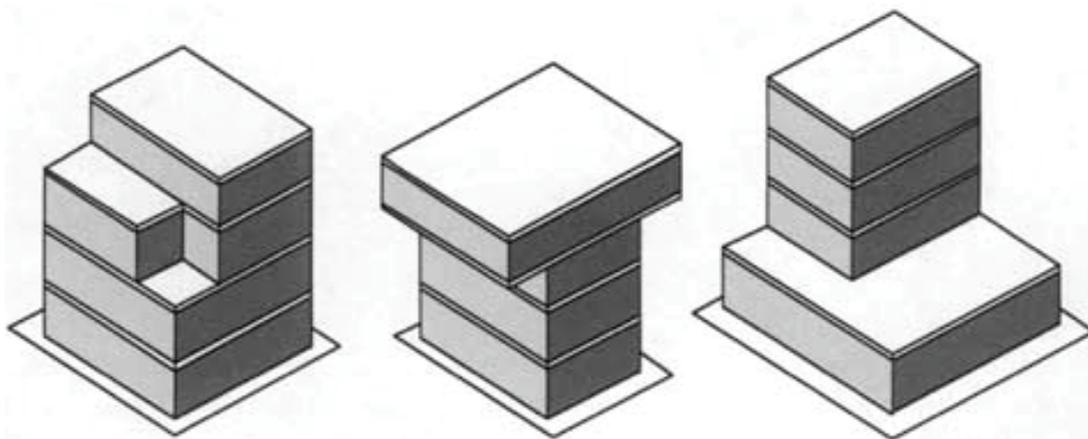


Figura 7: Ejemplos de variación en planta y altura en los pisos en una edificación. Fuente: PAHO (Pan American Health Organization) - 2000

Contar el número de pisos puede no ser un asunto sencillo si el edificio está construido en una colina o si tiene varios niveles diferentes de techo. Como regla general se debe considerar el mayor número de pisos contado desde el piso inferior hasta la parte superior de la edificación.

Además, un edificio puede contar con una distribución vertical irregular, cómo la que se observa en la Figura 7 y tener pisos a desnivel. Cuando se encuentre con este tipo de configuraciones se debe utilizar la sección de comentarios y el sector destinado al dibujo de la edificación para indicar las variaciones en la planta y en la altura de cada piso.

2.4.6. Elaboración de esquema global de la planta y elevación, y fotografiar la edificación.

Es necesario elaborar un croquis de la planta y elevación del edificio en el formato de registro de datos. En este croquis se deben incluir las dimensiones principales del edificio y sus características significativas como la distribución de planta, elevación e irregularidades.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazard
FEMA 154 (2002) (Data Collection Form)

HIGH Seismicity

Address: _____ City: _____
 Sub-Address: _____
 No. Stories: _____ Max. Height: _____
 Occupancy: _____
 Equal Floor Area (sq. ft.): _____
 Building Name: _____
 Use: _____

FOOTPRINT

Category	Risk	Type		Final Score	
		1	2	1	2
Seismicity	High	1	2	1	2
Occupancy	Residential	1	2	1	2
Equal Floor Area	Yes	1	2	1	2
Building Name	Yes	1	2	1	2
Use	Residential	1	2	1	2

SEISMIC SCORE, INCORPORATING FINAL SCORE 2

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Seismicity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
High Rise (4 or 7 stories)	NA	NA	+0.2	+0.4	NA	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	NA	+0.2	+0.4	+0.4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
High Rise (> 7 stories)	NA	NA	+0.8	+0.8	NA	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.3	NA	+0.4	NA	+0.6	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	NA	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	NA	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	NA	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Ph-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	NA	+1.8	NA	+1.4	+2.4	NA	+2.4	NA	+2.8	NA	+2.8	+2.8	NA	NA	NA	NA
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8

FINAL SCORE S

COMMENTS

Detailed Evaluation Required
YES NO

Scale:

Figura 8: Ubicación del esquema en planta y elevación de la edificación en la ficha de recolección. Fuente: FEMA 154 (2002)

Los dibujos son especialmente importantes ya que revelan los atributos del edificio para el evaluador, forzándolo a prestar más atención a detalles que de otra forma puedan pasar desapercibidos en un primer instante. En otras palabras, el evaluador tras realizar el

dibujo de la edificación es llevado a notar sistemáticamente todos los aspectos de la construcción.

El croquis debe incluir la ubicación del edificio en el sitio y las distancias a los edificios adyacentes. Si todas las partes del edificio son diferentes, la elevación debe ser esbozada por cada lado, de lo contrario indicar que el dibujo es simétrico de todos los lados.

El croquis debe hacer énfasis a las características especiales tales como fracturas existentes o problemas de configuración. El croquis deberá ser incluido en la ficha de recolección, en la sección que corresponde. De la misma manera se incluirán fotografías referenciales de la edificación a fin de exponer los detalles estructurales significativos que ésta posea.

En las Figura 8 y Figura 9 se muestra la hoja de registro señalando las zonas dónde se coloca la información referente al croquis de la elevación y planta, y la fotografía de la edificación, respectivamente. Asimismo, se muestran dichas secciones ampliadas a fin de apreciarlas apropiadamente.

Figura 9: Ubicación del registro fotográfico de la edificación en la ficha de recolección. Fuente: FEMA 154 (2002)

2.4.7. Identificación del tipo de suelo

Los seis tipos de suelo se pueden apreciar en la Tabla 3, con los parámetros medibles que permiten definir e identificar cada tipo de suelo de forma apropiada.

De acuerdo con lo indicado en el manual FEMA 154, si no hay ninguna base para clasificar el tipo de suelo, se asumirá como tipo de suelo al Tipo E. Sin embargo, para una edificación de un piso o dos, con una altura de piso a techo igual o inferior a 2.5 metros, puede asumirse un tipo suelo de Tipo D.

Tabla 3: Parámetros de clasificación de los suelos. Fuente: FEMA 154 (2002)

Parámetros de clasificación de los suelos				
Tipo		Velocidad de onda de corte en los primeros 30 m	Número de golpes estándar	Resistencia al corte no drenada sobre los primeros 300m
		V_s [m/s]	N [1]	S_u [Kg/m²]
A	<i>Roca dura</i>	$V_s > 1520$		
B	<i>Roca</i>	$760 < V_s < 1520$		
C	<i>Rocas Blandas y suelos muy densos</i>	$366 < V_s < 760$	$N > 50$	$S_u > 9760$
D	<i>Suelo rígido</i>	$183 < V_s < 366$	$15 < N < 50$	$4880 < S_u < 9760$
E	<i>Suelo blando</i>	$V_s < 183$	$N < 15$	$S_u < 4880$
		Presencia de más de 30 m de suelo blando, $IP > 20$, $w > 40\%$		$S_u < 2440$
F	<i>Suelo pobre</i>	<p>Estos suelos requieren evaluación específica del sitio. Dentro de esta clasificación se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Suelos vulnerables a la falla potencial o colapso bajo cargas sísmicas, tales como suelos licuables, arcillas altamente sensibles, suelos débilmente cementados. b) Turbas o arcillas altamente orgánicas, $h > 3$ metros de turba o arcilla altamente orgánica. c) Arcillas de muy alta plasticidad ($h > 7.5$ metros con $IP > 75$). d) Más de 36 metros de arcillas blandas o medianamente rígidas. 		

h altura del suelo

IP Índice de plasticidad

w contenido de humedad

En la Figura 10 se muestra el sector donde se selecciona la información del tipo de suelo en la ficha de recolección de datos. También se muestra dicha sección ampliada a fin de apreciarla apropiadamente.

TIPO DE SUELO					
A	B	C	D	E	F
Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Dura	prom.	denso	rigido	blando	pobre

Figura 10: Sección de selección del tipo de suelo de la edificación. Fuente: FEMA 154 (2002)

2.4.8. Identificación de los posibles peligros de falla en elementos no estructurales.

La presencia de elementos tales como chimeneas, parapetos, cornisas, chapas, aleros y revestimientos pesados puede plantear riesgos para la seguridad si no están adecuadamente anclados al edificio. Los elementos no estructurales con mayor probabilidad de riesgos de falla son:

- **Chimeneas no reforzadas:** Las chimeneas de albañilería no reforzada son comunes en edificaciones de albañilería antiguas y viviendas de estructura de madera. A menudo están inadecuadamente ligadas a la casa y pueden caer cuando son fuertemente sacudidas. En caso de duda sobre si una chimenea es reforzada o no reforzada, se asume que es no-reforzada.
- **Parapetos:** Los parapetos arriostrados son difíciles de identificar, éstos a menudo existen en tres lados del edificio.
- **Revestimiento pesado:** Grandes elementos de revestimiento pesado, generalmente, de concreto prefabricado o piedra cortada, pueden caerse del edificio durante un terremoto si no cuentan con anclaje apropiado.

- Aleros: Los aleros en los techos existen a menudos en casas de madera, se encuentran con frecuencia inadecuadamente conectados a la estructura y además son susceptibles al deterioro y podredumbre, lo que provoca que se puedan caer ante fuertes sacudidas.
- Balcones: Los Balcones existen a menudo en los exteriores de las edificaciones de concreto, con frecuencia presentan una reja de hierro, el problema de estos elementos es el insuficiente refuerzo y el mal anclaje entre el balcón y la edificación, lo que podría provocar un desplome de éste.

En la Figura 11 se pueden apreciar algunos ejemplos de estos elementos no estructurales con probabilidad de falla:



a) Chimeneas no reforzadas



b) Parapetos



c) Revestimientos pesados



d) Alerones de madera



e) Balcones

Figura 11: Elementos no estructurales con probabilidad de falla. Fuentes diversas.

En la Figura 12 se muestra el sector en donde se coloca la información que se menciona en la ficha de registro de datos, asimismo se muestra dicha sección ampliada a fin de apreciarla apropiadamente.

Report/Visual Summary of Buildings for Potential Seismic Hazards
 FEMA-154 Data Collection Form

WSDI Severity

Address: _____
 City: _____
 State: _____
 Zip: _____
 Building Name: _____
 Use: _____

SECTION 4

Element	Material	Height	Area	Notes
Chimeneas no reforzadas				
Parapetos				
Revestimiento				
Otros				

SECTION 5

WSDI Severity

Chimeneas no reforzadas Parapetos Revestimiento Otros

Figura 12: Sección de identificación y registro de elementos no estructurales con potencial de falla. Fuente: FEMA 154 (2002)

2.4.9. Identificación del sistema estructural.

El PIVR se basa en la premisa de que la persona que realiza la inspección de campo es capaz de determinar el sistema estructural de la edificación, asociado a uno de los quince tipos estructurales definidos en el manual, que se describen de manera breve a continuación:

a) W1: Estructuras de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con un área menor o igual a 465 metros cuadrados.

- Los muros son contruidos típicamente con elementos verticales de madera.
- Los acabados exteriores más comunes son el revestimiento de madera, metal o estuco.
- Históricamente los edificios de este tipo han actuado muy bien en eventos sísmicos debido a las cualidades inherentes del sistema estructural y porque son ligeros y de poca altura.
- Pueden aparecer grietas inducidas por las fuerzas sísmicas en el yeso y estuco (si los hay), pero se clasifican como daños no estructurales.
- Los daños estructurales más comunes en edificios antiguos de este tipo de estructuras son debidos a una falta de conexión entre la superestructura y la base, y a soporte inadecuado de las chimeneas.

b) W2: Estructuras de madera liviana, con área de edificación mayor a 465 metros cuadrados.

- Estas edificaciones tienen las mismas características inherentes del tipo W1, la variante principal es el área.
- Son edificaciones destinadas a apartamentos, edificios comerciales o estructuras industriales, generalmente de uno a tres pisos; y rara vez tan altas como de seis pisos.

c) S1: Edificios con pórticos de acero.

- Las típicas estructuras de acero, momento resistente, por lo general tienen anchos de vano similares tanto en la dirección transversal y longitudinal, cuyas medidas están entre 6 y 9 metros.
- Los diafragmas de entrepiso suelen ser de concreto, a veces sobre cubiertas de acero. Este tipo estructural se utiliza para edificios comerciales, institucionales y públicos.
- En los terremotos de Northridge (1994) y Kobe (1995) quedó en manifiesto que las uniones momento resistentes en los edificios eran vulnerables a un daño severo ya que se generaron rupturas en las conexiones entre las vigas y columnas.

d) S2: Edificios arriostrados con pórticos de acero.

- Estos edificios son reforzados con miembros diagonales, que por lo general no pueden detectarse desde el exterior del edificio.

- Los pórticos arriostrados se utilizan a veces en edificios largos y estrechos debido a su baja rigidez lateral.
- Desde el exterior del edificio es difícil saber la diferencia entre pórticos de acero arriostrados y pórticos de acero con muros de corte.
- En los terremotos recientes, se encontró que los pórticos arriostrados también presentan daños en las conexiones, especialmente en los puntos más bajos de la edificación.

e) S3: Construcciones livianas de metal.

- El sistema estructural por lo general consta de pórticos momento resistentes en la dirección transversal y pórticos simples en la dirección longitudinal.
- En algunas regiones, las construcciones livianas de metal pueden tener muros de albañilería de baja altura.
- La mayoría de estos edificios no tienen acabados interiores y su esqueleto estructural puede verse fácilmente.
- La insuficiente capacidad de los arriostres a tracción puede dañar la construcción durante los terremotos.
- Las conexiones inadecuadas a una losa de cimentación pueden permitir que las columnas del edificio fallen, deslizándose sobre la losa.
- Puede ocurrir pérdida del revestimiento.

f) S4: Edificios con estructura de acero con muros de corte de concreto.

- Las cargas laterales son resistidas por muros de corte de concreto, que normalmente rodean a los núcleos de los ascensores y escaleras, y están recubiertos por los materiales de acabado.
- Los espesores de los muros se pueden determinar mediante una inspección a la edificación.
- Espesores de muro de más de 15 centímetros por lo general indican un muro de concreto.
- Las grietas pueden ocurrir alrededor de los vanos en los muros de corte de concreto durante los terremotos.

g) S5: Edificios con estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.

- Las columnas de acero son relativamente delgadas y pueden estar ocultas en los muros.
- Por lo general, la albañilería es visible desde el exterior y entre las ventanas.
- Algunas partes de los muros sólidos se alinean verticalmente.
- Los muros de relleno tienen por lo general espesores conformados por dos o tres hiladas de ladrillo.
- Los enchapes de albañilería alrededor de columnas o vigas suelen estar mal anclados y se desprenden fácilmente.

h) C1: Edificios con pórticos de concreto.

- Todos los pórticos de concreto expuestos son de concreto armado (excepto los pórticos de acero revestido de concreto).
- Gran espaciado entre los estribos de las columnas puede conducir a una falta de confinamiento de concreto y generar falla por corte.
- La rigidez relativamente baja del pórtico puede dar lugar a daños no estructurales sustanciales.
- Puede producirse daño en la columna debido a golpes con los edificios adyacentes.

i) C2: Edificios con muros de corte de concreto.

- Los edificios con muros de corte de concreto se construyen con concreto fabricado en el sitio de la obra, mostrando evidencias del encofrado en los elementos estructurales terminados.
- El espesor de los muros de corte oscila entre 15 a 25 centímetros.
- Estos edificios generalmente se comportan mejor que los edificios de pórticos de concreto.
- Son más pesados que los edificios de pórticos de acero, pero más rígidos debido a los muros de corte.
- Los daños observados comúnmente en los edificios más altos son causados por las discontinuidades verticales fuertes y por la configuración irregular.

j) C3: Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de albañilería.

- Las columnas y vigas de concreto pueden ser del mismo espesor del muro y pueden ser expuestas para su visualización.
- Por lo general, la albañilería es visible entre las ventanas.
- Algunas partes sólidas de los muros se alinean verticalmente.
- Los muros de relleno tienden a flexionarse y caer fuera de plano cuando se somete a intensas fuerzas perpendiculares a su plano.
- La albañilería alrededor de columnas o vigas es usualmente mal anclada y se desprende fácilmente.

k) PC1: Edificios Tilt-up

- La denominación Tilt-up se refiere a un tipo de edificaciones que se ensamblan y se izan en campo.
- Las estructuras tipo Tilt-ups son típicamente de uno o dos pisos de altura, y son básicamente de planta rectangular.
- Los muros exteriores se fabrican en el sitio de obra cerca a su lugar de emplazamiento final y luego se izan del suelo hasta su posición final, y se conectan a la losa del suelo.
- El techo puede ser un diafragma de madera contrachapada realizado en vigas de madera o madera laminada con una cubierta de acero ligero y sistema de viguetas apoyadas en el interior del edificio en columnas de tubo de acero.

l) PC2: Estructuras de concreto prefabricadas.

- Los pórticos prefabricados de concreto son, en esencia, elaborados con elementos netamente industriales, y están conformados básicamente de columnas y vigas.
- Las estructuras a menudo emplean concreto o albañilería reforzada (ladrillo o bloque) en muros cortantes.
- El desempeño de la edificación ante eventos sísmicos es muy impredecible y a veces deficiente ya que depende de la forma en que la estructura es ensamblada.
- Estas edificaciones experimentan los mismos tipos de daños que en edificaciones de concreto con muros de corte (C2, Edificios con muros de corte de concreto).
- Las conexiones pobremente diseñadas con elementos prefabricados pueden fallar.
- La pérdida de soporte vertical puede ocurrir debido a la inadecuada superficie de apoyo y a la conexión insuficiente entre el suelo y columnas.
- Se puede producir la corrosión de los conectores de metal entre los elementos prefabricados.

m) RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible; y RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.

- Los muros son de ladrillo o de bloques de concreto.
- El espesor del muro suele ser de 20 a 30 centímetros.
- La inspección interior es necesaria para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos.
- El sistema de entrepiso más común puede estar conformado por madera, acero ligero y prefabricado de concreto.
- Estos edificios se comportan bien en sismos moderados si se refuerzan adecuadamente.
- Las malas prácticas de construcción pueden resultar en muros sin refuerzo, que fallarán fácilmente.

n) URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.

- Estos edificios frecuentemente usan un mortero débil de cal para unir las unidades de albañilería.
- Los arcos de ladrillo son a menudo una característica arquitectónica que puede ser un indicador de la edad de la edificación.
- También se utilizan dinteles de acero y piedra.
- La albañilería no reforzada por lo general muestra amarre de cabeza en la superficie del muro.
- El desempeño de este tipo de construcción es deficiente debido a la falta de anclaje de los muros a los pisos y techos, y a la presencia de mortero débil y vanos estrechos entre las aberturas de ventanas.

Las puntuaciones estructurales básicas para cada tipo de edificación aparecen en cada formulario de registro de datos, tal como se puede apreciar en la Figura 13, en la parte inferior de la hoja de registro de datos.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH																																																																																																																																																																																											
												Score: _____																																																																																																																																																																															
Address: _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____																																																																																																																																																																																											
OCCUPANCY			SOIL			TYPE						FALLING HAZARDS																																																																																																																																																																															
Assembly	Child	Office	Number of Persons	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																																																																																																																																														
Commercial	Historic	Residential																												1-10	11-100	Hard Rock	Mod. Rock	Soft Soil	Stiff Soil	Loose Soil	Unconsolidated	Fans/delta	Clay/clay	Other																																																																																																																																																			
Emergency Services	Industrial	School	101-1000	1000+																																																																																																																																																																																							
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE S																																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Modifier</th> <th>W1</th> <th>W2</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>S5</th> <th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th> <th>PC1</th> <th>PC2</th> <th>RM1</th> <th>RM2</th> <th>URM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Red Flag (4 to 7 stories)</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>+0.2</td> <td>+0.3</td> <td>NA</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.4</td> <td>+0.2</td> <td>NA</td> <td>+0.2</td> <td>+0.4</td> <td>+0.3</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>High Rise (> 7 stories)</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>+0.5</td> <td>+0.7</td> <td>NA</td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> <td>+0.5</td> <td>NA</td> <td>+0.4</td> <td>+0.8</td> <td>+0.6</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Vertical Irregularity</td> <td>-0.5</td> <td>-0.0</td> <td>-0.0</td> <td>-1.5</td> <td>NA</td> <td>0.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-0.0</td> <td>NA</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td>Plan Irregularity</td> <td>-0.5</td> <td>-0.0</td> <td>-0.3</td> <td>-0.5</td> <td>-0.0</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>Penetration</td> <td>0.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.0</td> <td>NA</td> <td>0.0</td> <td>-0.2</td> <td>-1.0</td> <td>-0.2</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Precast/Concrete</td> <td>+0.0</td> <td>+0.0</td> <td>+1.0</td> <td>+1.0</td> <td>NA</td> <td>+1.0</td> <td>NA</td> <td>+1.0</td> <td>+0.0</td> <td>NA</td> <td>+0.4</td> <td>NA</td> <td>+0.0</td> <td>+0.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Soil Type C</td> <td>0.0</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Soil Type D</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> </tr> </tbody> </table>																												Modifier	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	Red Flag (4 to 7 stories)	0.0	0.0	+0.2	+0.3	NA	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	NA	+0.2	+0.4	+0.3	0.0	High Rise (> 7 stories)	NA	NA	+0.5	+0.7	NA	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.5	NA	+0.4	+0.8	+0.6	NA	Vertical Irregularity	-0.5	-0.0	-0.0	-1.5	NA	0.0	-1.0	-1.5	-1.0	-0.0	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	Plan Irregularity	-0.5	-0.0	-0.3	-0.5	-0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Penetration	0.0	-1.0	-1.0	-0.0	NA	0.0	-0.2	-1.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Precast/Concrete	+0.0	+0.0	+1.0	+1.0	NA	+1.0	NA	+1.0	+0.0	NA	+0.4	NA	+0.0	+0.4	NA	Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	Soil Type D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8
Modifier	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM																																																																																																																																																																												
Red Flag (4 to 7 stories)	0.0	0.0	+0.2	+0.3	NA	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	NA	+0.2	+0.4	+0.3	0.0																																																																																																																																																																												
High Rise (> 7 stories)	NA	NA	+0.5	+0.7	NA	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.5	NA	+0.4	+0.8	+0.6	NA																																																																																																																																																																												
Vertical Irregularity	-0.5	-0.0	-0.0	-1.5	NA	0.0	-1.0	-1.5	-1.0	-0.0	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																																																																																																																																																																												
Plan Irregularity	-0.5	-0.0	-0.3	-0.5	-0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																																																																																																																																												
Penetration	0.0	-1.0	-1.0	-0.0	NA	0.0	-0.2	-1.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																																																																												
Precast/Concrete	+0.0	+0.0	+1.0	+1.0	NA	+1.0	NA	+1.0	+0.0	NA	+0.4	NA	+0.0	+0.4	NA																																																																																																																																																																												
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																																																																																																																																												
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8																																																																																																																																																																												
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8																																																																																																																																																																												
FINAL SCORE S															Detailed Evaluation Required																																																																																																																																																																												
COMMENTS															YES NO																																																																																																																																																																												

Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
	(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)	(FD)	(RC)				
Puntaje estructural básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6

Figura 13: Sección de identificación del sistema y puntuación estructural básica. Fuente: FEMA 154 (2002)

La parte más importante del PIVR es la tarea de identificar el sistema estructural desde el exterior. Una vez hecho esto, el evaluador no tiene más que identificar en el formulario la columna que corresponde a dicho tipo de edificación y seleccionar mediante un círculo su puntaje estructural básico.

Idealmente, el sistema estructural será identificado antes de la inspección de campo, sin embargo, en caso de que esto no sea posible, o la información no permita identificar dicho sistema, se realizará en campo la identificación mediante el escudriñamiento de ésta desde el exterior. En caso de que realizado esto aún fuera difícil identificar el sistema de

resistencia lateral, el evaluador deberá ingresar dentro de la edificación para verificar dicho sistema de resistencia. Si aún persiste la duda acerca de la identificación del sistema se deberá eliminar por descarte los sistemas poco probables y analizar la estructura para todos los otros sistemas que pudieran ser probables, y seleccionar el menor puntaje obtenido de los análisis.

2.4.10. Identificación de los atributos y modificadores de la edificación.

La severidad del impacto en el desempeño estructural varía con el tipo de sistema estructural de carga, por lo que los modificadores de puntuación asignada dependen del tipo de edificio. Estos modificadores se encuentran en la matriz, en la parte inferior de la hoja de recolección de datos, tal como se muestra en la Figura 14.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

HIGH Seismicity

Scale

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers _____

No. Stories _____ Year Built _____

Screener _____ Date _____

Total Floor Area (sq. ft.) _____

Building Name _____

Use _____

PHOTOGRAPH

OCCUPANCY	SEIS.		TYPE										FALLING HAZARD			
	U	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Commercial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Other	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

BASELINE TYPE	BASE SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
	W	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.2	-0.2	+0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	-0.6	
Gran altura (>7 pisos)	N/A	N/A	+1.0	+1.0	N/A	+1.0	+1.2	+1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A	
Irregularidad vertical	-4.0	-3.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5	
Irregularidad de planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Pre-Code	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Post-Benchmark	0.0	+0.2	+0.4	+0.6	N/A	+0.6	N/A	+0.6	+0.4	N/A	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	
Suelo tipo D	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.8	-1.4	

PUNTAJE FINAL, S

Figura 14: Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural. Fuente: FEMA 154 (2002)

Conforme se desarrolla la inspección de campo se deberá ir marcando estos modificadores de puntuación de acuerdo con las características particulares de la edificación. Si un atributo no se aplica a un tipo de edificio dado, el modificador de puntuación se indica con "N/A", que indica "no aplicable". Asimismo, en esta Figura se aprecia la fila donde se calcula el puntaje final "S" de la edificación. El proceso para determinar el puntaje final se describe más adelante en el Acápito 2.4.11

Esta sección analiza los principales factores que afectan significativamente el desempeño estructural de las edificaciones durante los terremotos por medio de la asignación de los modificadores de puntuación. Se debe tener en cuenta que el nivel de daño en las edificaciones varía con el tipo de sistema estructural; por tanto, los modificadores dependen del tipo de edificio.

A continuación, se describen los atributos de la edificación y se presentan algunos criterios de cómo reconocer cada atributo desde el exterior.

a) Los edificios de mediana altura (4 a 7 pisos)

Si el edificio tiene entre 4 a 7 pisos, se considera un edificio de mediana altura, y el modificador de puntuación asociado a este atributo se deberá seleccionar en la hoja de registro de datos.

b) Los edificios altos (más de siete pisos)

Si el edificio tiene 8 o más pisos, se considera un edificio de gran altura, y se deberá seleccionar el modificador de puntuación asociado a este atributo en la hoja de registro de datos.

c) Irregularidad Vertical

Este atributo se aplica a todos los tipos de edificios. La irregularidad vertical es una característica difícil de definir, y se requiere de mucho criterio y experiencia para su identificación. En la Figura 15 se pueden apreciar ejemplos esquemáticos de irregularidad vertical en edificaciones, las flechas indican las zonas con mayor probabilidad de falla.

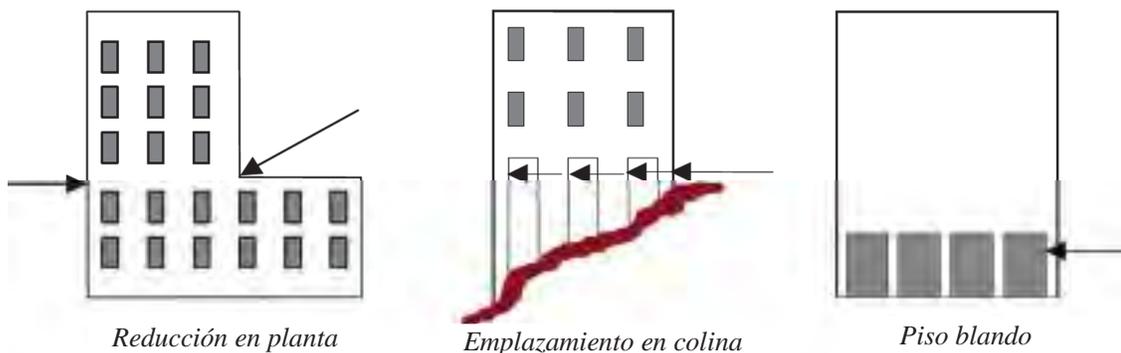


Figura 15: Ejemplos de irregularidad vertical en edificaciones. Fuente: FEMA 154 (2002)

Haciendo una breve descripción de los ejemplos de irregularidad vertical en las edificaciones que se observan en la Figura 15 se puede afirmar lo siguiente:

- La edificación tiene al menos una falta de alineamiento vertical en alguno de sus muros.
- La edificación se encuentra en una colina empinada y al menos el edificio se cuenta con una diferencia de altura de un piso a lo largo de la colina, tal como se observa en la figura. Esto podría causar que la rigidez horizontal a lo largo de la parte inferior sea diferente a la de la parte de arriba. Además, en la dirección de la pendiente, las columnas cortas podrían estar sometidas a fuerzas de cizallamiento sísmico y éstas podrían fallar.
- La edificación tiene piso blando. Esto se da cuando la rigidez de una planta es menor que la rigidez de la mayoría de los pisos. Un ejemplo de esto podría ser una edificación con muros de corte o muros de relleno que no son continuos. Los pisos blandos son difíciles de verificar sin el conocimiento de cómo fue diseñada la edificación y de cómo se transmiten las fuerzas laterales de un piso a otro; sin embargo, en caso de duda lo mejor es ser conservador y considerar el escenario más perjudicial.
Por otra parte, se debe tener presente que un piso puede ser piso blando en una dirección y en la otra no.

d) Irregularidad de planta

La irregularidad de planta se da en edificios con esquinas entrantes, donde es muy probable que ocurran daños en la edificación. Las edificaciones con buena resistencia en una dirección y no en la otra, podrían inducir efectos torsionales en la edificación. Los edificios con esquinas entrantes incluyen aquellos con planta de formas E, L, T, U, o en forma de cruz.

La irregularidad de planta puede presentarse con mucha frecuencia en edificaciones situadas en las esquinas ya que en los lados adyacentes a las calles se observan con mucha frecuencia grandes ventanas y puertas, mientras que en los otros son sólidos.

De la misma forma, edificaciones con forma de cuña o con planta triangular tampoco satisfacen la condición de planta regular y deberán ser considerados como irregulares.

En la Figura 16 se pueden apreciar ejemplos esquemáticos de irregularidad de planta en edificaciones, las flechas indican las zonas con mayor probabilidad de falla.

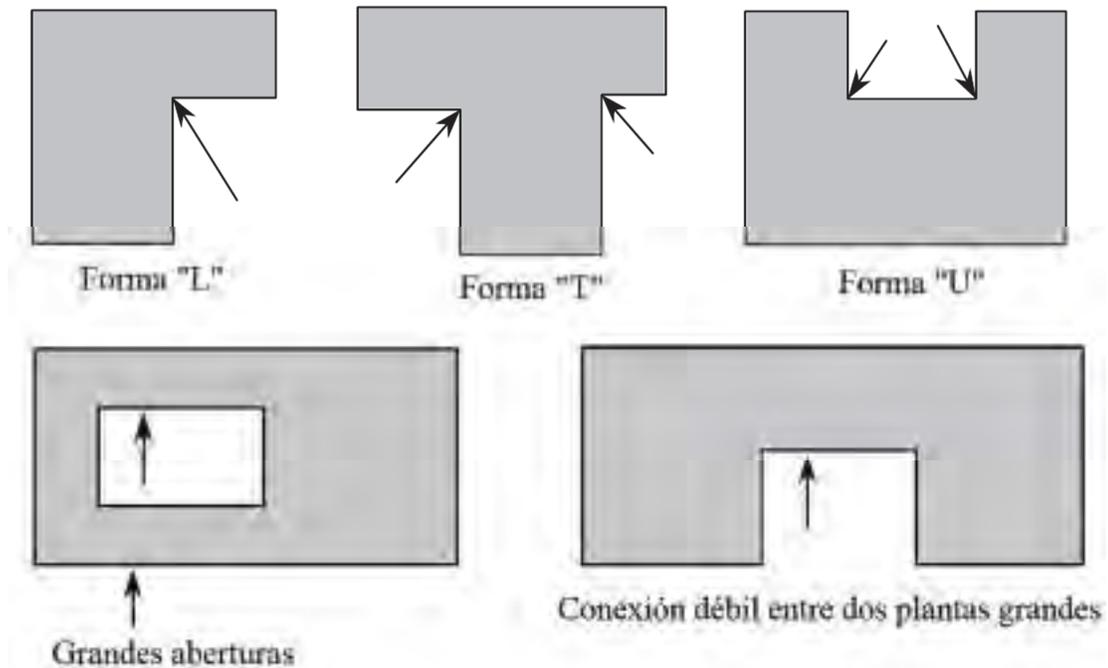


Figura 16: Ejemplos de irregularidad de planta en edificaciones. Fuente: FEMA 154 (2002)

e) "Pre-Code" y "Benchmark-post"

Estos modificadores están relacionados al diseño y la ejecución de las estructuras acorde a los códigos sísmicos.

El caso del factor "Pre-code", éste es aplicable a edificaciones emplazadas en zonas de alta y moderada sismicidad y que fueron construidas antes de la definición de un adecuado código de diseño sísmico.

El año en que los códigos sísmicos fueron aprobados inicialmente y aplicados para los diferentes tipos de edificios debería haber sido identificado como parte del proceso de recopilación de datos previo a la inspección de campo. Debido al método utilizado para calcular las puntuaciones estructurales básicas, este modificador no se aplica a los edificios de la región de baja sismicidad.

En cambio, el "Benchmark-post" es un modificador aplicable a edificios diseñados después de la implementación de mejoras en el código sísmico. El año de referencia para las edificaciones debería haber sido identificado apropiadamente previo a la realización de la evaluación con el PIVR.

En la Figura 17 se muestra un esquema que permite identificar cómo utilizar apropiadamente los modificadores "Pre-Code" y "Benchmark post".

Zona sísmica	Factor que aplica de acuerdo a la época de construcción de las		
	Antes de la implementación de la norma sísmica	Después de la adopción de normas sísmicas	Después de la aplicación de una mejora sustancial de la norma sísmica
Alta	Pre-code	--	Benchmark-post
Media	Pre-code	--	Benchmark-post
Baja	--	Benchmark-post	Benchmark-post

Figura 17: Guía para identificación de los modificadores “Pre-Code” y “Benchmark post” en las edificaciones. Fuente: FEMA 154 (2002).

En la determinación de los modificadores “Pre-Code” y “Benchmark post” en las edificaciones en el Perú se debe tener en cuenta la evolución de la norma sísmica peruana.

Torrealva (2012) indica que, en el Perú, los códigos de diseño y construcción son relativamente jóvenes. Hasta la primera mitad del siglo XX, los diseños de las obras de infraestructura y vivienda se realizaban empíricamente o aplicando reglamentos y recomendaciones de Europa y Estados Unidos.

Siguiendo la cronología indicada por Blanco (2010) acerca de las normas sísmicas en Perú se tiene que, en 1970 se publica el RNC (Reglamento Nacional de Construcción), en donde se incluyen en el capítulo IV, las exigencias para “Seguridad contra el efecto destructivo de los sismos”. Estas exigencias no eran propiamente una norma sísmica; y no fue sino hasta el año 1977 que se aprueba la incorporación de la norma básica de diseño sismorresistente al Reglamento Nacional de Construcciones, la cual reemplaza a la anterior. Posteriormente, en el año 1996 ocurrió el sismo de Nazca, donde se observó colegios nuevos seriamente dañados. En este sismo de Nazca se comprobó que las deformaciones laterales de los edificios eran mayores que los resultados que se obtenían con los coeficientes de la norma sísmica de 1977, y se decidió cambiar la norma. Con la nueva norma de 1997 los desplazamientos de la estructura a diseñar eran aproximadamente 2.5 veces mayores. En el año 2001 ocurre el sismo de Atico (Arequipa, Moquegua y Tacna) y se decide hacer algunos ajustes menores a la norma sísmica; se amplifican las fuerzas de sismo por 1.25, para considerar un sismo amplificado a cargas últimas, lo cual obliga a variar los factores de reducción por ductilidad. Esta norma se publica en el año 2003.

De acuerdo con esto se puede afirmar que el primer código peruano de diseño sísmico data de 1977, y la última versión corresponde al año 2003. Por tanto, se puede afirmar que en la aplicación del PIVR en esta tesis el puntaje “Pre-Code” corresponderá a las edificaciones diseñadas antes de 1977 y el puntaje “Benchmark post” para las edificaciones diseñadas después del 2003, las edificaciones comprendidas entre 1977 y 2003 no serán afectadas por ningún modificador de puntaje.

f) Suelo Tipo C, D o E

Este atributo permite seleccionar el puntaje que corresponde a cada tipo de suelo. No se incluyen a los suelos tipos A y B puesto que no existe un modificador de puntaje para estos suelos, tampoco existe puntaje para suelo tipo "F", el mismo que es suelo de baja calidad, como turba, suelos con índice de plasticidad muy elevados, o suelos licuables, ya que las edificaciones con este tipo de suelo no pueden ser evaluadas de manera adecuada con este método.

2.4.11. La determinación de la puntuación final

La Puntuación Final Estructural, S, se determina sumando de forma aritmética la puntuación básica con los valores de los modificadores. Este puntaje final de la edificación se registra en el formato de recolección de datos. Con esta información, y la puntuación de corte seleccionada antes de la inspección de campo, el evaluador decide si es necesaria una evaluación detallada, la misma que deberá ser indicada en el formulario seleccionando con un círculo entre las opciones "SÍ" o "NO" que aparecen en la esquina inferior derecha de la hoja.

En la Figura 18 se muestra un ejemplo de aplicación del método y su correspondiente registro de datos en la ficha para una edificación de los Estados Unidos de América.

Si la identificación del tipo de edificación no se determina de acuerdo con lo indicado en el Acápito 2.4.9, o no es precisa, o del todo confiable, se puede proceder, según FEMA 154 (2002), de dos maneras:

- 1) El evaluador puede calcular S para todas las opciones probables y elegir la puntuación más baja. Éste es un enfoque conservador, y tiene la desventaja de que puede ser demasiado conservador y la puntuación asignada puede indicar que el edificio presenta un riesgo mayor de lo que realmente tiene. Este enfoque conservador no planteará problemas en caso de que todos los posibles tipos de edificio seleccionados den como resultado un valor que se encuentre debajo de la puntuación de corte.
- 2) Si el evaluador tiene poca confianza sobre cualquier opción para el sistema estructural, se debe escribir "Desconocido" debajo del "Tipo de Edificio", palabra que indica que el inspector no logró identificarlo. En este caso se debe realizar un análisis detallado de la construcción por un profesional de diseño con experiencia. Una inspección más detallada en campo incluiría entrar en el edificio, para estudiar el subsuelo, techo, y todos los elementos estructurales.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Example 1

HIGH Seismicity

Address: 3703 Roxbury St.
Anyplace Zip 91234

Other Identifiers: Parcel 7469027035; S2

No. Stories: 10 Year Built: 1986

Screened by: A. James D. Taylor Date: 2/28/01

Total Floor Area (sq. ft.): 76,000 Sq. ft.

Building Name: Smith & Co.

Use: Office

OCCUPANCY			SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS				
Assembly	Govt	Office	Number of Persons: 0-10	11-100	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Commercial	Health	Residential			101-1000	Hard Rock	Soft Rock	Unconsolidated Soil	Soft Clay Soil	Soft Fill Soil	Unsettled Drifts	Paradees	Cording	Other	
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Basic (low)	4.4	3.8	3.8	3.2	3.2	2.8	2.8	2.5	2.4	1.8	2.6	2.4	2.8	2.8	1.4
Md Rise (R to T zones)	NA	NA	+0.2	-0.4	NA	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	NA	+0.2	+0.4	+0.4	0.8
Hgh Rise (T to F zones)	NA	NA	+0.0	-0.0	NA	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	NA	+0.4	+0.4	+0.5	0.4
Vertical Irregularity	-0.5	-2.0	-1.0	-1.5	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	NA	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	1.0	1.0	-0.8	-0.8	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Post-2000	-0.4	-0.4	+1.8	+1.4	NA	+0.4	NA	+1.4	+1.4	NA	-0.4	NA	-0.4	-0.4	NA
Soil Type D	0.0	-0.4	0.4	-0.4	0.4	-0.4	0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type G	0.0	-0.8	-0.8	0.0	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.8	-0.8
FINAL SCORE, S			3.2												
COMMENTS														Detailed Evaluation Required	
														YES <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>	

* = Estimated, subjective or unreliable data
 NA = Not Applicable
 W1 = Wood frame
 W2 = Frame, diag/brg
 W3 = Light masonry
 S1 = Unbraced frame
 S2 = Frame, diag/brg
 S3 = Light masonry
 S4 = Moment-resisting frame
 S5 = Reinforced concrete
 RC = Reinforced concrete
 RD = Reinforced masonry
 C1 = Steel wall
 C2 = Fill wall
 C3 = Unbraced masonry wall
 PC1 = Unbraced masonry wall
 PC2 = Unbraced masonry wall
 RM1 = Unbraced masonry wall
 RM2 = Unbraced masonry wall
 URM = Unbraced masonry wall

Figura 18: Ejemplo de recolección de datos y correspondiente registro en el formato acorde al PIVR. Fuente: FEMA 154 (2002)

2.4.12. Interpretación del puntaje final obtenido con el PIVR

Fundamentalmente, la puntuación final “S” es una estimación de la probabilidad de que el edificio tenga totalmente comprometida su serviciabilidad; o incluso colapse si se producen eventos sísmicos que igualan o exceden el máximo considerado. Esta probabilidad calculada es aproximada y se basa en estimaciones producto de observaciones y análisis de datos.

Para una puntuación final S hay una probabilidad de 1 en 10^S ; así, por ejemplo, para una puntuación final $S=3$ hay una probabilidad de 1 en 1000, que el edificio colapse bajo acción sísmica. La probabilidad estimada en función de la puntuación puede apreciarse en la Figura 19.

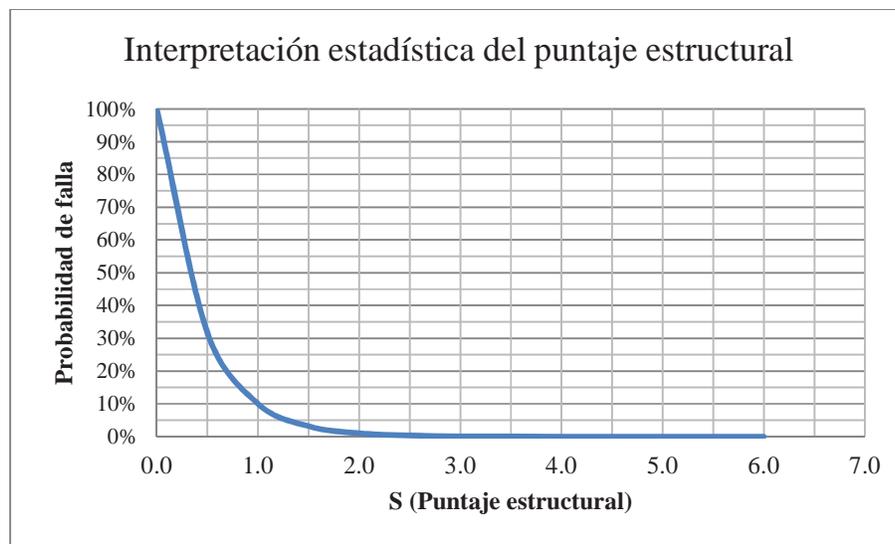


Figura 19: Probabilidad de falla estimada acorde al puntaje estructural. Fuente: Elaboración propia.

2.4.13. Puntuación de corte “S₀”

La puntuación de corte S_0 es el puntaje que divide las edificaciones en dos tipos de categorías: aquellas que tendrían un desempeño aceptable bajo una acción sísmica, y aquellas que requieren de un análisis más detallado a fin de determinar su performance ante un evento sísmico. Esta puntuación debe ser seleccionada previamente y está definida por cada comunidad, la misma que tiene que participar en la consideración de los costos y beneficios de la seguridad sísmica, y decidir cuál es el valor de “corte” adecuado.

2.5. Usos de los resultados del PIVR

Aunque la finalidad principal del PIVR es identificar edificios potencialmente peligrosos, sísmicamente, que necesitan una evaluación adicional, los resultados de las evaluaciones realizadas con el PIVR también se pueden utilizar para otros fines como:

- Conocer el puntaje promedio de las edificaciones de la comunidad y las necesidades de rehabilitación sísmica.
- Diseñar programas de mitigación de riesgos en una comunidad.
- Desarrollar inventarios de edificios regionales para su uso en las evaluaciones de daños por terremoto. Asimismo, permite estimar las pérdidas de impacto que pudieran producirse.
- Elaborar un plan de evaluación de daños y rehabilitación de las estructuras antes del evento sísmico y, de igual forma, un plan de reconstrucción después del desastre.

Capítulo 3

Sistemas de resistencia de cargas

En el capítulo anterior se presentó el procedimiento de aplicación del método de evaluación de vulnerabilidad de edificaciones propuesto por la Agencia Federal De Manejo De Emergencias (FEMA). En este capítulo se presenta una descripción más detallada de los sistemas estructurales contemplados por el método de inspección visual rápida a fin de permitir una identificación más apropiada del sistema estructural.

3.1. Construcciones de madera

Las estructuras de pórticos de madera se emplean generalmente en viviendas residenciales, pequeños apartamentos, edificios comerciales o estructuras industriales de un solo piso. Estas estructuras raras veces tienen más de tres pisos de altura, aunque los edificios más antiguos pueden llegar a tener hasta de seis pisos.

Muchas residencias familiares de baja altura y varias residencias unifamiliares independientes en los Estados Unidos son de este tipo. Las vigas y columnas tienen sección transversal cuadrada (15 cm por 15 cm o más). Suele ser menos frecuente el uso de columnas de madera de sección circular, las mismas que se encuentran enmarcadas dentro de grandes vigas o con armaduras de acero; sin embargo, estas estructuras por lo general no tienen usos residenciales, sino que son empleadas frecuentemente para edificios grandes como almacenes, iglesias y teatros.

Sobre el uso de la madera como elemento de construcción en Perú, Ordoñez y Lugo (2016) afirman que el consumo de la madera es muy bajo como material estructural para la construcción debido a la escasa información actual sobre las propiedades de esta en nuestro país.

Las estructuras de madera típicas se clasifican en dos tipos de edificaciones:

- W1: Estructuras de madera liviana con área menor o igual a 465 m²
- W2: Estructuras de madera liviana con área mayor a 465 m²

Una descripción de cada una de ellas se muestra en los siguientes sub-acápites.

3.1.1. W1: Estructura de madera liviana, con área menor o igual a 465 m²

Estos edificios son viviendas uni o multi familiares, de uno o más pisos de altura. Las cargas de construcción son ligeras y la luz entre los vanos es corta. Los entrepisos y la estructura del techo se componen de viguetas de madera muy juntas y vigas sobre columnas de madera.

El primer piso se apoya directamente en la cimentación, y en la mayoría de las construcciones consta de zapatas construidas de concreto. Asimismo, estas estructuras pueden presentar albañilería de concreto o albañilería de ladrillo. Las chimeneas, cuando están presentes, son de albañilería de ladrillo macizo con o sin revestimiento, o de madera con tubos metálicos internos.

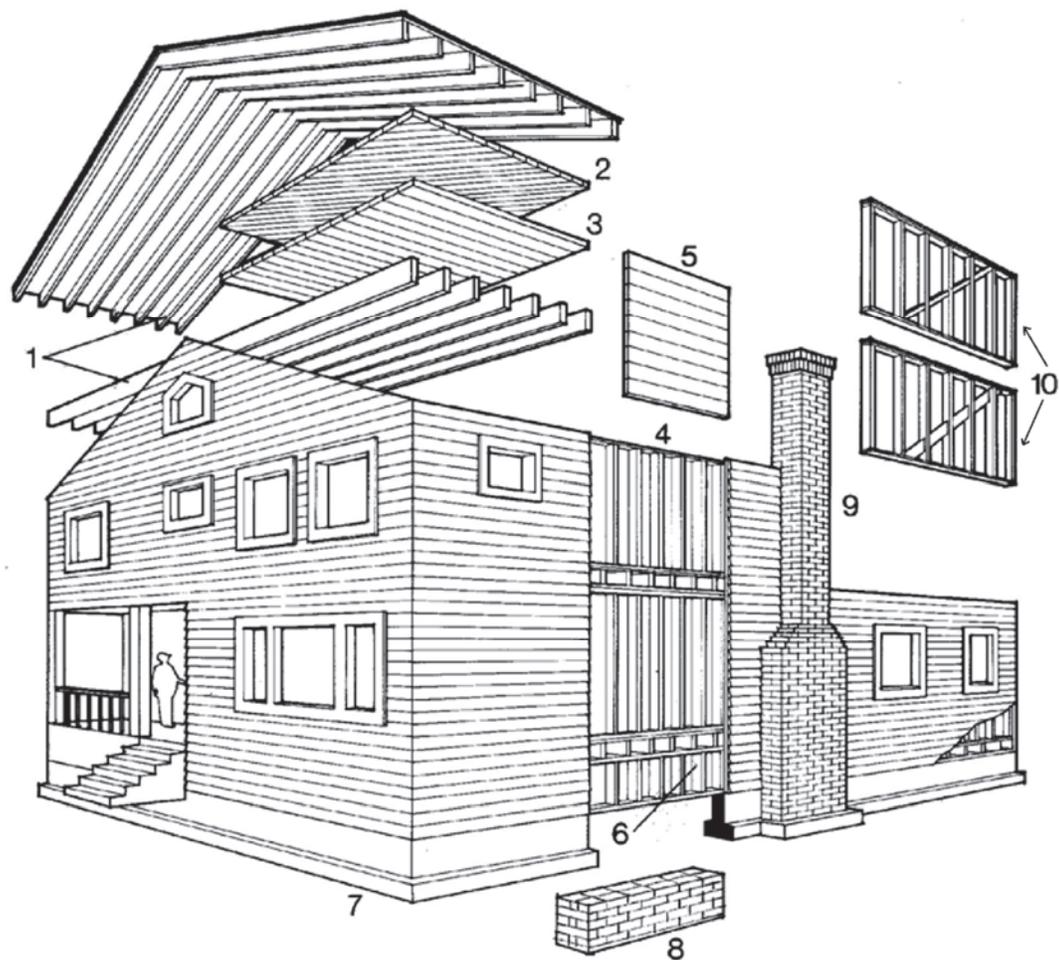
Las fuerzas laterales son resistidas por los pórticos de madera y muros de corte. Los diafragmas de piso y techo son de madera rectas o diagonales, tablas ranuradas o madera contrachapada. Los muros de corte se construyen a partir de maderas rectas o diagonales. Los revestimientos son de madera, estuco, yeso, plywood o de fibra vulcanizada. Construcciones típicas con este tipo de sistema estructural pueden observarse en la Figura 20.



Figura 20: Estructuras de madera Tipo W1. Fuente: FEMA 154 (2002)

Los edificios tienen un buen comportamiento a los sismos debido a su peso ligero. Los sismos inducen grietas en el yeso y estuco (si existen), pero no son clasificados como daños estructurales graves. El tipo más común de daño estructural en estos edificios es por causa de la falta de conexión entre la superestructura y la cimentación, y por soportes inadecuados de las chimeneas.

El esquema de las características principales de este tipo de edificación se muestra en la Figura 21.



Sistema de vigas y techo

1. Vigas y vigueta de madera
2. Revestimiento con elementos de madera diagonales
3. Revestimiento con elementos de madera rectos

Sistemas de pared

4. Armazón de madera
5. Revestimiento con miembros horizontales

Fundaciones y conexiones

6. Pared sin refuerzo inferior
7. Cimentación de concreto
8. Cimentación de ladrillo

Arriostres y detalles

9. Chimenea de ladrillo sin refuerzo
10. Arrioste diagonal interno

Figura 21: Esquema de estructura de madera liviana Tipo W1. Fuente: FEMA 154 (2002)

3.1.2. W2: Estructura de madera liviana, con área mayor a 465 m²

Estos edificios son comerciales o industriales con una superficie de 465 metros cuadrados o más. Por lo general son de uno a tres pisos; y, en raras ocasiones son tan altos como de seis pisos.

En la Figura 22 puede apreciarse un ejemplo de edificaciones de este tipo.



Figura 22: Estructura de madera Tipo W2. Fuente: FEMA 154 (2002)

Las cargas de construcción son más pesadas que las del tipo W1, y la luz entre los vanos es larga. Existen pocos, o no presentan, muros interiores. La construcción de este tipo de edificaciones consiste en entramados de madera, de miembros de secciones de 5 cm por 10 cm, separados unos 40 cm de distancia, como se muestra en el esquema de la Figura 23. Estas paredes son rigidizadas a través del uso de paneles de madera contrachapada o similar, o con el uso de miembros diagonales de madera o de acero. Los entrepisos y el armazón del techo se componen de vigas de madera laminada o de acero, y las columnas son de madera o de acero.

Las edificaciones tipo “Timber pole”, que se pueden apreciar en la Figura 24, pueden encontrarse en las orillas de las playas, o en terrenos húmedos, donde es común las casas levantadas por encima del nivel del suelo con un espacio totalmente expuesto. Esto permite flujo de aire debajo de la casa, para minimizar los problemas de descomposición y putrefacción asociados con la alta humedad y espacios cerrados.

En los pueblos de Colán o Máncora, en Perú pueden encontrarse con bastante frecuencia estructuras del tipo “Timber pole” tal como puede apreciarse en la Figura 25, donde se muestran estructuras emplazadas cerca de las playas de los pueblos mencionados. Este tipo de estructuras son adecuadas sísmicamente cuando están recién construidas, sin embargo, con el tiempo son sujetas a deterioro de la madera debido a la exposición de las columnas al ambiente húmedo y a la salinidad del agua de la playa. Se debe tener en cuenta que frecuentemente este tipo de estructuras presenta piso blando, que se da cuando la rigidez de una planta es menor que la rigidez de la mayoría de los pisos. Los deterioros por la humedad y por piso blando pueden contribuir al comportamiento sísmico insatisfactorio.



Figura 23: Detalle de armazón típica en estructuras de madera. Fuente: FEMA 154 (2002)

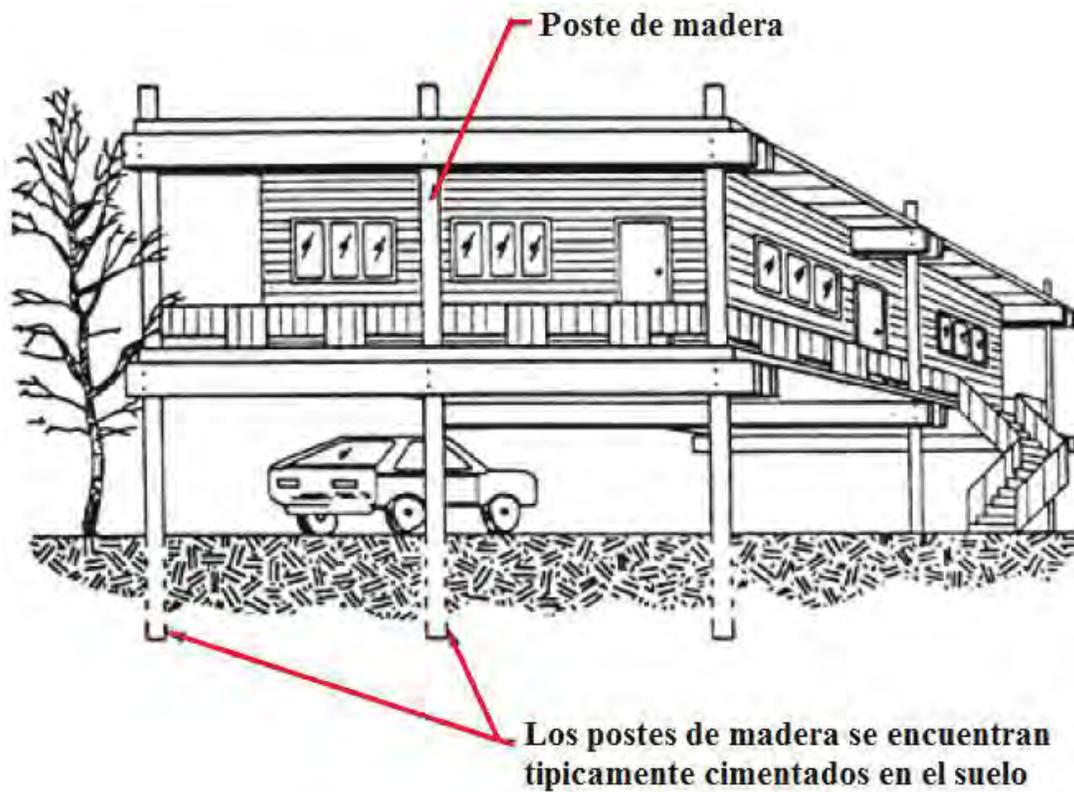


Figura 24: Esquema de estructura de madera Tipo "Timber pole". Fuente: FEMA 154 (2002)



Figura 25: Ejemplo de estructura Tipo “Timber pole” emplazada cerca a la playa. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Construcciones de acero

Los edificios con estructura de acero se clasifican en base a su capacidad para resistir los efectos de las fuerzas laterales. Así se tienen estructuras de pórticos resistentes a momentos y estructuras con pórticos arriostrados. Entre las estructuras con pórticos arriostrados se encuentran las que cuentan con muros de corte, sean éstos de concreto o albañilería no reforzada.

Las estructuras de acero incluidas en esta clasificación son:

- S1: Edificios con pórticos de acero.
- S2: Edificios arriostrados con pórticos de acero.
- S3: Construcciones livianas de metal.
- S4: Edificios con estructura de acero y muros de corte de concreto.
- S5: Edificios con estructura de acero y muros de corte de albañilería no reforzados.

Los pórticos no arriostrados resisten momentos, cargas laterales y deformaciones por la flexión de las vigas y columnas (no hay refuerzos diagonales). En los pórticos arriostrados

concéntricos las diagonales están conectadas, en cada extremo a las articulaciones donde se encuentran las vigas y columnas; y las fuerzas laterales o las cargas son resistidas por la resistencia a la tracción y resistencia a la compresión de los refuerzos diagonales.

En pórticos arriostrados excéntricos, el refuerzo está desplazado ligeramente de la conexión principal viga-columna, y se espera que, por la flexión inducida por grandes fuerzas sísmicas, la viga experimente deformaciones de manera significativa en su tramo corto y disipe una parte considerable de la energía del edificio.

Una descripción de cada uno de los tipos de edificaciones de acero mencionadas se muestra en los siguientes sub-acápites.

3.2.1. S1: Edificios con pórticos de acero.

Estos edificios constan de un conjunto de pórticos ensamblados, de vigas y columnas de acero distribuidas por todo el edificio. El entrepiso y la estructura del techo se componen de losas de concreto vaciado en el sitio o perfiles de metal rellenos con concreto apoyados sobre vigas o armaduras de acero. Las fuerzas laterales son resistidas por pórticos con conexiones de viga-columna rígidas o semi-rígidas. Estos pórticos cuentan con longitudes similares en la dirección longitudinal y transversal, típicamente entre 6 a 9 metros. Las conexiones momento resistente de la estructura pueden presentarse en todas las conexiones de los pórticos de la edificación, en cuyo caso todo el pórtico participa en la resistencia lateral. Asimismo, puede suceder que sólo ciertas conexiones sean momento resistente, en esta situación la resistencia se logra sólo en los pórticos que contienen estas conexiones.

Este tipo estructural se utiliza para edificios públicos, comerciales, institucionales y similares; y rara vez se utiliza para edificaciones de vivienda de baja altura. La cimentación consiste en zapatas de concreto o en cimentaciones de pilotes. Las columnas están orientadas de modo que en cada dirección principal del edificio resistan las fuerzas de flexión en el eje principal de mayor inercia. Los diafragmas son de concreto o coberturas de metal con relleno de concreto. A este tipo de estructuras, a menudo, se incorporaban paneles prefabricados sostenidos por los pórticos a modo de acabado exterior que ocultan el sistema estructural de la edificación. Estos paneles prefabricados pueden ser de concreto, piedra o albañilería de madera, metal, vidrio o plástico. Por otra parte, si el interior cuenta con acabados, estos pórticos estarán ocultos por techos, muros de división y detalles arquitectónicos de columna.

Un esquema de este tipo de edificaciones se muestra a continuación en la Figura 26.

En la Figura 27 se presenta el edificio de la Torre Piciad, Bruselas, Bélgica en donde puede apreciarse que el pórtico momento resistente no arriostrado es luego recubierto con paneles de vidrio. Esto puede ocasionar dificultad al momento de identificarlo, ya que puede confundirse con edificaciones con pórticos momento resistentes arriostrados.



Figura 26: Esquema de estructura de acero con põrtico momento resistente. Fuente: FEMA 154 (2002)



Figura 27: Estructura de acero tipo S1. Fuente: FEMA 154 (2002)

3.2.2. S2: Edificios arriostrados con pórticos de acero.

Estos edificios constan de un conjunto de pórticos de vigas y columnas de acero ensambladas, y cuentan con elementos diagonales de refuerzo, que generalmente no se pueden detectar desde el exterior del edificio. Estos pórticos arriostrados se utilizan a veces en edificios largos y estrechos, que tienen baja rigidez, dado que la inclusión de arriostres incrementa la rigidez de estos. Desde el exterior del edificio, es difícil distinguir los edificios con pórticos de acero arriostrados y no arriostrados.

Las losas de entrepiso de la estructura se componen de losas de concreto elaborado en el sitio de obra o de cubiertas de metal relleno con concreto y apoyadas sobre vigas de acero o armaduras de acero. Las fuerzas laterales son resistidas por la tensión o compresión que se desarrolla en los miembros diagonales de acero (arriostres). Una edificación momento resistente con arriostres se presenta en la Figura 28. Asimismo, en la Figura 29 se muestran algunos ejemplos de configuración de arriostramiento.

Los muros consisten en muros de metal, vidrio, albañilería o paneles prefabricados de concreto. Cuando el interior de la estructura tiene acabados, los pórticos están ocultos por los techos, muros de división y detalles arquitectónicos. La cimentación consiste en zapatas de concreto o en cimentaciones con pilotes.



Figura 28: Estructura de acero tipo S2. Fuente: FEMA 154 (2002)

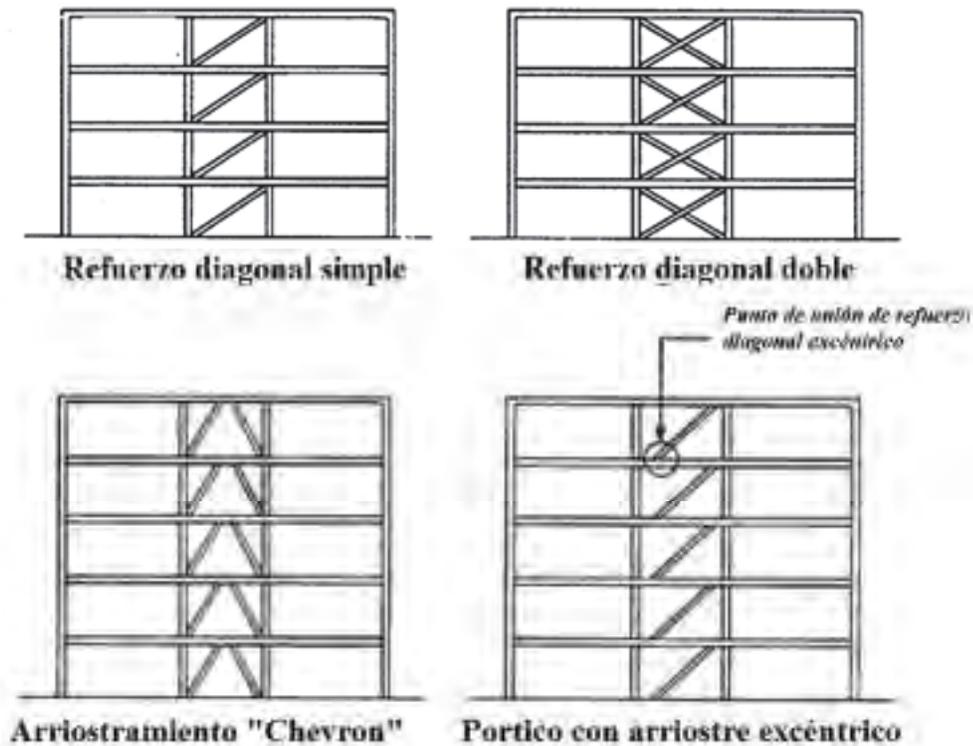


Figura 29: Ejemplos de configuración de arriostres. Fuente: FEMA 154 (2002)

Desde el exterior del edificio, por lo general es difícil saber la diferencia entre las estructuras Tipo S1 y Tipo S2. En la mayoría de los edificios modernos, los muros de arriostreamiento o transversales se encuentran en el interior, cubiertos por material de revestimiento. También resulta difícil diferenciar estructuras de pórticos de acero y estructuras de pórticos de concreto desde el exterior ya que los miembros estructurales están revestidos. En los edificios antiguos, los miembros de acero también pueden estar embebidos en el concreto; en consecuencia, es difícil distinguir los diferentes tipos de tramas en una inspección visual, sin embargo, se pueden tomar en cuenta los criterios que se mencionan a continuación a fin de poder identificarlos:

- 1) Si un edificio cuenta con arriostres diagonales entonces es probable que sea una estructura de acero.
- 2) Si hay vigas y columnas de acero expuestas, es evidente la presencia de una estructura de acero. Tener presente que, en estructuras antiguas, un pórtico estructural con apariencia de concreto puede ser en realidad un pórtico de acero revestido de concreto.

3.2.3. S3: Construcciones livianas de metal.

El sistema estructural de este tipo de edificaciones consiste generalmente en pórticos de acero momento resistente en la dirección transversal (dirección corta) que resiste las fuerzas laterales, y pórticos arriostrados en la dirección longitudinal. En la Figura 30 se presenta este tipo de edificación en donde se puede observar la estructura aún en proceso de construcción sin la presencia de techo o paredes.



Figura 30: Vista interior de los pórticos transversales de una estructura de acero Tipo S3. Fuente: <http://www.patec.org/naves-prefabricadas-precios.php>

Las estructuras de este tipo son, por lo general, de un piso de altura, a veces sin columnas interiores y, a menudo encierran una gran superficie. Estos edificios son generalmente enchapados con cubiertas ligeras de metal o revestido de concreto reforzado con amianto. En algunas regiones, las construcciones de este tipo pueden tener muros de albañilería de mediana altura. En la Figura 31 se puede apreciar una edificación de este tipo desde el interior, con las cubiertas de techo y paredes instaladas. La mayoría de estos edificios no tienen acabados interiores y su esqueleto estructural puede ser visto fácilmente.



Figura 31: Estructura de acero Tipo S3 terminada vista desde el interior. Fuente: <http://www.patec.org/naves-prefabricadas-precios.php>

Los pórticos están diseñados para trabajar al máximo rendimiento; y las vigas y columnas consisten en secciones armadas con placas delgadas. Los pórticos se construyen en segmentos y se montan en el campo con uniones atornilladas o soldadas.

La mayoría de los edificios ligeros de metal se utilizan en el sector agrícola, fábricas industriales y almacenes. El esquema estructural de este tipo de edificaciones se muestra en la Figura 32.

Para identificar este tipo de construcción, el evaluador debe buscar las siguientes características:

- 1) Dado que el sistema estructural típico consta de pórticos en la dirección transversal y pórticos arriostrados con barras de acero en diagonal en la dirección longitudinal, las construcciones metálicas ligeras suelen tener techos de poca pendiente y sin parapetos o salientes.
- 2) La mayoría de estos edificios son prefabricados. Estos edificios tienden a ser de planta rectangular.
- 3) Estos edificios generalmente tienen pocas ventanas, ya que es difícil incorporar un vano en el sistema de hoja de metal.
- 4) Dado que la mayoría de estos edificios no tienen acabados interiores se recomienda una inspección visual al interior de la edificación.

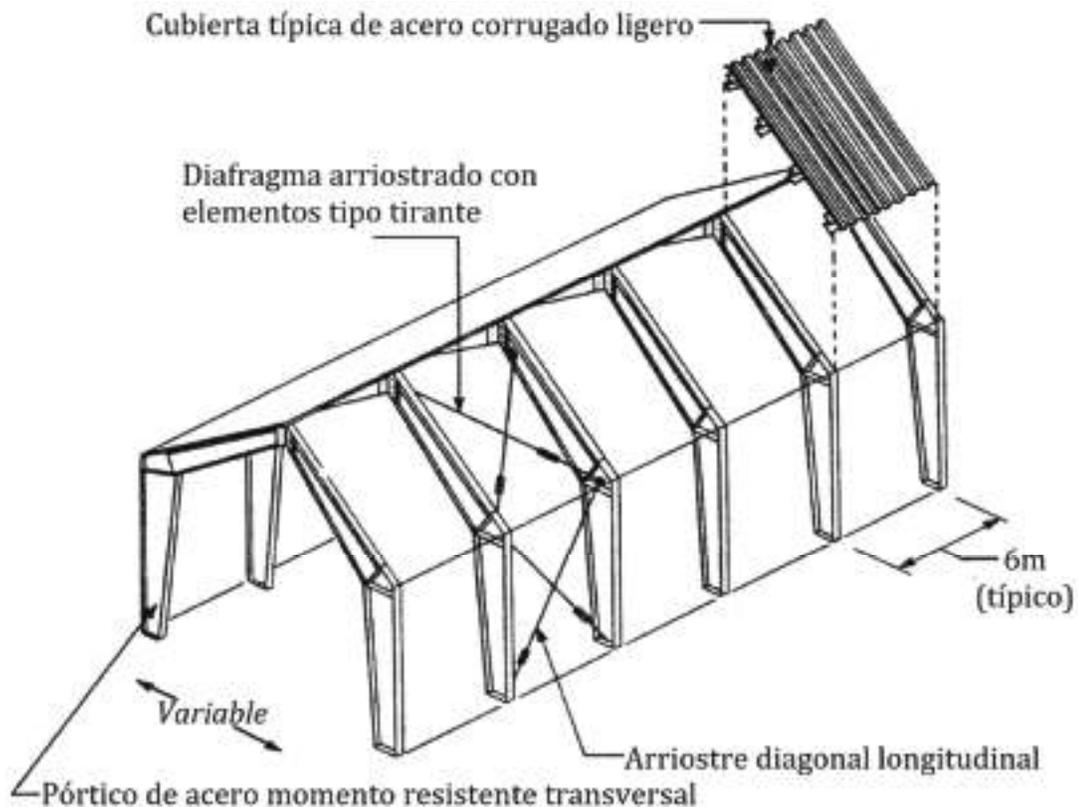


Figura 32: Esquema de estructura liviana de metal. Fuente: FEMA 154 (2002)

3.2.4. S4: Edificios con estructura de acero y muros de corte de concreto.

Estos edificios constan de un conjunto de pórticos ensamblados de vigas y columnas de acero, similares a los pórticos de las edificaciones Tipo S1. La estructura cuenta con una matriz de vigas y columnas de acero que se distribuye por toda la edificación. Sin embargo, las uniones de dichos elementos no se encuentran preparadas para soportar momentos, y las fuerzas laterales son soportadas por los muros de corte.

El entrepiso y la estructura del techo se componen de losas de concreto preparado en obra o perfiles de acero rellenos con concreto apoyados sobre vigas o armaduras de acero. Las cargas laterales son resistidas por muros de corte, que generalmente rodean a los núcleos de ascensores y escaleras, y están cubiertos por materiales de acabado. Estos muros también resisten cargas verticales cuando la estructura de acero no proporciona un completo sistema de soporte vertical.

En las variantes antiguas de este tipo de construcciones, la estructura de acero estaba diseñada para resistir solamente cargas verticales. En los modernos sistemas duales, los pórticos de acero están diseñados para trabajar junto con los muros de corte de concreto. En la Figura 33 se aprecia una edificación en construcción del Tipo S4, y en la Figura 34 se muestra el esquema típico de este tipo de edificación.



Figura 33: Ejemplo de estructura de acero con muros de corte de concreto en proceso de construcción. Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/union-living/product-148572-1655147.html>

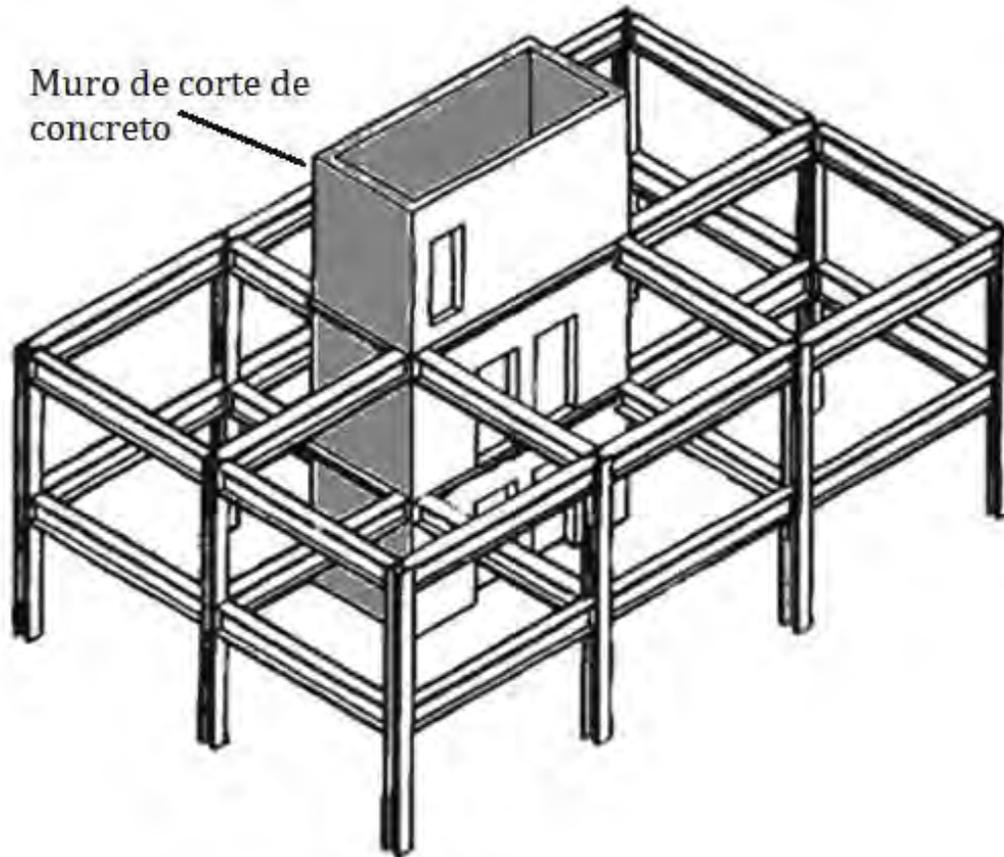


Figura 34: Esquema de edificación de pórtico de acero con muros de corte de concreto. Fuente: FEMA 154 (2002)

A menudo es difícil diferenciar visualmente entre un pórtico de acero con muros de corte de concreto y otro sin ellos, porque los muros interiores de corte a menudo están cubiertos por los acabados interiores y se verán como particiones interiores no estructurales. Al menos que el muro de corte sea plenamente identificable desde el exterior, se debe recurrir a los planos de construcción para verificar su existencia, y, en caso no se cuente con dichos planos, y el sistema no sea plenamente identificable, se deberá clasificar a la estructura cómo una estructura sin muros de corte.

3.2.5. S5: Edificios con estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.

Estos edificios se componen de pórticos de acero compuestos por vigas y columnas de acero, las fuerzas laterales son soportadas por los muros de corte de albañilería no reforzada. En estos edificios las columnas de acero son relativamente delgadas y pueden estar ocultas en los muros.

Las porciones de muros sólidos se alinean verticalmente y son generalmente de 5 a 7.5 centímetros de espesor.

Éste es un tipo de construcción antigua y consta de un conjunto de pórticos de vigas y columnas de acero. Los pisos y los techos consisten en losas de concreto preparado en obra o de cubiertas de metal con relleno de concreto.

Tal cómo se puede observarse en el esquema en la Figura 35, los pórticos metálicos se componen de vigas y columnas de acero. Los muros consisten en paneles de relleno construidos de ladrillos de arcilla sólidos, bloques de concreto o albañilería hueca de barro.

Los muros de relleno pueden presentar un exterior de ladrillo liso, sin ninguna evidencia del sistema estructural. El comportamiento sísmico de este tipo de construcción depende de la interacción entre el pórtico y los paneles de relleno.

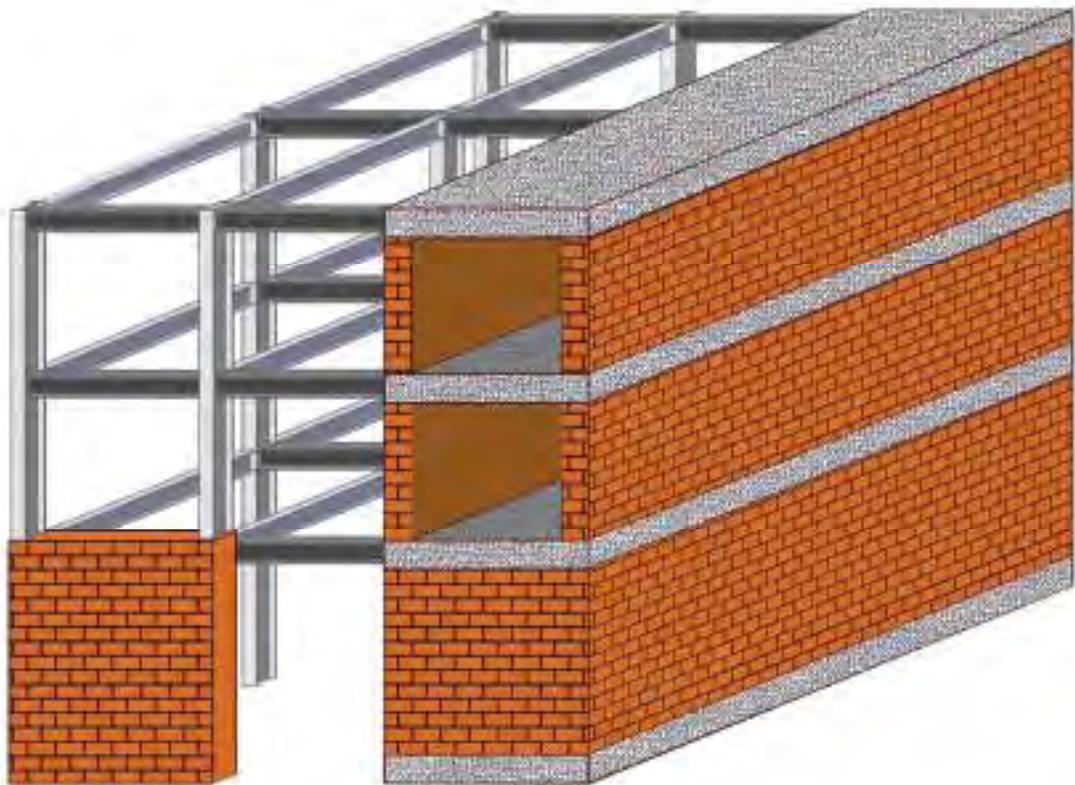


Figura 35: Estructura de acero con muros de corte de albañilería no reforzada. Fuente: Elaboración propia

Debido a la albañilería de relleno, la estructura tiende a ser rígida. En los edificios antiguos, los diafragmas de entrepiso son a menudo de madera. Los edificios modernos son construidos con entrepisos de concreto.

Puesto que la estructura de acero en los edificios antiguos está recubierta por albañilería no reforzada (URM) para la protección contra incendios, es fácil confundir este tipo de edificio con estructuras de muro portante; además, dado que las columnas de acero son relativamente delgadas, éstas pueden estar escondidas en los muros. Un muro de albañilería aparentemente sólido puede incluir una serie de columnas y vigas de acero. Estos

muros de relleno son generalmente de dos o tres hiladas de espesor. Por lo tanto, los ladrillos con amarre de cabeza a veces pueden ocasionar una confusión en la identificación de los muros de albañilería. A menudo, en estas estructuras, los tabiques de albañilería, así como el revestimiento de albañilería, están expuestos; aunque también puede suceder que se encuentren ocultos, especialmente los que han sido objeto de renovación. Pese a que este tipo de edificaciones es fácil de confundir con estructuras tipo URM, la principal diferencia entre ellas se basa en que las edificaciones Tipo URM tienen muros con espesores cada vez mayores en los pisos inferiores, cosa que no sucede en las edificaciones Tipo S5 cuyos espesores de muros se mantiene igual en todos los niveles.

Cuando se encuentra un edificio de albañilería, el inspector primero debe tratar de determinar si la albañilería es o no reforzada, mediante la comprobación de la fecha de construcción, aunque esto es sólo una guía aproximada. Los planos de la edificación o una investigación más exhaustiva en algún lugar deteriorado pueden evidenciar la presencia o ausencia de refuerzo estructural. Una indicación más clara de que se trata de una estructura de pórtico de acero con relleno de albañilería no reforzada es cuando el edificio presenta las características de una estructura de Tipo S1 o Tipo S2.

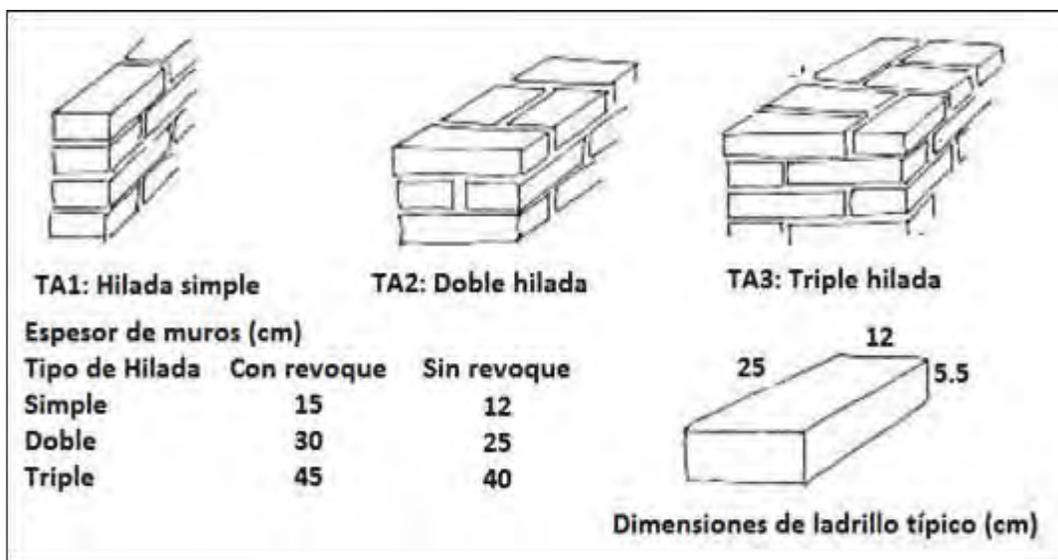
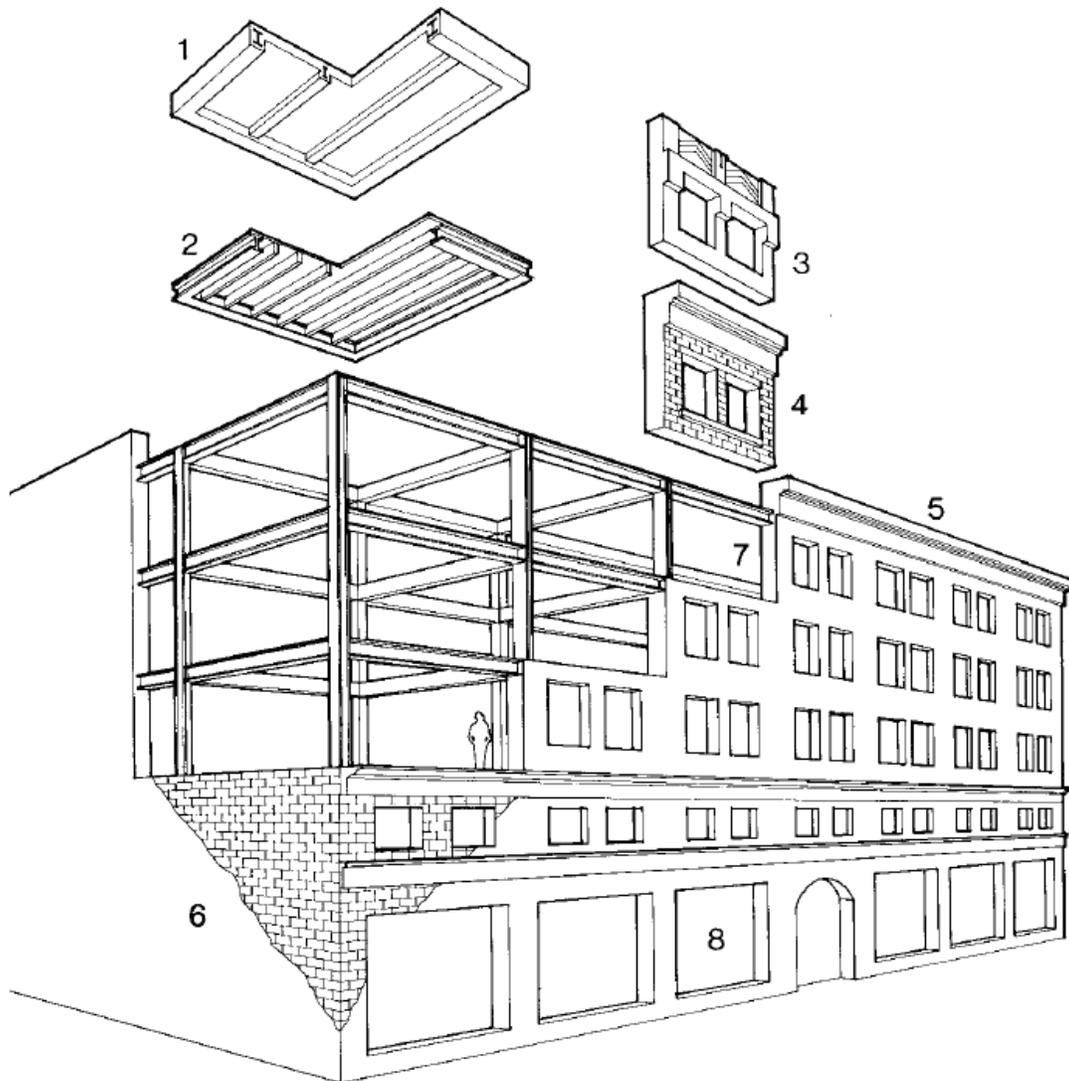


Figura 36: Espesor de muros de albañilería. Fuente: Creación propia.

Para identificar la presencia de pórticos o muros de albañilería el inspector puede ayudarse de dos parámetros: el espesor y la altura de los muros. Sobre el espesor, si el muro fue construido con doble o triple hilada de ladrillo, el espesor de éste debería ser de 25 a 40 centímetros de espesor aproximadamente, tal como puede apreciarse en la Figura 36; además, el espesor de los muros no aumenta en los pisos inferiores. Sobre la altura, en los edificios con más de seis pisos, la albañilería no reforzada es únicamente de relleno, ya que estructuras Tipo URM no suelen ser así de altas y, de ser así, deberían contar con muros muy gruesos en los pisos inferiores. Un esquema de edificación de pórticos de acero con muros de corte de albañilería no reforzada puede observarse en la Figura 37.



Sistema de techo y entrepiso

1. Estructuras de acero con recubrimiento de concreto
2. Diafragma madera (horizontal o diagonal) sobre vigueta

Sistema de paredes

3. Muro no portante de concreto
4. Muro no portante de albañilería no reforzada

Detalles

5. Parapeto no reforzado son soporte lateral
6. Paredes de albañilería sólida

Apertura y penetraciones de pared

7. Grandes ventanas en la fachada
8. Largas aberturas con vista a la calle (tiendas)

Figura 37: Esquema de edificación de pódico de acero con muros de corte de albañilería no reforzada. Fuente: FEMA 154 (2002)

3.3. Estructuras de concreto reforzado

Las estructuras de concreto se caracterizan por estar constituidas por miembros de concreto con refuerzo de acero no visible embebido en ellos. Estas estructuras pueden ser no dúctiles, con baja capacidad a deformación plástica; y estructuras dúctiles, con mejor comportamiento estructural.

También se incluyen aquí las estructuras de concreto reforzado prefabricadas, las mismas que pueden ser elaboradas en obra o adquiridas a empresas especializadas en la fabricación de tales elementos.

Las estructuras de concreto incluidas en esta clasificación son:

- C1: Edificios con pórticos de concreto.
- C2: Edificios con muros de corte de concreto.
- C3: Edificios de concreto reforzado con muros de albañilería no reforzada.
- PC1: Edificios Tilt-up
- PC2: Estructuras prefabricadas de concreto.

Una descripción de cada una de ellas se muestra en los siguientes sub-acápites.

3.3.1. C1: Edificios con pórticos de concreto.

Estos edificios constan de un conjunto de pórticos de vigas y columnas de concreto preparado en obra. La cimentación y la estructura del techo se componen de losas de concreto in situ, vigas de concreto, viguetas unidireccionales y bidireccionales; y vigas reticulares.

Las fuerzas laterales son resistidas por pórticos de concreto momento resistentes que desarrollan su resistencia a través de su rigidez monolítica en las conexiones viga-columna. En la Figura 38 puede observarse una construcción de este tipo en proceso.

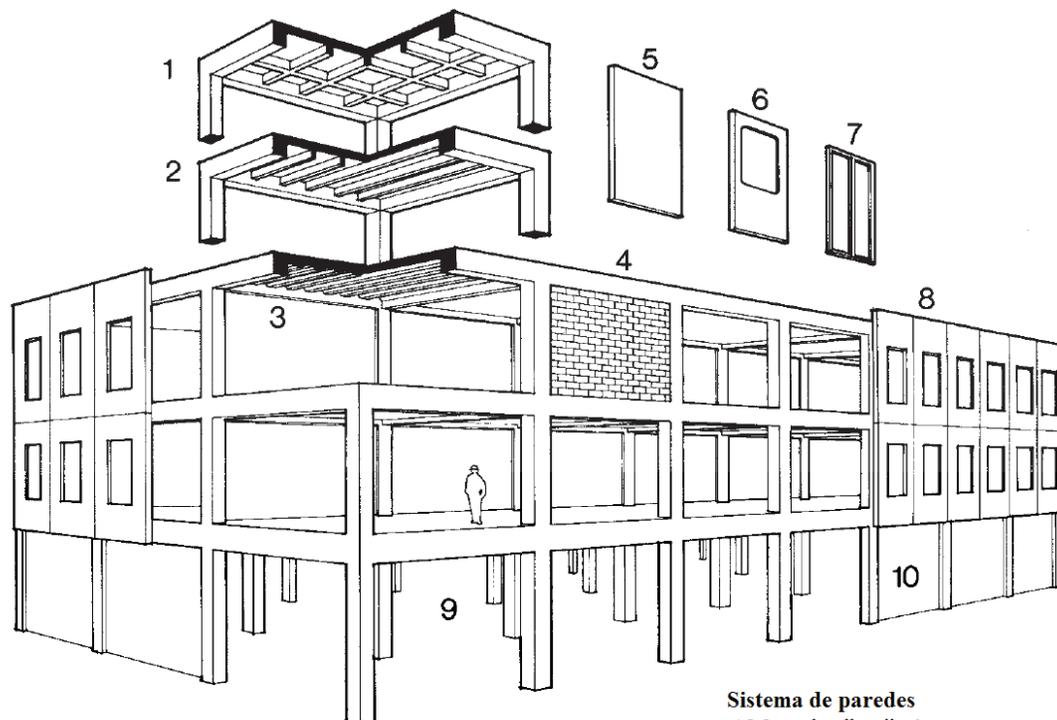


Figura 38: Edificación con pórticos de concreto en construcción. Fuente: <http://estructuras.eia.edu.co/estructurasI/conceptos%20fundamentales/conceptos%20fundamentales.html>

Una característica importante es que no hay muros de concreto o albañilería importante presentes, o están separados a una distancia adecuada de la estructura principal para evitar la interacción.

En construcciones antiguas, o en regiones de baja sismicidad, los pórticos pueden consistir en columnas y sistemas de losa en dos direcciones. Los pórticos modernos cuentan con sistemas de refuerzo en las conexiones y detalles especiales de refuerzo, a fin de proporcionar un comportamiento dúctil. Las cimentaciones consisten en zapatas de concreto o en sistema de pilotes.

Las estructuras de concreto momento resistente consisten en vigas y columnas de concreto que resisten tanto cargas laterales como verticales. En la Figura 39 se muestra un esquema de este tipo de edificaciones.



Sistema de techo y entrepiso

1. Losa de concreto tipo waffle
2. Losa y viguetas de concreto
3. Cubierta de acero con recubrimiento de concreto

Sistema estructural

9. Pórtico de concreto

Sistema de paredes

4. Muro de albañilería
5. Panel de piedra
6. Panel de acero
7. Panel de vidrio
8. Panel de concreto prefabricado

Detalles

10. Primer piso típicamente alto (Piso blando)

Figura 39: Esquema de edificación con pórticos de concreto. Fuente: FEMA 154 (2002)

Los pórticos momento resistentes se clasifican en:

- a) Pórticos no dúctiles de concreto armado con interacción con muros no reforzados
- b) Pórticos no dúctiles de concreto armado con interacción con muros reforzados

- c) Pórticos no dúctiles de concreto armado
- d) Pórticos dúctiles de concreto armado.

Un pórtico de concreto dúctil cuenta con acero de refuerzo especial dentro de las vigas y columnas de concreto que mejoran el comportamiento de la estructura. El refuerzo especial proporciona el confinamiento del concreto, lo que permite un buen desempeño en los miembros más allá de la capacidad elástica, principalmente en flexión. Debido a este confinamiento, la desintegración del concreto se retrasa, y el concreto conserva su resistencia para más ciclos de carga; es decir, la ductilidad se incrementa.

El detalle de refuerzo dúctil se ha empleado en los Estados Unidos en las zonas de alta sismicidad desde 1967 cuando los requisitos de ductilidad se introdujeron por primera vez en el Código Uniforme de Construcción, cabe indicar que la adopción y el cumplimiento de los requisitos de ductilidad en una determinada jurisdicción pueden variar. Antes de 1967, los pórticos de concreto momento resistentes no dúctiles u ordinarios eran los contemplados en la norma y actualmente siguen siendo usados en zonas sísmicas moderadas.

En muchas zonas de baja sismicidad de los Estados Unidos, los pórticos de concreto no dúctiles de los tipos a), b) y c) antes mencionados continúan siendo construidos. Este grupo incluye a los grandes edificios comerciales, institucionales y residenciales de varios pisos edificados con pórticos planos de losa, pórticos de forjado reticular, y pórticos de vigas y columnas estándar. Estas estructuras no cuentan con suficiente refuerzo.

Blanco (2010) menciona que las edificaciones de concreto armado en el Perú se iniciaron en la década de 1950 y 1960 en donde se produjeron cambios importantes en la arquitectura peruana. Se eliminaron los muros de albañilería de las edificaciones, se hicieron ventanas más amplias y mamparas de piso a techo. Se comenzaron a usar los tabiques de ladrillo, como elementos no estructurales que se construían después de haber vaciado y desencofrado los entresijos y vigas. Estos cambios hicieron que los pórticos se conviertan en los únicos elementos que proporcionan rigidez lateral y resistencia sísmica.

3.3.2. C2: Edificios con muros de corte de concreto.

La estructura del piso y del techo de estos edificios se componen de losas de concreto planas, vigas de concreto, viguetas unidireccionales y bidireccionales, y vigas reticulares preparadas en obra.

Asimismo, estos edificios se componen de un sistema perimetral de muros de corte que resiste las fuerzas laterales. La losa es sostenida sobre columnas de concreto o muros portantes. Se puede observar en la Figura 40 un esquema ilustrativo de la presencia de placas de corte en la periferia en este tipo de estructuras; y en la Figura 41, una estructura con muros de corte en el interior. Asimismo, en la Figura 42 se presenta una fotografía de este tipo de estructura en proceso de construcción.

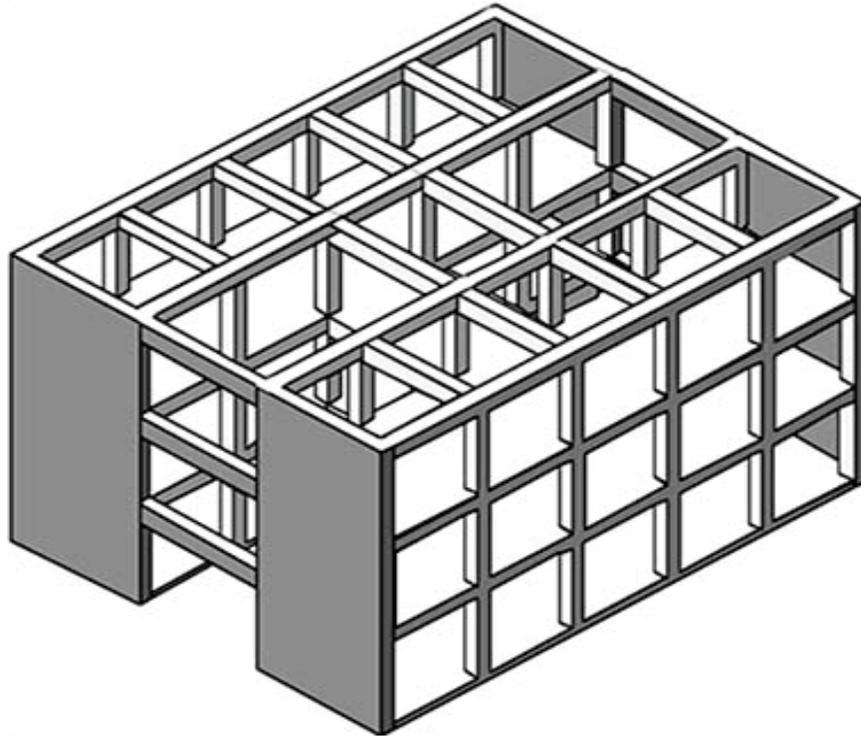


Figura 40: Esquema de edificación de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en la periferia. Fuente: <http://es.slideshare.net/alexancajimasernaque/evaluacion-y-reforzamiento-de-estructuras>.

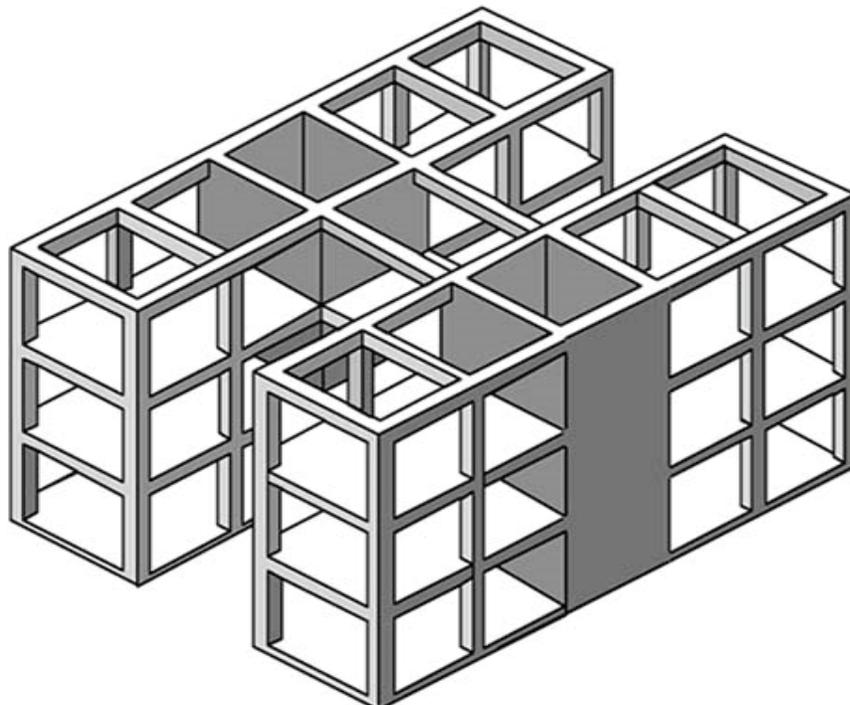


Figura 41: Esquema de edificación de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en interior. Fuente: <http://es.slideshare.net/alexancajimasernaque/evaluacion-y-reforzamiento-de-estructuras>.



Figura 42: Estructura de pórtico de concreto con muros de corte de concreto en proceso de construcción. Fuente: <http://obrascivilesena7.blogspot.pe/>

En construcciones antiguas, los muros de corte son ligeramente reforzados y a menudo se extienden por todo el edificio. En construcciones más recientes, los muros de corte se encuentran en lugares aislados y están mucho más reforzados con elementos de borde y estribos muy próximos entre sí para proporcionar un rendimiento dúctil. Los diafragmas constan de placas de concreto. La cimentación consta de zapatas de concreto o cimentaciones con pilotes. La estructura, incluyendo los diafragmas habituales de piso de concreto, normalmente se construye con concreto en obra.

Los edificios residenciales de este tipo son a menudo torres de mediana altura. Los muros de corte en estos nuevos edificios pueden ser localizados a lo largo del perímetro, en los tabiques interiores, o alrededor del núcleo de servicios.

Las estructuras de pórticos con muros de corte interiores son difíciles de identificar. Cuando el edificio es claramente una estructura con muros portantes en forma de caja es probablemente una estructura de muro de corte. Los muros de concreto suelen ser vaciados en el sitio. El investigador debe buscar signos de concreto moldeado in situ. En las estructuras con muros portantes de concreto, el espesor de muro varía desde 15 a 25 centímetros y es delgado en comparación con el de estructuras de muros portantes de albañilería.

De acuerdo con lo indicado por Blanco (2010), las edificaciones de concreto armado en Perú, construidas en la década de los 50, se basaba en pórticos que eran los únicos elementos que proporcionan rigidez lateral y resistencia sísmica. El uso de muros de concreto armado se utilizaba sólo en casos especiales, posteriormente se comienza a usar estos muros de concreto armado como costumbre en las cajas de ascensores y escaleras; pero, en el análisis de fuerzas laterales no se tomaba en cuenta el aporte de estos muros, sino que se confiaba todo en las columnas. Hasta 1967 se desarrolló el proyecto de la primera Norma Sísmica Peruana y en este año se comienza a analizar las edificaciones por el método de Muto. El método de Muto se utiliza para resolver en forma aproximada los pórticos de edificios compuestos por vigas y columnas ortogonales, sujetos a carga lateral producida por el viento o los sismos. El método contempla en cierta forma la deformación por flexión de las barras, con lo cual, se obtenían resultados más precisos que con otros métodos antes usados; este método podía usarse incluso en el diseño de estructuras de mediana altura, donde los efectos de la deformación axial son despreciables.

El uso de las edificaciones con muros de corte empezó a generalizarse más ampliamente, tanto es así que los edificios que se construyeron en los años 70 introdujeron muros de concreto y vigas peraltadas en las dos direcciones, en donde los muros de concreto fueron usados en los linderos laterales de las edificaciones. En la Figura 43 se visualiza el esquema de este tipo de edificaciones.

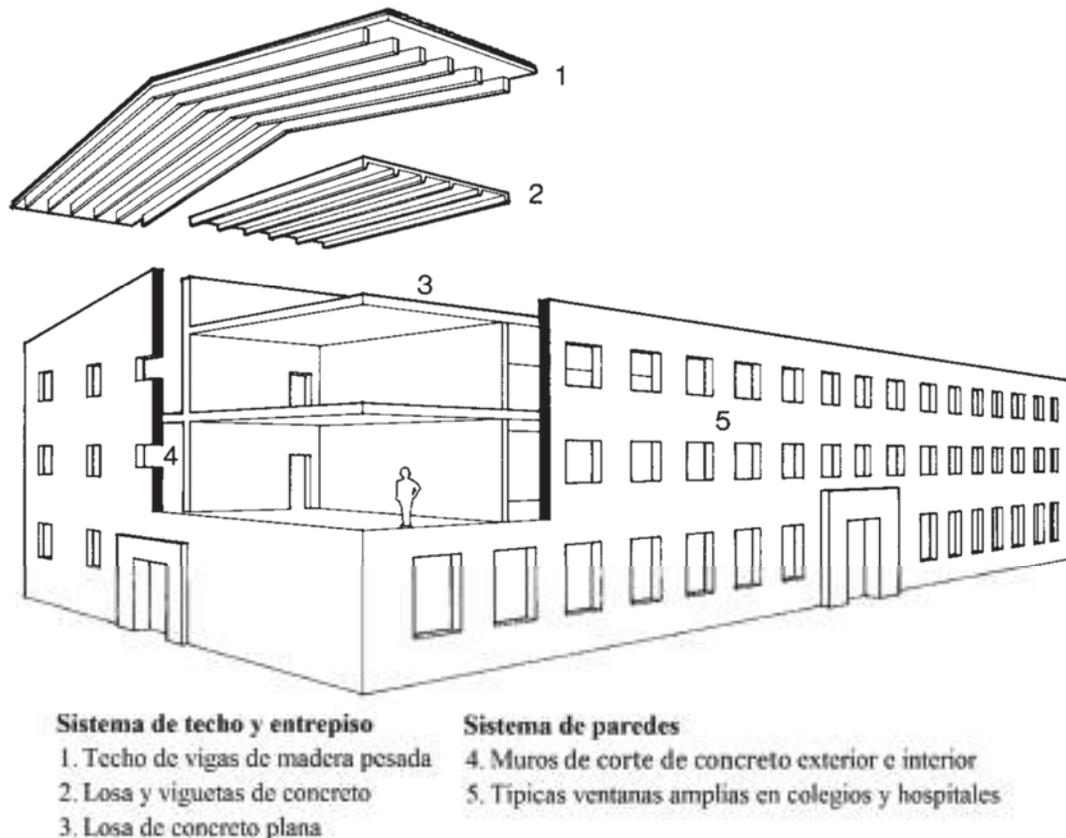


Figura 43: Esquema de estructura de pórtico de concreto con muros de corte de concreto. Fuente: FEMA 154 (2002)

3.3.3. C3: Edificios de concreto reforzado con muros de albañilería no reforzada.

Este tipo de edificaciones consta de un conjunto de pórticos de vigas y columnas de concreto. Los pisos y techos consisten en losas de concreto. Los muros son construidos con unidades de arcilla sólida, bloques de concreto o unidades de albañilería hueca adheridos entre sí con mortero.

El comportamiento sísmico de este tipo de construcción depende de la interacción entre el pórtico y los muros de relleno. Los muros de albañilería trabajan como puntales diagonales a compresión en el pórtico. El comportamiento combinado se parece más a una estructura de muros de corte que a una estructura de pórticos. Un esquema de este tipo de edificación, así como la idealización del muro como puntal, puede apreciarse en la Figura 44.

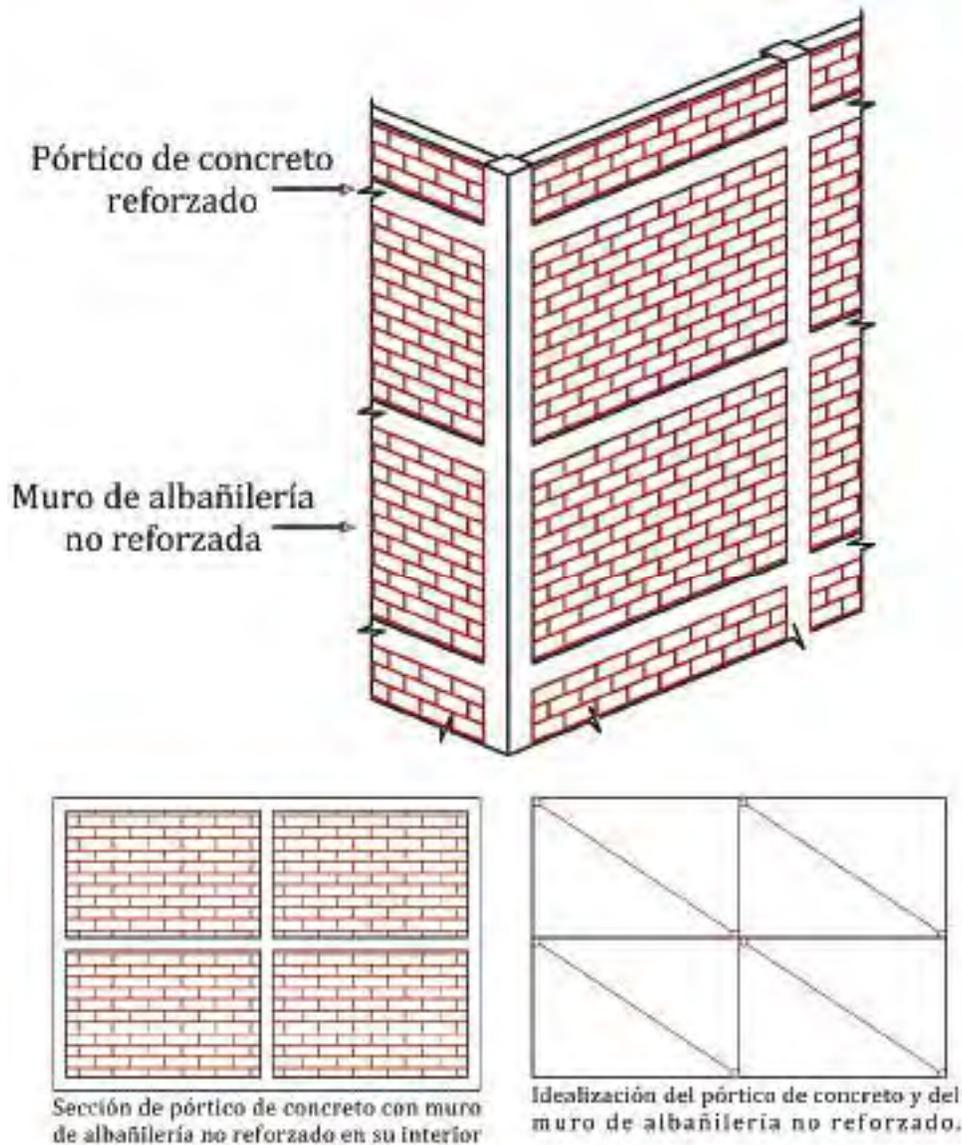


Figura 44: Pórtico de concreto con muro de albañilería no reforzada. Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar que los muros de albañilería experimentan riesgo de volteo ante la acción sísmica perpendicular al plano del muro.

Los muros de albañilería se caracterizan por ser construidos después de desencofrar a la estructura aporticada principal. En la Figura 45 se aprecia este tipo de edificación en proceso de construcción.



Figura 45: Ejemplo de pórticos de concreto con muro de albañilería no reforzado en construcción.
Fuente: Comentarios a la Norma E.070 ALBAÑILERIA SENCICO – Ángel San Bartolomé.

Para aplicar el PIVR se debe conocer, acorde con la edad, si la edificación es antigua, ya que con esta información se puede intuir si ésta lleva o no albañilería no reforzada. En contraste con los pórticos de acero, los pórticos de concreto con relleno de albañilería no reforzada, por lo general muestran una clara evidencia de la presencia del pórtico de concreto. Las columnas son altas y las vigas de concreto tienen luces largas; estos elementos normalmente no están cubiertos por la albañilería.

Un caso en donde la albañilería no reforzada, de relleno, no se puede identificar con facilidad es el caso de edificios comerciales con grandes ventanas en todos los lados; estos edificios pueden tener particiones con muros de albañilería no reforzada en su interior. Otro caso difícil ocurre cuando los muros exteriores están cubiertos por azulejos decorativos o revestimiento de piedra, aquí el material de relleno puede ser albañilería no reforzada o un relleno de concreto fino. En esta situación se deberá revisar la estructura con el propósito de encontrar algún desprendimiento de revestimiento y verificar el tipo de muro, o deberá recurrirse a la revisión de los planos de construcción; si aun así el sistema no pudiera ser identificable entonces se deberá analizar la estructura para ambas suposiciones y se elegirá el resultado más conservador.

3.3.4. PC1: Edificios Tilt-Up

Estas edificaciones son estructuras de uno o más pisos de altura y cuentan con elementos perimetrales prefabricados de concreto que son elaborados en el sitio de obra y luego colocados en el lugar de destino. La losa del suelo y la losa de techo se componen de vigas de madera y de vigas o viguetas de acero soportadas en el interior del edificio sobre columnas de tubos de acero. Los pisos y los techos pueden tener revestimiento de madera o de metal. El sistema de resistencia lateral se compone básicamente de los paneles prefabricados de concreto perimetrales. Los paneles pueden ser sólidos o tener aberturas para las puertas y ventanas. La cimentación consta de zapatas de concreto o cimentaciones con pilotes. De la Figura 46 a la Figura 50 se muestran imágenes referenciales del proceso constructivo de este tipo de estructuras, tomadas de diferentes páginas web de empresas que se dedican a este tipo de edificaciones.



Figura 46: Izaje de placa de concreto prefabricada para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.
Fuente: http://www.grupojoama.com/portfolio_page/edificio-de-administracion-copeg-pacora/



Figura 47: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.
Fuente: <http://www.jamconstruccion.com/03%20Tilt-up/Tilt-up.htm>



Figura 48: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.
Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/la-alternativa-del-tilt-up/>



Figura 49: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.
Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/la-alternativa-del-tilt-up/>



Figura 50: Izaje de placa prefabricada de concreto para construcción de edificación Tipo Tilt-Up.
Fuente: <http://www.jamconstruccion.com/03%20Tilt-up/Tilt-up.htm>

En los edificios Tilt-up tradicionales, los muros de concreto se colocan sobre el suelo y luego se izan hasta sus posiciones finales. Actualmente estos muros se fabrican fuera del sitio de la edificación. En la Figura 51 puede apreciarse edificaciones construidas de este tipo.



Figura 51: Edificaciones industriales tipo Tilt-up. Fuente: FEMA 154 (2002)

Los edificios Tipo Tilt-up constituyen una forma barata y ligera de construcción industrial, y se han hecho cada vez más populares en el oeste y centro de los Estados Unidos desde la década de 1940. En Sudamérica este tipo de edificaciones no son muy empleadas, aunque la empresa TILT-UP SAS ha incursionado con éxito desde 1990 en México, Brasil, Chile, Colombia y República Dominicana con este tipo de construcción.

Las edificaciones de este tipo son típicamente de un piso y a veces de dos pisos de altura, y básicamente tienen una planta rectangular simple. Los muros forman parte del sistema lateral de resistencia. El techo puede ser un diafragma de madera contrachapada construido con vigas de madera o sistema de viguetas, apoyadas en columnas de tubo de acero o columnas tipo “T” y “H” de concreto armado elaborado en obra. El esquema de este tipo de edificaciones puede apreciarse en la Figura 52.

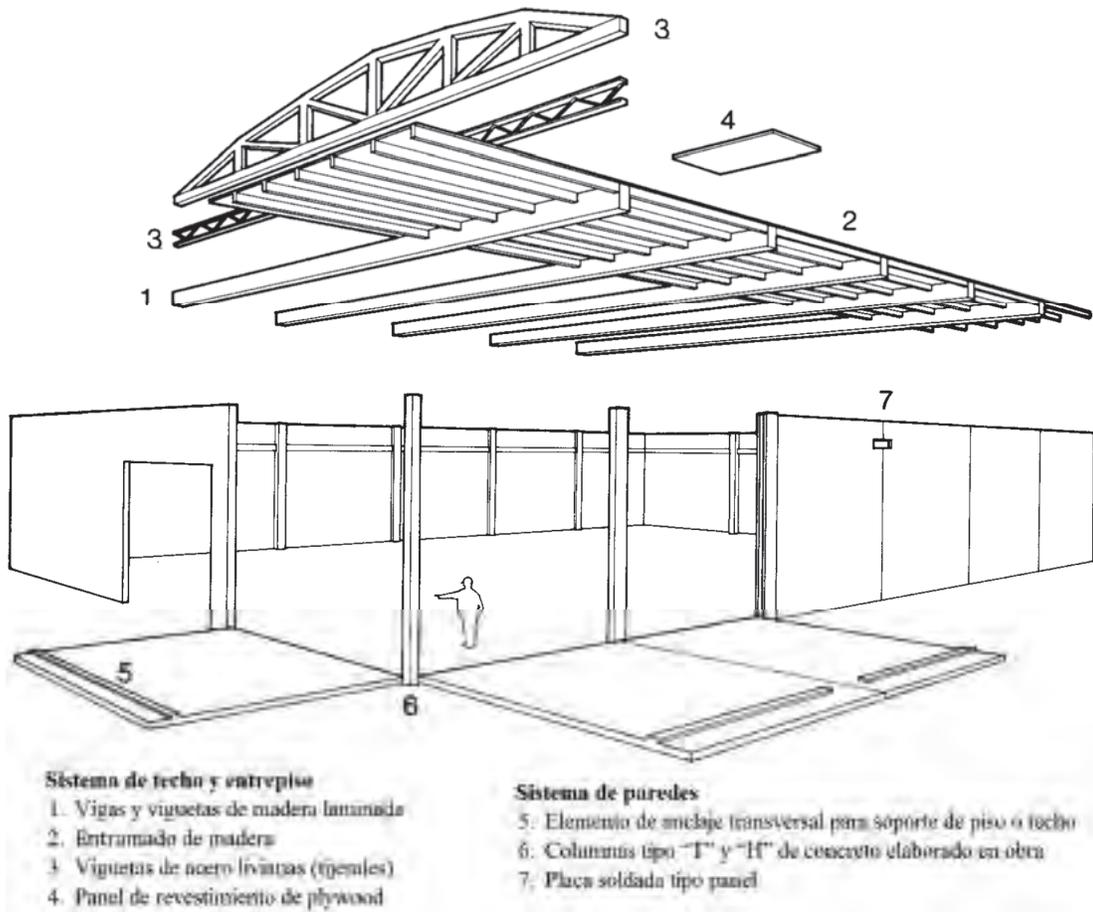


Figura 52: Esquema de edificación tipo Tilt-up. Fuente: FEMA 154 (2002)

El defecto principal en este tipo de edificaciones era la falta de anclaje entre el muro y el diafragma, que se corrigió en el año 1973.

3.3.5. PC2: Estructuras de concreto prefabricadas.

Las estructuras de concreto prefabricado fueron desarrolladas en la década de 1930, pero fue hasta 1960 en que empezó a ser ampliamente utilizadas. De la Figura 53 a la Figura 56 se muestran imágenes referenciales de estructuras construidas con este sistema estructural. En la Figura 57 se muestra un esquema de edificación con estructura de concreto prefabricado.

El pórtico prefabricado es, esencialmente, un sistema de columnas y vigas de concreto, las cuales junto con las losas son prefabricadas y ensambladas en el lugar.

Las columnas pueden tener forma tipo T, formas cruzadas o arcos; y las vigas son a menudo de tipo "T" simple o doble, o de secciones rectangulares.



Figura 53: Estructura de concreto prefabricada en proceso de ensamble. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=_HjyDYRrc1k

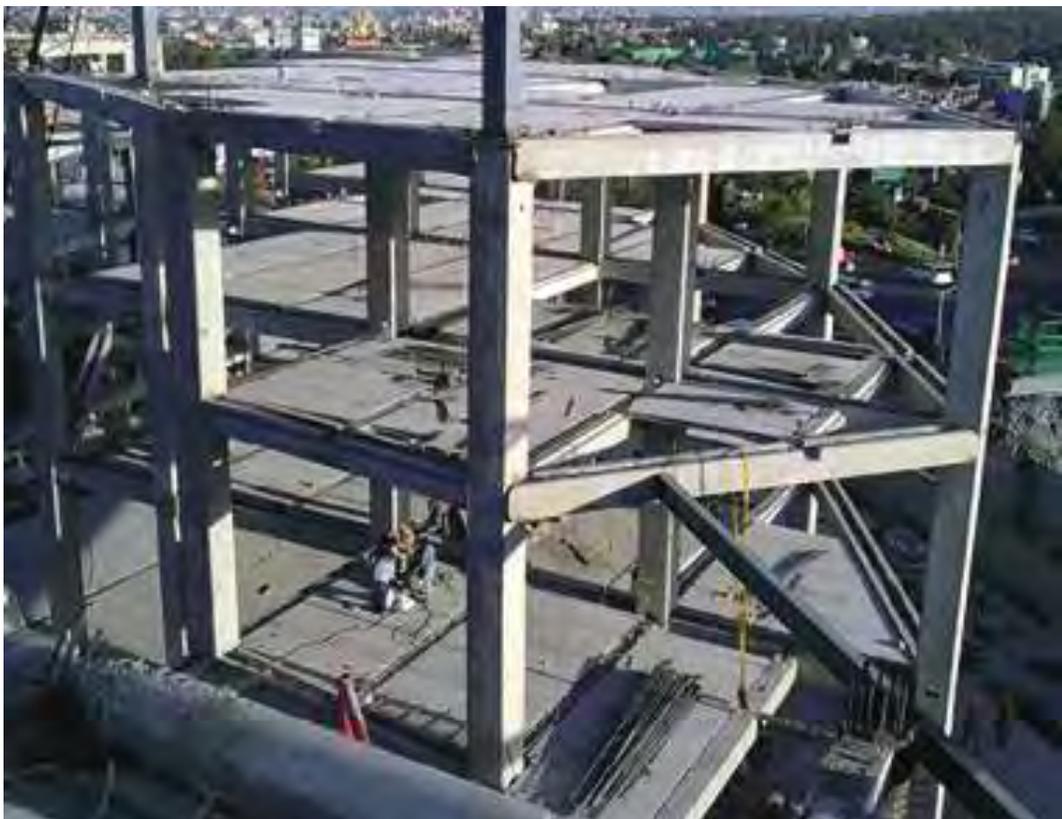


Figura 54: Estructura de concreto prefabricada. Fuente: <http://www.imcyc.com/revistacyt/abr11/fundamentos.htm>



Figura 55: Estructura de concreto prefabricada. Fuente: <http://www.cpaprefabricados.com/>



Figura 56: Estructura de concreto prefabricada en proceso de ensamble. Fuente: <http://guiamexico.com.mx/empresas/capesa-prefabricados-de-concreto.html>

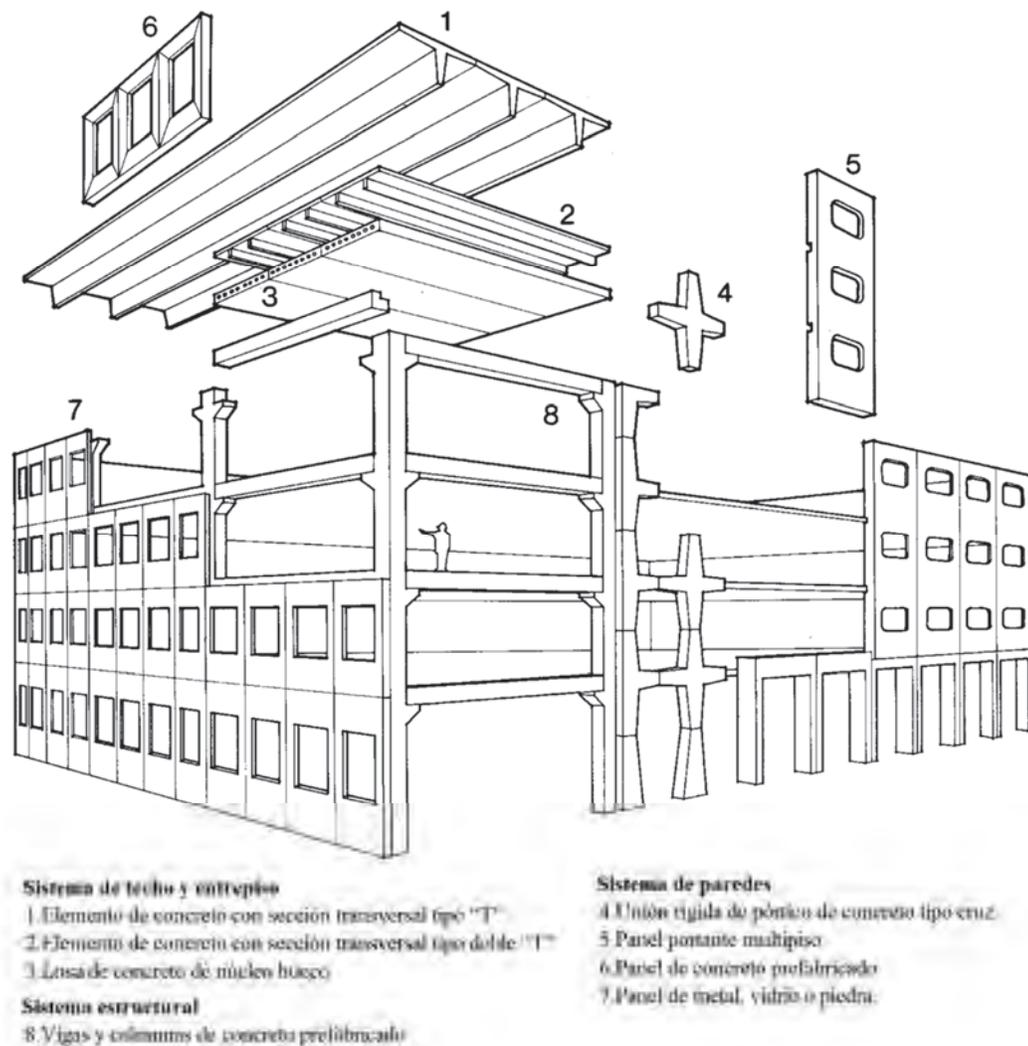


Figura 57: Esquema de edificación con estructura de concreto prefabricada. Fuente: FEMA 154 (2002).

En las edificaciones de este tipo se emplean técnicas de pretensado y post-tensado en los miembros. Algunas características típicas son las siguientes:

1. El concreto prefabricado, en general, es de mayor calidad en comparación con el concreto fabricado in situ. También está disponible en mayor gama de texturas y acabados. Muchos edificios nuevos de concreto y acero tienen paneles prefabricados de concreto, y las columnas se cubren con un acabado exterior. Asimismo, se debe tener presente que la presencia de algunos elementos prefabricados de concreto en la estructura no significa necesariamente que se trata de una estructura compuesta íntegramente de elementos de concreto prefabricado.
2. Se debe tener presente que las características de los elementos prefabricados son bastante diferentes en relación con los acabados de los elaborados en el sitio. Cuando

una estructura de concreto muestra características de un sistema de columnas y vigas prefabricadas lo más probable es que, efectivamente se trate de una estructura prefabricada, ya que, no es económico para un pórtico convencional aparentar ser prefabricado.

3.4. Estructuras de albañilería.

Las estructuras de albañilería se caracterizan por piezas o bloques individuales unidos por un aglomerante. Las piezas o bloques, conocidas como unidades de albañilería, son sólidas y pueden ser de concreto o arcilla.

Las estructuras construidas con este tipo de unidades pueden clasificarse en dos grandes grupos: a) albañilería no reforzada, que es básicamente unidades de albañilería unidas por aglomerante sin ningún tipo de refuerzo adicional, y b) albañilería reforzada que en su núcleo llevan refuerzo de acero.

Las estructuras de albañilería incluidas en esta clasificación son:

- RM1: Edificios con muros de albañilería reforzada con diafragma flexible
- RM2: Edificios con muros de albañilería reforzada con diafragma rígido.
- URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.

Se debe tener presente que un diafragma rígido es capaz de transmitir el desplazamiento a otros elementos como los muros; y en consecuencia la estructura se deforma en conjunto. En cambio, un diafragma flexible puede curvarse originando diferentes desplazamientos, deformaciones y rotaciones lo cual complica el análisis. También al ser poco rígido no es capaz de transmitir con eficiencia las solicitaciones.

Una descripción de cada una de las estructuras de albañilería mencionadas se muestra en los siguientes sub-acápites.

3.4.1. RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible; y RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.

Los muros son de albañilería o bloques de concreto, y el espesor del muro puede variar entre los 20 y 25 centímetros. Es necesaria la inspección del interior de la edificación para determinar si presentan diafragmas flexibles o rígidos. Los entrepisos y techos de estas edificaciones pueden ser de madera, acero o concreto prefabricado. Estos edificios pueden funcionar bien en sismos moderados si están adecuadamente reforzados y con suficientes anclajes en los diafragmas. La práctica ineficiente en este tipo de construcciones resulta en diafragmas delgados y anclajes deficientes. En la Figura 58 y Figura 59 se muestran un esquema y una imagen real, respectivamente, del acero de refuerzo en este tipo de muros. En la Figura 60 se presenta una imagen del levantamiento de un muro de albañilería reforzada.

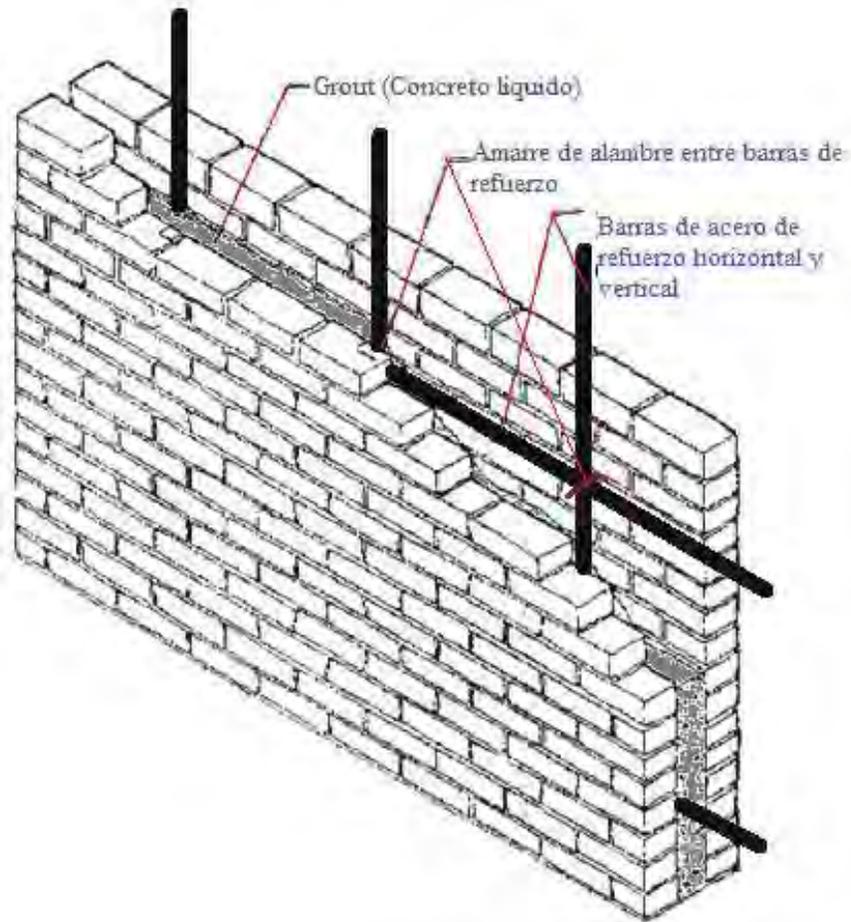


Figura 58: Esquema de albañilería reforzada. Fuente: FEMA 154 (2002)



Figura 59: Acero de refuerzo en muros de albañilería. Fuente: <https://www.chilecubica.com/construcciones-en/alba%C3%B1iler%C3%ADa/>

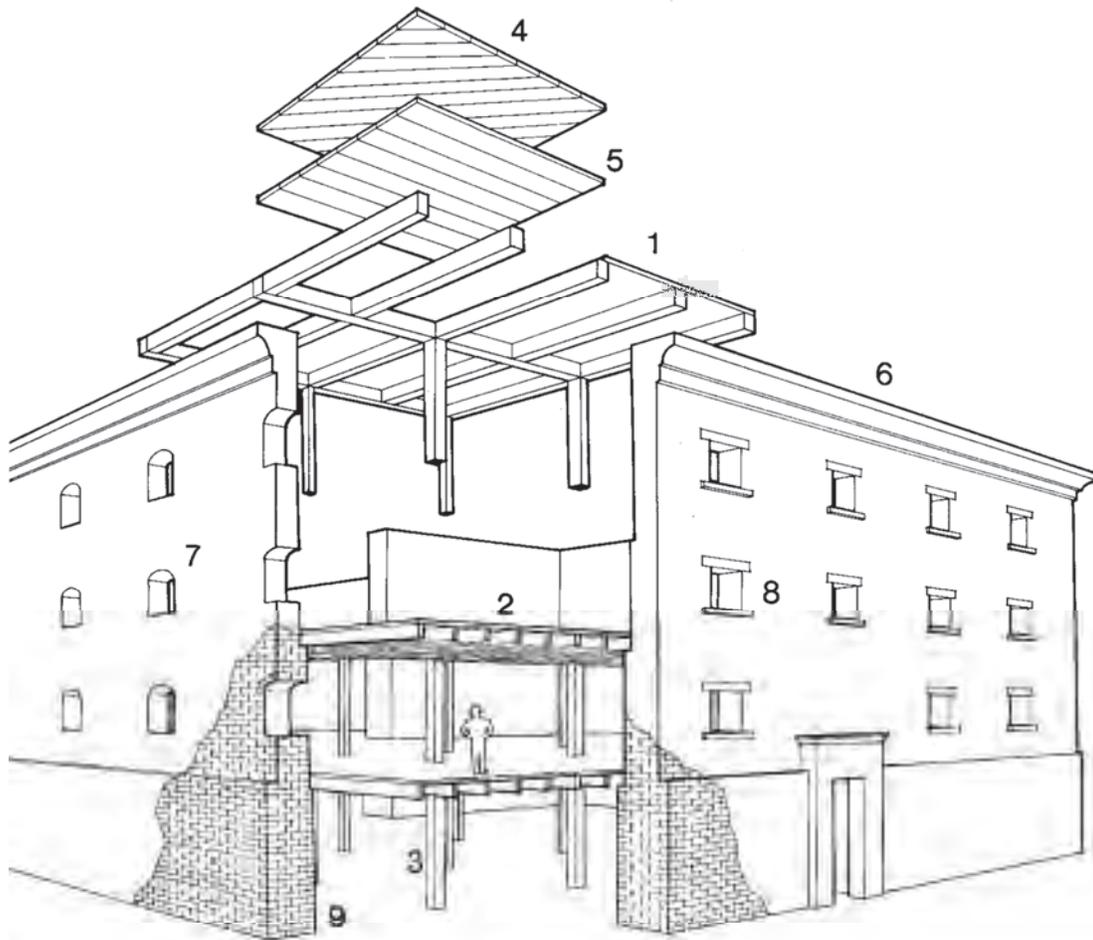


Figura 60: Levantamiento de muro de albañilería reforzada. Fuente: <http://www.ceramicasantiago.cl/user/productos/DSCN0323.JPG>

Los edificios de albañilería reforzada son en su mayoría estructuras de baja altura con muros portantes perimetrales, a menudo con diafragmas flexibles de madera (edificios RM1) aunque también se utilizan diafragmas rígidos construidos con elementos de concreto elaborado en obra o prefabricado (edificios RM2). Los pisos y techos están conformados por vigas de madera laminada o acero ligero. Los muros portantes consisten en unidades de albañilería huecas o sólidas, rellenas y reforzadas; y los pórticos se componen de columnas de concreto o de acero; las divisiones interiores se componen de muros de albañilería también reforzados.

La ocupación varía dependiendo si los edificios son comerciales, residenciales o industriales. Estos edificios tienen una altura menor a cinco pisos, aunque existen muchos edificios de albañilería más altos. Las estructuras de albañilería reforzada suelen ser estructuras básicamente rectangulares. En la Figura 61 y Figura 62 se muestra el esquema típico de este tipo de edificaciones, de cuatro y seis pisos, respectivamente.

Se debe determinar si el edificio es de albañilería reforzada o de albañilería no reforzada. El evaluador también debe determinar si el edificio está enchapado con albañilería o es si un edificio de albañilería. El enchapado o cobertura de madera rara vez se aplica sobre albañilería.



Sistema de techo y entrepiso

1. Vigas y columnas de madera pesada
2. Vigas y viguetas de madera
3. Soporte de madera
4. Recubrimiento de madera diagonal
5. Recubrimiento de madera horizontal

Detalles

6. Parapeto y cornisa no arriostrada
7. Ventanas con vano tipo arco
8. Pequeñas aberturas en muro (típico en almacenes)
9. Muro portante de albañilería

Figura 61: Esquema de estructura de albañilería reforzada de 4 pisos. Fuente: FEMA 154 (2002).

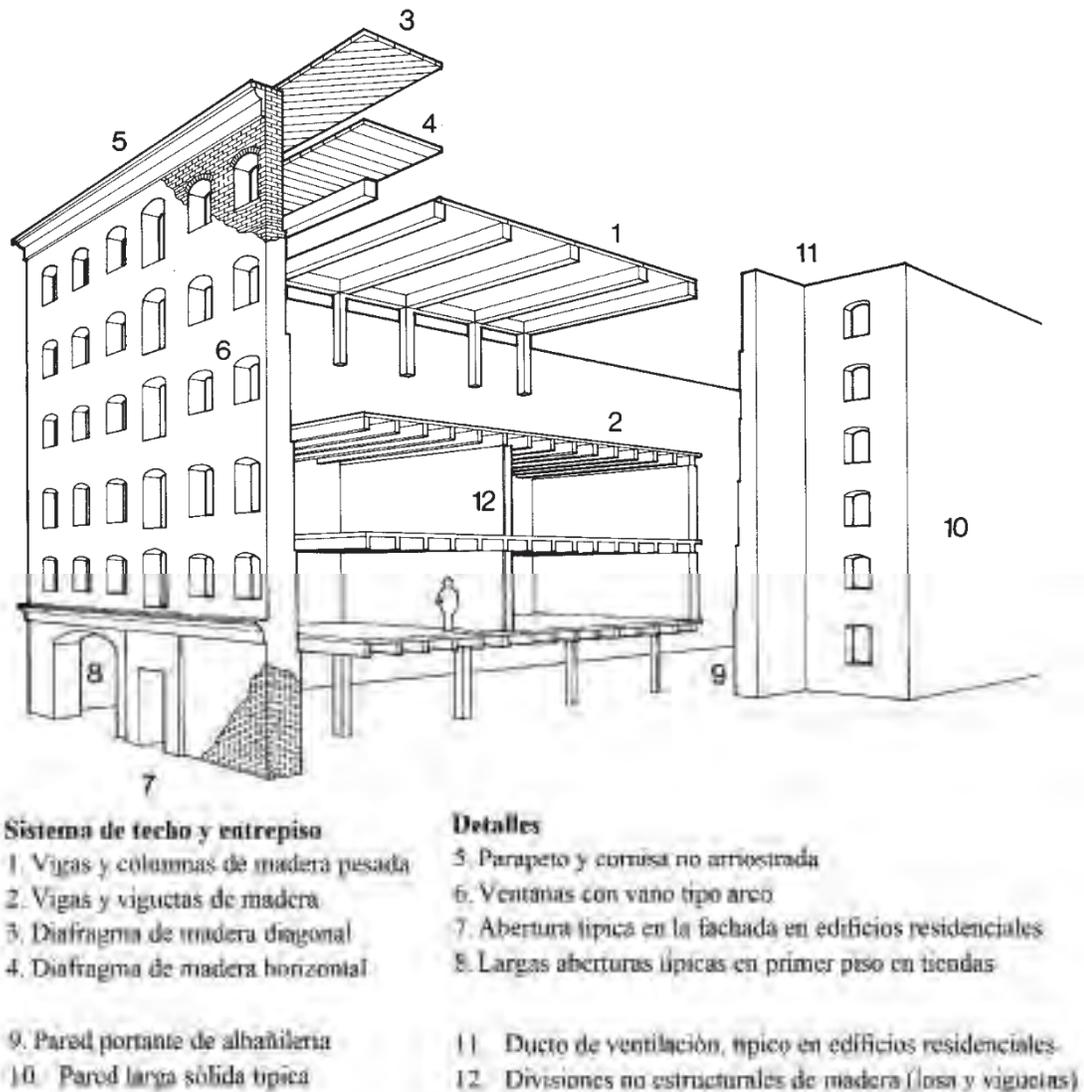


Figura 62: Esquema de estructura de albañilería reforzada de 6 pisos. Fuente: FEMA 154 (2002).

3.4.2. URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.

La albañilería no reforzada por lo general presenta ladrillos en amarre de cabeza en la superficie del muro. El desempeño de este tipo de construcción es pobre debido a la falta de anclaje entre los muros y el techo, puede ser que el mortero sea débil, y la distancia entre las aberturas de las ventanas sea muy corta.

Blanco (2010) comenta que el uso de los muros de albañilería en el Perú se remonta a los inicios del siglo 20, en que todas las edificaciones se basaban en muros de adobe o ladrillo, con muros de quincha o ladrillo en el segundo nivel. Los entrepisos y techos eran con viguetas de madera, excepto en el caso de bóvedas o cúpulas que podían ser de madera, ladrillo o piedra. Con la llegada del cemento y tras el inicio de obras en concreto y concreto armado, se cambió la concepción del diseño arquitectónico y estructural. Sin embargo, a

pesar de estructurarse en base a pórticos (vigas y columnas) de concreto armado, no desaparecen los muros de albañilería, que eran gruesos con un espesor mayor a 25 cm. Estos siempre estaban presentes en los cerramientos laterales, fachadas y divisiones interiores.

En las décadas de 1950 y 1960 se produjeron cambios importantes en la arquitectura peruana.

Se eliminaron los muros de albañilería de las edificaciones. Sin embargo, en las construcciones informales, que son la gran mayoría de las edificaciones presentes en nuestro medio, aún se sigue utilizando este tipo de construcciones, incluso construidas sin seguir criterios de diseño alguno o reforzamiento aun cuando hay normas de diseño; esta condición hace aún más vulnerables las edificaciones de este tipo.

Estos edificios generalmente son de uno a seis pisos de altura, y funcionan como edificios comerciales, residenciales o industriales. La construcción varía según el tipo de uso, aunque los diafragmas de piso y techo de madera son comunes. Los edificios comerciales y residenciales más pequeños suelen tener entrepisos de madera liviana, y las vigas del techo están apoyadas sobre el muro perimetral típico.

Las edificaciones con mayor área de planta, tales como almacenes industriales, tienen techos más pesados y columnas interiores, usualmente de madera. Los muros portantes de estas edificaciones industriales tienden a ser más gruesos frecuentemente en el orden de los 60 centímetros o más en la base. El grosor de los muros de estructuras tipos residenciales, comerciales y los edificios de oficina, suele ser de 20 centímetros en pisos superiores a 45 centímetros en pisos inferiores.

En la Figura 63 se muestra un esquema de este tipo de edificaciones.

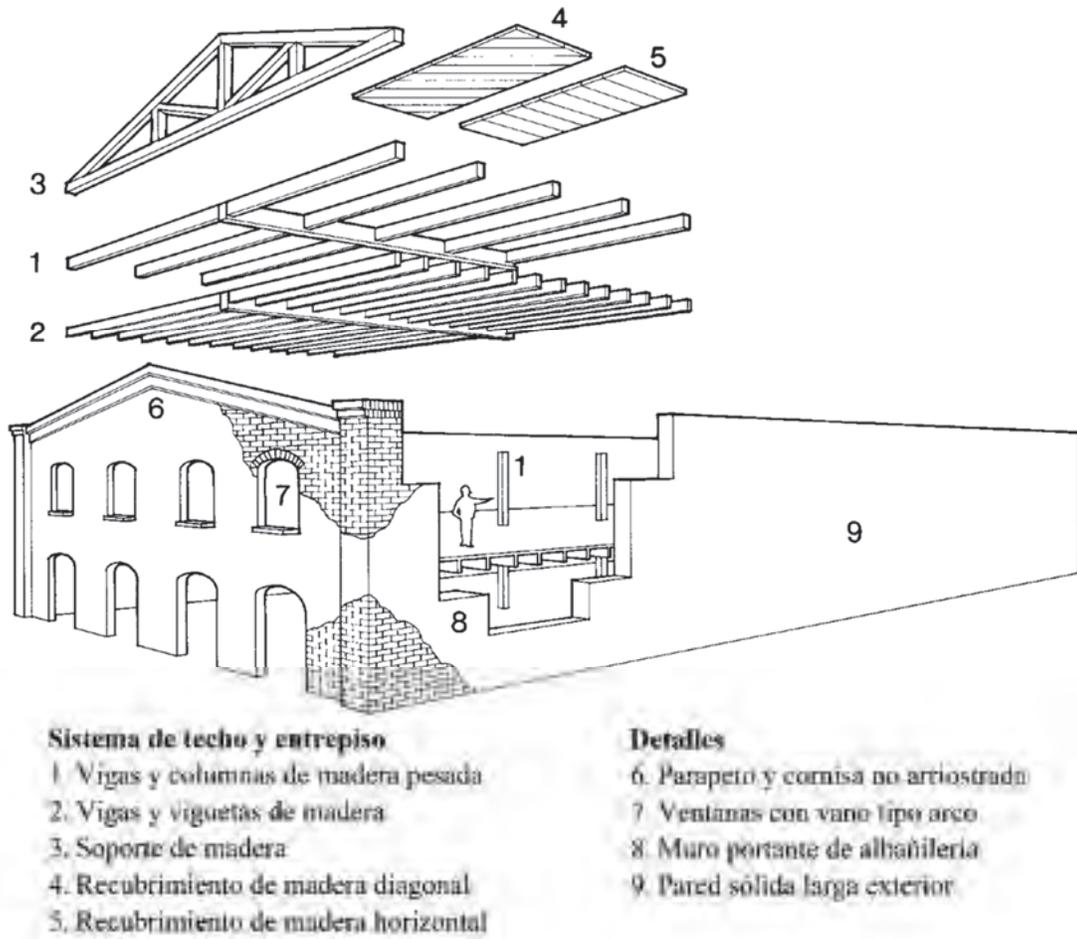


Figura 63: Esquema de estructura de albañilería no reforzada de dos pisos. Fuente: FEMA 154 (2002)

Capítulo 4

Interpretación del índice de vulnerabilidad obtenido con el PIVR

En este capítulo se presentará la base probabilística de la confiabilidad estructural con el propósito de interpretar los parámetros principales que se manejan en el PIVR que son el puntaje estructural final y el puntaje de corte. El puntaje estructural final define la vulnerabilidad, y el puntaje de corte es un indicador del desempeño esperado de la edificación ante eventos sísmicos.

4.1. Generalidades del PIVR

El PIVR es un procedimiento que permite identificar preliminarmente las edificaciones vulnerables a sismos de gran magnitud. Los edificios identificados por este procedimiento como potencialmente peligrosos deben ser analizados con más detalle por un profesional con experiencia en evaluación sísmica.

Desde la publicación original de FEMA 154 en 1988, el PIVR ha sido ampliamente utilizado por las comunidades locales y agencias gubernamentales en EE. UU. Una cuestión fundamental en la implementación de FEMA 154 fue la interpretación de la puntuación estructural final S , y la selección de la puntuación de corte S_0 . Por debajo de esta puntuación de corte se requerirá una evaluación sísmica detallada de la construcción por un profesional de evaluación sísmica.

4.2. Interpretación del puntaje obtenido

La puntuación final “S” es una estimación de la probabilidad, de que la serviciabilidad del edificio se vea comprometida íntegramente e incluso llegar a tal punto que provoque el colapso del edificio, esto bajo un escenario en que se produzcan movimientos sísmicos que igualen o superen al máximo movimiento sísmico considerado en la norma de diseño. Estas estimaciones de la puntuación están basadas en la probabilidad de colapso y en los datos

analíticos y observaciones. Por ejemplo, una puntuación final de $S=3$ implica que hay una probabilidad de 1 en 10^3 , de que el edificio colapse si se produce el máximo movimiento sísmico. Un marcador final de $S=2$ implica que hay una probabilidad de 1 en 10^2 , de que el edificio colapse si se producen estos movimientos sísmicos. Una de las cuestiones más difíciles sobre la aplicación del PIVR es establecer una puntuación final “S” adecuada, la cual está en función de los costos de la seguridad y los beneficios obtenidos.

Estos costos de la seguridad incluyen:

- Los costos de la revisión e investigación de cientos o miles de edificios con el fin de identificar a una fracción de los que en realidad pueden soportar grandes daños en un terremoto; y
- Los costos asociados con la rehabilitación de los edificios con vulnerabilidad alta.

El beneficio más importante es la salvación de vidas y la prevención de lesiones debido a la reducción de daños en los edificios que se rehabilitan. Este daño reducido incluye no sólo un menor daño material sino también un menor número de interrupciones en las actividades de la sociedad que son importantes para la vida y los negocios diarios. La identificación de los edificios peligrosos y la mitigación de sus riesgos son de vital importancia puesto que existen edificaciones que pueden sufrir graves daños o un posible colapso ante un evento sísmico.

4.3. Base probabilística de la confiabilidad estructural

Las decisiones de ingeniería se deben tomar teniendo en cuenta que existe presencia de incertidumbres derivadas de la aleatoriedad inherente de muchos parámetros de diseño, al modelado imperfecto y a la falta de experiencia. De hecho, a causa de estas incertidumbres se requieren para el diseño márgenes de seguridad previstos por la especificación de esfuerzos admisibles, factores de resistencia, factores de carga, y similares. Los parámetros de resistencia y carga son deterministas, pero pueden presentar una regularidad estadística, lo que significa que existe al menos un pequeño nivel de incertidumbre en sus variables. En ese sentido la teoría de la probabilidad debe proporcionar el marco para el establecimiento de límites específicos aceptables para el diseño.

Muchas normas reconocen desde hace algún tiempo que, en la especificación de los valores de diseño de la resistencia y la carga, debe considerarse la dispersión o variación estadística inherente a ellas.

La evaluación del análisis estructural puede definirse a través de dos variables, la resistencia R y la carga Q , esta última dimensionalmente consistente con R . El evento de fallo en este caso llega cuando se cumple la Ecuación 2.

$$R - Q < 0 \quad \text{Evento de fallo del análisis estructural.....(2)}$$

Definida la función " $R - Q$ ", con media y desviación estándar, se define el parámetro β como la cantidad de veces en que la desviación estándar mueve la media hacia la izquierda hasta hacerla función 0, tal como se aprecia en la Ecuación 3:

$$\beta = \left| \frac{(R-Q)_i - (\overline{R-Q})}{\sigma_{(R-Q)}} \right| \text{ Confiabilidad de la muestra estadística.....(3)}$$

En la Figura 64 se muestra una gráfica de distribución normal para todos los posibles valores de $R-Q$, definidos éstos como $(R - Q)_i$. La distribución de estos valores corresponde a una curva que puede ajustarse a una distribución normal. La gráfica de la distribución normal tiene la forma de una campana, conocida como la campana de Gauss. Sus características son las siguientes:

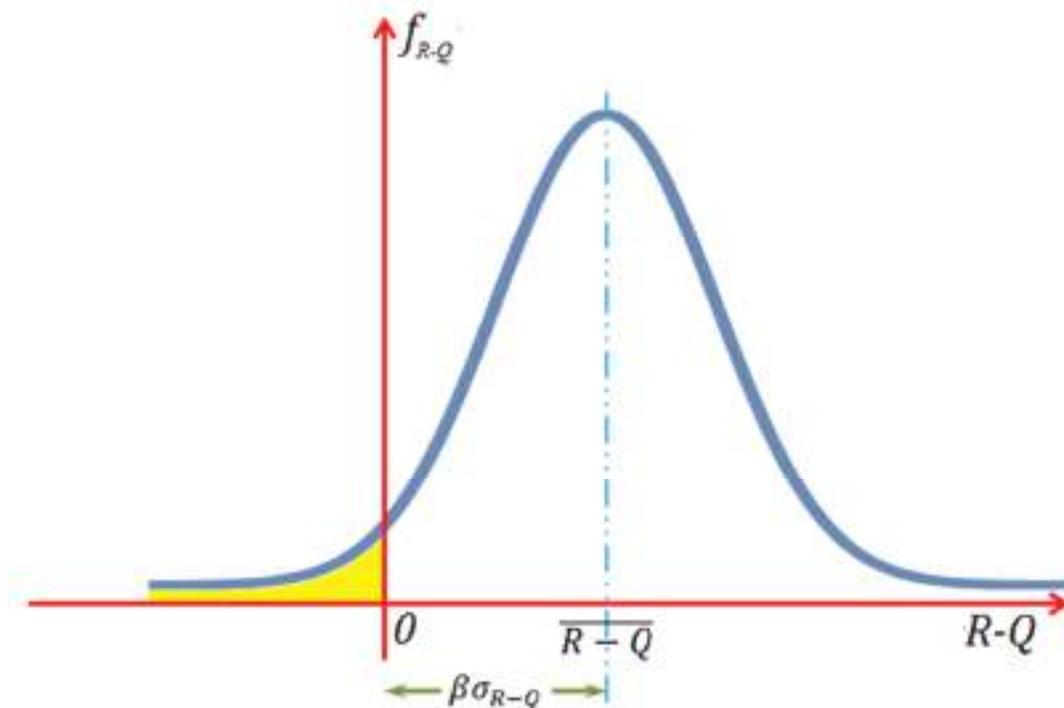


Figura 64: Gráfica de la confiabilidad. Fuente: Elaboración propia.

- Es una distribución simétrica.
- Es asintótica, es decir sus extremos nunca tocan el eje horizontal, cuyos valores tienden a infinito.
- En el centro de la curva se encuentran la media, la mediana y la moda.
- El área total bajo la curva representa el 100% de los casos.
- Los parámetros principales del modelo matemático son la media y la varianza, a partir de las cuales puede construirse la campana de Gauss.

Esta distribución es un modelo matemático que permite determinar probabilidades de ocurrencia para distintos valores de la variable. Así, para determinar la probabilidad de encontrar un valor de la variable $(R - Q)_i$, que sea igual o inferior a un cierto valor, conociendo el promedio y la varianza de un conjunto de datos, se deben reemplazar los valores de la media $\overline{R - Q}$, varianza $\sigma_{(R-Q)}$, y el valor deseado $(R - Q)_i$ en la Ecuación 3 que es la fórmula matemática del modelo.

Para calcular la probabilidad asociada a este índice β se recurre a tablas que permiten hallar el área que hay desde cualquier valor no negativo de β hasta infinito. Se presenta a continuación en la Tabla 4 un ejemplo de este tipo de tablas en forma resumida.

Tabla 4: Probabilidad asociada al parámetro β . Fuente: Estadística – Angulo (2011)

β	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
0.0	0.500000	0.503989	0.507978	0.511966	0.515953	0.519939	0.523922	0.527903	0.531881
0.1	0.460172	0.456205	0.452242	0.448283	0.444330	0.440382	0.436441	0.432505	0.428576
0.2	0.579260	0.583166	0.587064	0.590954	0.594835	0.598706	0.602568	0.606420	0.610261
0.3	0.582089	0.578280	0.574484	0.570700	0.566928	0.563169	0.559424	0.555691	0.351973
0.4	0.655422	0.659097	0.662757	0.666402	0.670031	0.673645	0.677242	0.680822	0.684386
0.5	0.308538	0.305026	0.301532	0.298056	0.294599	0.291160	0.287740	0.284339	0.280957

En la Tabla 4, para calcular, por ejemplo, el valor de la probabilidad que corresponde a un valor de β de 0,38, se toman en la columna izquierda el valor de 0,3 y en la fila superior el valor de 0,08, de tal forma que la suma de ambos valores corresponda al valor buscado de β . Luego se busca la intersección entre la fila donde se encuentra el valor de 0,3 y la columna donde se encuentra el valor de 0,08, esto se señala en color rojo; así, en la intersección de la fila y columna se obtiene la probabilidad que corresponde a dicho β , ésta es 0.3519 ó 35.19%; de igual forma, se señala en color azul, para un valor de β de 0,12, el mismo procedimiento descrito anteriormente, obteniéndose la probabilidad de 0.4522 o 45.22%.

En la Figura 64, el área sombreada corresponde a la probabilidad de encontrar un valor de la variable que sea igual o inferior a un valor dado; en este caso, lo que se desea es evaluar la situación en que el valor de $(R - Q)_i$ sea inferior a cero, lo que significaría que la sollicitación de carga es superior a la resistencia del elemento en análisis. Esa probabilidad es la que se desea conocer y es la probabilidad de que el elemento falle, el valor de β asociado a esta probabilidad es lo que llamaremos índice de confiabilidad β .

Más adelante en el Acápito 4.5 se mostrará un rango de valores de índice de confiabilidad para elementos estructurales sometidos a diferentes combinaciones de carga. Con estos rangos se deciden los valores de confiabilidad que se usarán posteriormente a fin de justificar la selección del parámetro de corte $S_0=2$:

El uso de un puntaje de corte de mayor valor implica una mayor seguridad deseada, pero incrementa los costos de toda la comunidad para las evaluaciones y rehabilitaciones.

Asimismo, con el uso de un menor valor de S_0 las edificaciones tendrán un mayor riesgo sísmico pero los costos para las evaluaciones y la rehabilitación de toda la comunidad antes de un terremoto serán más bajos a corto plazo.

Para la aplicación del PIVR es importante que el evaluador sea entrenado y tenga experiencia en el ámbito de la construcción.

El uso del PIVR permitirá finalmente identificar las edificaciones en:

- Edificaciones con desempeño sísmico aceptable, y
- Edificaciones potencialmente peligrosas que sísmicamente deben estudiarse más a fondo.

Puesto que la detección visual rápida está diseñada para ser realizada desde el exterior y no con la inspección del interior, habrá detalles que no siempre serán visibles en las edificaciones. Así una estructura que bien podría calificarse con comportamiento aceptable, podría no tenerlo. A la inversa, edificios inicialmente identificados como potencialmente peligrosos por el PIVR puede resultar con un comportamiento adecuado.

El PIVR según el manual elaborado por la FEMA está diseñado para llevarse a cabo sin realizar cálculos de análisis estructural. El PIVR utiliza un sistema de puntuación que requiere que el usuario:

- Identifique el sistema estructural primario de resistencia de carga lateral, e
- Identifique los atributos de la construcción que modifiquen el comportamiento sísmico esperado de este sistema de carga lateral-resistente.

4.4. Puntuación de corte S_0

La puntuación de corte es el puntaje que divide las edificaciones en dos tipos de categorías, aquellas que tendrían un desempeño aceptable bajo una acción sísmica y aquellas que requieren de un análisis más detallado a fin de determinar su performance ante un evento sísmico.

La puntuación de corte recomendada por la FEMA es de 2. Cabe indicar que el valor de la puntuación de corte debe seleccionarse con mucho criterio, y se debe tomar en cuenta varios factores que involucran la capacidad económica y los riesgos a tomar cuando se selecciona un mayor o menor valor de corte. Como se mencionó anteriormente, una puntuación final de $S=3$ implica que hay una probabilidad de 1 en 10^3 , o 1 en 1000 de que el edificio colapse bajo acción sísmica; una puntuación final de $S=2$ implica una probabilidad de 1 en 10^2 , o 1 en 100 de que el edificio colapse.

Cada comunidad tiene que participar en alguna consideración de los costos y beneficios de la seguridad sísmica, y decidir cuál es el valor de “corte” adecuado. Tal vez la

mejor cuantificación de los riesgos inherentes a los códigos de construcción modernos fue un estudio sobre la práctica del diseño realizado por la “American National Bureau of Standards” (NBS, 1980), que observó:

“En la selección de los valores de la confiabilidad se decidió, después de examinar cuidadosamente los índices de confiabilidad resultantes de muchas situaciones de diseño, que un $\beta=3$ es un valor medio representativo de muchos elementos estructurales utilizados con frecuencia cuando se les somete a cargas de gravedad, mientras que $\beta=2,5$ y $\beta=1.75$ son valores representativos de cargas que incluyen el viento y sismo, respectivamente”. Este concepto de confiabilidad se define en el siguiente acápite de manera más apropiada.

4.5. Confiabilidad del diseño estructural

Un elemento estructural diseñado acorde a una especificación estructural actual tiene una confiabilidad relativa de ese diseño que puede ser calculada a partir de datos que definen las distribuciones de probabilidad y estadística de la resistencia, las cargas y sus efectos. Esta confiabilidad se expresa como un número llamado el índice de confiabilidad, β , que tal como se utiliza en la American National Bureau of Standards es aproximadamente equivalente al índice de vulnerabilidad S que es el parámetro utilizado en esta tesis.

El índice de confiabilidad β generalmente varía de 2 a 8 dependiendo del tipo de estructura y las cargas. Al determinar repetidamente el índice β para muchos diseños estructurales se puede comparar la confiabilidad relativa de los diferentes elementos estructurales construidos a partir de distintos materiales estructurales.

4.5.1. Cargas de gravedad

Las combinaciones de carga predominantes implican cargas de gravedad, y son $CM_n + CV_n$ y $CM_n + CN_n$, donde CM_n es la Carga muerta nominal, CV_n es la Carga viva nominal y CN_n es la Carga de nieve nominal.

Cada situación de diseño se define por un conjunto de valores de resistencia y carga nominal que se muestra a continuación. Se indica que la carga nominal corresponde a aquella para la que está diseñada la pieza, instalación, o estructura, pero puede no coincidir exactamente con el valor real.

El cálculo de la resistencia esperada R_n se realiza con las siguientes expresiones:

- Para el diseño por esfuerzos admisibles:
 $R_n/F_s = CM_n + CV_n$; donde F_s es el factor de seguridad.
- Para el diseño plástico de estructuras de acero:
 $R_n = 1.7(CM_n + CV_n)$
- Para estructuras de concreto:

$\phi R_n = 1.4CM_n + 1.7CV_n$, donde ϕ es el factor de reducción de resistencia.

Los casos de carga por gravedad gobiernan en muchas situaciones y se consideran de fundamental importancia en el trabajo de diseño.

Para los análisis que se presentarán más adelante, el subíndice “n” identifica a las cargas nominales; y el subíndice “o”, a las cargas de diseño sugeridas por la norma o código de diseño. Las variaciones típicas de β con CV_o/CM_n y CN_n/CM_n se dan en la Figura. 65 para vigas de concreto reforzado y acero; y en la Figura 66, para muros de albañilería no reforzada y muros de concreto. V_R es el coeficiente de variación de la resistencia, que se obtiene calculando la dispersión estadística de los valores de la resistencia a la que se sometieron los elementos. En general, β disminuye cuando CV_o/CM_n o CN_n/CM_n aumentan.

Por otra parte, se debe tener en cuenta, según NBS (1980), que para las vigas de concreto armado se tienen rangos típicos de CV_o/CM_n o CN_n/CM_n que comprenden de 0.5 a 1.5, mientras que para vigas de acero el rango es de 1.0 a 2.0, tal como se observa en la Figura 65. Acorde con los rangos típicos mostrados en esta figura los valores de las proporciones de carga significativas para vigas de acero están desplazados a la derecha con respecto a vigas de concreto lo que implica que su índice de confiabilidad es más bajo y por ende su probabilidad de falla es mayor que la de los elementos de concreto. Los valores representativos de β son 2.8 y 3.1 para vigas de concreto, y 2.5 y 2.9 para vigas de acero para las combinaciones $CM_n + CV_n$ y $CM_n + CN_n$ respectivamente.

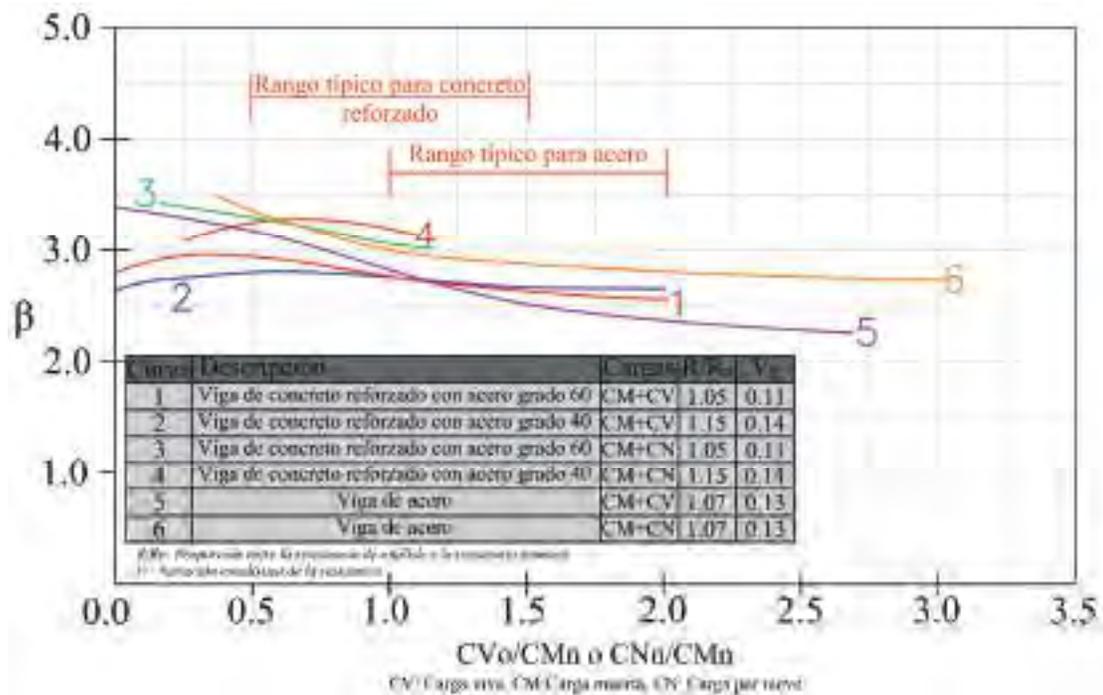


Figura 65: Índice de confiabilidad para vigas de acero y vigas de concreto reforzado. Fuente: NBS (1980)

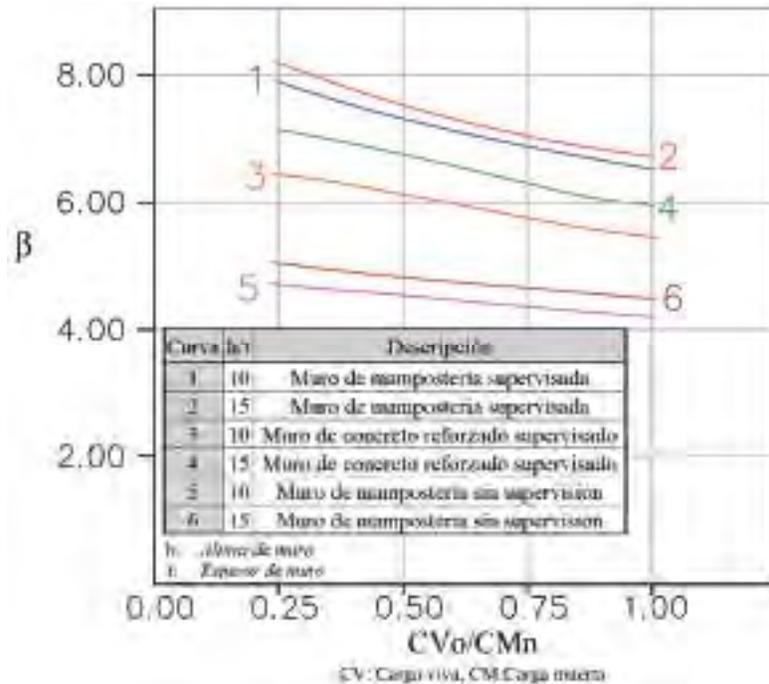


Figura 66: Índice de confiabilidad de muros de albañilería no reforzada y muros de concreto.
 Fuente: NBS (1980).

Por consiguiente, se puede decir que el índice de confiabilidad β para las estructuras típicas de acero y de concreto, bajo cargas vivas y muertas, se encuentra en las proximidades de 3. En cambio, el índice β típico es más alto para muros de albañilería y muros de concreto, tal como se aprecia en la Figura 66. Por ejemplo, para los muros de albañilería en compresión construidos con mano de obra supervisada con una relación de carga típica $CV_0/CM_n = 0.5$, su índice de confiabilidad es de $\beta = 7.4$; y $\beta = 6.2$ para muros de concreto. Por otra parte, la confiabilidad para muros de albañilería sin supervisión es considerablemente menor, con un valor de $\beta=4.7$.

Siendo el índice de confiabilidad β semejante al índice de vulnerabilidad S , y teniendo en cuenta que la probabilidad de falla relacionada con el índice de vulnerabilidad S se expresa como $1/10^S$ se puede afirmar que elementos con menor probabilidad de falla serán los de muros de albañilería con supervisión, y aquellos con mayor probabilidad de falla serán los de muros de albañilería sin supervisión.

4.5.2. Cargas de gravedad y ambientales

Las combinaciones de carga más importantes son $U = CM_n + CV_n + CW_n$, y $U = CM_n + CV_n + CS_n$; donde CM_n es la carga muerta nominal, CV_n es la carga viva nominal, CW_n es la carga de viento nominal y CS_n es la carga de sismo nominal. U correspondería a la carga última. La resistencia esperada, R_n , se determina para cada situación de acuerdo con:

- Diseño por esfuerzo admisible:

$R_n = \frac{3}{4} F_s (CM_n + CV_n + CW_n)$ y $R_n = \frac{3}{4} F_s (CM_n + CV_n + CS_n)$; donde F_s es el factor de seguridad.

- Diseño plástico de acero:

$R_n = 1.3(CM_n + CV_n + CW_n)$ y $R_n = 1.3(CM_n + CV_n + CS_n)$

- Diseño de concreto armado:

$R_n = \frac{0.75}{\phi} \times (1.4CM_n + 1.7CV_n + 1.7CW_n)$ y $R_n = \frac{0.75}{\phi} \times (1.4CM_n + 1.7CV_n + 1.7CS_n)$; donde ϕ es el factor de reducción de la resistencia.

La variación del índice de confiabilidad β para la combinación de carga última $U = CM_n + CV_n + CW_n$ con diversas proporciones de CV_0/CM_n y CW_n/CM_n se muestra en la Figura. 67 para vigas de concreto armado. En esta figura se puede observar que β es menor a medida que aumenta CW_n/CM_n ; y β es mayor a medida que aumenta el valor de CV_0/CM_n . El índice de confiabilidad β tiende a un valor de 2.5 en los casos en que el viento es el componente de mayor carga.



Figura 67: Índice de confiabilidad para vigas de concreto reforzado para carga medioambiental de viento. Fuente: NBS (1980).

La variación de β para la proporción de $CV_0/CM_n = 1$ y distintas proporciones de CS_n/CM_n se muestra en la Figura 68 para vigas y columnas de concreto armado con acero grado 60. Esta figura presenta los valores típicos de β para las combinaciones que incluyen carga sísmica, $U = CM_n + CV_n + CS_n$, correspondientes a dos ubicaciones: Boston y Los Ángeles. Se aprecia en esta figura que los valores típicos de β son alrededor de 1.8 a 2.5 para

Boston, y alrededor de 1.5 a 2.5 para Los Ángeles. Según estos resultados la NBS (1980) afirma que los índices de confiabilidad para ambas zonas se encuentran alrededor de 1.75 en vigas y columnas de concreto reforzado.

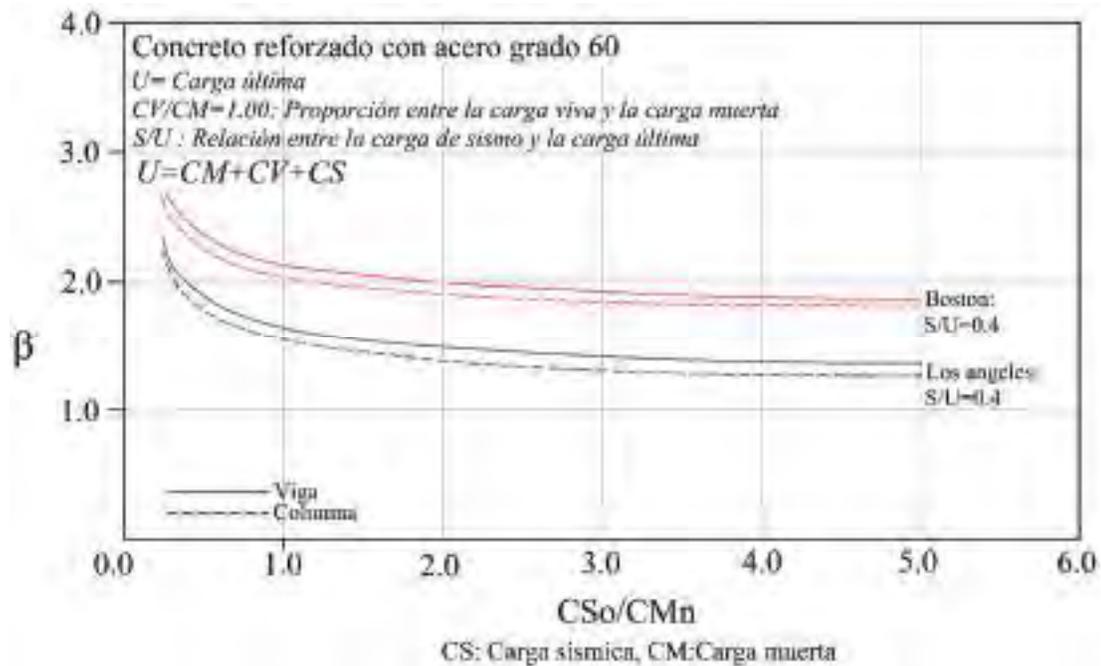


Figura 68: Índice de confiabilidad para vigas de concreto reforzado para carga medioambiental de sismo. Fuente: NBS (1980).

4.6. Valoración de los resultados

Para diversas combinaciones de carga y para diversos tipos de materiales, se puede afirmar que el índice de confiabilidad " β " inherente al diseño actual es menor para las combinaciones de carga que incluyen efectos de las cargas de viento y sismo que para las combinaciones de cargas de gravedad, lo que significa que la fiabilidad del diseño estructural baja cuando se ven involucradas las cargas de viento y sismo.

La confiabilidad definida para las cargas de diseño se resume en los siguientes:

CM+CV, $\beta=3.0$

CM+CN, $\beta=3.0$

CM+CV+CW, $\beta=2.5$

CM+CV+CS, $\beta=1.75$

Se debe notar que los valores del índice de confiabilidad pueden variar mucho, dependiendo del tipo de carga estructural, tipo de material estructural, estado límite y tipo de elemento dentro de la estructura. Después de examinar cuidadosamente los índices de confiabilidad resultantes de muchas situaciones de diseño, se concluye que un valor de $\beta=3$ es un valor medio representativo para muchos elementos estructurales cuando son sometidos

a cargas de la gravedad, mientras que un valor de $\beta=2.5$ y $\beta=1.75$ son valores representativos para cargas que incluyen viento y sismo, respectivamente.

Capítulo 5

Análisis cuantitativo del método

En el capítulo anterior se presentó la interpretación de los resultados obtenidos por el método de inspección visual rápida. Estos resultados son el puntaje estructural final y el parámetro de corte, que son los indicadores de la vulnerabilidad y performance de la edificación en análisis. En este capítulo se presenta un análisis del impacto de los modificadores de puntaje básico en los tipos de estructuras consideradas por el método de inspección visual rápida. Cabe indicar que los modificadores permiten obtener el puntaje estructural final el cual deberá ser comparado con el parámetro de corte para verificar si la edificación presenta riesgo de falla acorde con el PIVR.

5.1. Atributos de las edificaciones según el PIVR.

Las edificaciones, acorde al método PIVR, presentan atributos que permiten evaluar su desempeño ante un evento sísmico. Estos atributos son:

- Altura de la edificación.
- Regularidad vertical.
- Regularidad de planta.
- Año de construcción y diseño.
- Tipo de suelo de emplazamiento.

La altura de la edificación se obtiene de manera aproximada con el número de pisos de la edificación. Asimismo, para determinar el año de construcción y diseño se debe tener en cuenta que a pesar de que la edificación pudo haber sido construida recientemente, los planos pudieron haber sido elaborados con anterioridad bajo otros criterios sísmicos. En ese caso, se deberá tomar en cuenta el año de diseño de dicha edificación más no el de construcción.

Hay características y atributos adicionales que son inherentes a las edificaciones. Estos atributos son el número de pisos que poseen y la guía del criterio sísmico con la cual fueron

diseñadas y posteriormente construidas. Esto implica que para que una edificación sea concebida, necesariamente debe contar con diseño geométrico y criterio estructural.

Cabe indicar que las edificaciones de menor altura no tienen modificador de puntaje, ya que se encuentra incluidos en los puntajes estructurales básicos. Los modificadores de puntaje de las edificaciones de media altura, de 4 a 7 pisos, en relación con los modificadores de puntaje de las edificaciones de gran altura, de siete pisos a más, tienen valores menores, lo cual indica que a una mayor altura la edificación tendrá un mejor comportamiento estructural.

Los modificadores de puntaje para edificios de mediana altura y gran altura en la primera edición de FEMA 154 publicada en 1988 fueron calculados a través del juicio de expertos. Estos valores fueron menores a cero, lo que indicaba que la vulnerabilidad de los edificios de gran altura frente a los terremotos era mayor que la de los edificios de poca altura.

En la segunda edición del FEMA 154 publicada en el 2002, que es la versión utilizada en esta tesis, se indica que los puntajes estructurales básicos y modificadores de puntaje, presentados en este documento, para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones, fueron obtenidos usando la metodología del manual HAZUS 99. Los puntajes de las edificaciones indican que, debido a un mejor diseño y construcción, los edificios de gran altura funcionan mejor que los edificios de poca altura, por lo que el modificador de puntaje para edificios de mediana y gran altura suele ser positivo y de mayor valor en tanto más altas son las edificaciones.

En la tercera edición del FEMA 154 publicada en el 2015, renombrado FEMA P-154, tras una actualización de la metodología del manual HAZUS 99 y nuevos análisis de las edificaciones, se determinó que los modificadores de puntaje por altura de las edificaciones dependían del tipo de la edificación; así, algunos tipos de estructuras tienen un mejor comportamiento siendo más altas, en tanto que otros tipos de estructuras tendrán un mejor desempeño siendo más bajas. Las variaciones de los modificadores de puntaje de la segunda y tercera edición del FEMA 154 se pueden apreciar en la Tabla 5 y Tabla 6 respectivamente.

Tabla 5: Modificadores de puntaje por altura de la edificación. Segunda edición FEMA 154. Fuente: FEMA 154 (2002).

Zona sísmica	Pisos de la edificación	Tipo de edificación														
		Madera		Acero					Concreto reforzado				Albañilería			
		W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Baja	Hasta 3 pisos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	De 4 a 7 pisos	-	-	0.20	0.40	-	0.20	-0.20	0.40	-0.20	-0.40	-	-0.20	-0.40	-0.20	-0.60
	Mas de 7 pisos	-	-	1.00	1.00	-	1.00	1.20	1.00	-	-0.40	-	-0.20	-	-	-
Moderada	Hasta 3 pisos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	De 4 a 7 pisos	-	-	0.40	0.40	-	0.40	0.40	0.20	0.40	0.20	-	0.40	0.40	0.40	-0.40
	Mas de 7 pisos	-	-	1.40	1.40	-	1.40	0.80	0.50	0.80	0.40	-	0.60	-	0.60	-
Alta	Hasta 3 pisos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	De 4 a 7 pisos	-	-	0.20	0.40	-	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	-	0.20	0.40	0.40	-
	Mas de 7 pisos	-	-	0.60	0.80	-	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	-	0.40	-	0.60	-

En la Tabla 5 puede apreciarse que, en general, los modificadores de puntaje del FEMA 154 del 2002 aumentan en tanto aumenta la altura de la edificación, esto es válido para todas las estructuras de madera, acero y concreto; sin embargo, para las edificaciones de albañilería esta ley no se cumple por completo.

Tabla 6: Modificadores de puntaje por altura de la edificación. Tercera edición Fema 154. Fuente: FEMA P-154 (2015).

Zona sísmica	Pisos de la edificación	Tipo de edificación															
		Madera			Acero					Concreto reforzado				Albañilería			
		W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Baja	Hasta 3 pisos	-1.20	-1.70	-2.30	-1.20	-1.40	-1.00	-1.70	-2.00	-1.40	-2.00	-1.60	-1.70	-1.60	-1.70	-1.70	-1.50
	Más de 4 pisos	-1.70	-2.00	-2.20	-1.20	-1.40	NA	-1.70	-1.90	-1.30	-1.90	-1.60	NA	-1.60	-1.60	-1.70	-1.40
Moderada	Hasta 3 pisos	-1.20	-1.30	-1.40	-0.90	-0.90	-1.00	-0.90	-0.90	-0.70	-1.00	-0.70	-0.80	-0.70	-0.80	-0.80	-0.60
	Más de 4 pisos	-1.80	-1.60	-1.30	-0.90	-0.90	NA	-0.90	-1.00	-0.80	-1.00	-0.80	NA	-0.70	-0.70	-0.80	-0.60
Moderadamente alta	Hasta 3 pisos	-	-0.10	-0.30	-0.40	-0.50	-	-0.40	-0.50	-0.20	-0.20	-0.40	-0.50	-0.30	-0.40	-0.40	-0.30
	Más de 4 pisos	-0.50	-0.80	-1.20	-0.70	-0.70	NA	-0.70	-0.60	-0.60	-0.80	-0.40	NA	-0.50	-0.60	-0.70	-0.30
Alta	Hasta 3 pisos	0.20	0.20	0.10	-0.20	-0.40	0.20	-0.10	-0.40	-	-	-0.20	-0.30	-0.10	-0.10	-0.10	-0.20
	Más de 4 pisos	-0.30	-0.60	-0.90	-0.60	-0.60	NA	-0.60	-0.40	-0.50	-0.70	-0.30	NA	-0.40	-0.50	-0.60	-0.20
Muy alta	Hasta 3 pisos	-	-0.20	-0.40	-0.30	-0.20	-0.20	-0.20	-0.10	-0.10	-0.20	-	-0.20	-0.10	-0.20	-0.20	-
	Más de 4 pisos	-0.40	-0.40	-0.40	-0.30	-0.30	NA	-0.30	-0.10	-0.10	-0.30	-0.10	NA	-0.10	-0.20	-0.20	-
Muy alta (máxima)	Hasta 3 pisos	-0.20	-0.20	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-	-	-0.10	-	-	-	-	-	-
	Más de 4 pisos	-0.20	-0.20	-0.10	-0.10	-0.10	NA	-0.10	-	-	-0.10	-	NA	-	-	-	-

En la Tabla 6, en donde se presentan los modificadores de puntaje del FEMA P-154 del 2015, puede observarse que, dependiendo del tipo de edificación, algunas tendrán un mejor comportamiento al tener mayor altura, y otras tendrán un mejor comportamiento al tener menor altura; incluso para algunas, el desempeño ante evento sísmico es indiferente a la altura de la edificación.

A continuación, se procede a evaluar de forma cuantitativa la vulnerabilidad de todas las posibles edificaciones que se puedan presentar en nuestro medio tomando en cuenta los atributos considerados por el método, que son: verticalidad, planta, altura, tipo de suelo y guía de diseño. En esta tesis se elaboró un conjunto de tablas usando el FEMA 154 (2002) en las que se muestran los resultados obtenidos al realizar las combinaciones posibles para las siguientes edificaciones:

- C1: Edificios con pórticos de concreto
- C2: Edificios con muros de corte de concreto
- C3: Edificios de concreto reforzado con muros de albañilería
- RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible
- RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido
- URM: Edificios con muros de albañilería no reforzada

En estas tablas se muestran los resultados en color negro de las edificaciones que alcanzaron un índice de vulnerabilidad por encima del valor del puntaje de corte S_0 ; en color azul, se presentan los resultados de las edificaciones que se encuentran en el límite, esto es, aquellas que alcanzaron un índice de vulnerabilidad igual al parámetro de corte S_0 ; y en color rojo se presentan los resultados de aquellas edificaciones que tienen un índice de vulnerabilidad por debajo del puntaje de corte.

Se ha seleccionado el valor de puntaje de corte S_0 igual a 2, que es un valor representativo para cargas que incluyen viento y sismo. En las tablas, la primera fila indica la zona sísmica; la segunda, la altura de la edificación medida en pisos; y la tercera, indica si la edificación fue construida sin criterio sísmico, con criterios sísmico o con criterio sísmico mejorado.

5.2. Resultados obtenidos para C1: Edificios con pórticos de concreto.

Los resultados obtenidos para las edificaciones con pórtico de concreto armado en zona de sismicidad baja se muestran a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad baja. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Baja								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Criterio sísmico		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		4.40	4.40	5.00	4.80	4.80	5.40	5.40	5.40	6.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	4.40	4.40	5.00	4.80	4.80	5.40	5.40	5.40	6.00
	En suelo C	3.80	3.80	4.40	4.20	4.20	4.80	4.80	4.80	5.40
	En suelo D	3.00	3.00	3.60	3.40	3.40	4.00	4.00	4.00	4.60
	En suelo E	2.40	2.40	3.00	2.80	2.80	3.40	3.40	3.40	4.00
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	2.90	2.90	3.50	3.30	3.30	3.90	3.90	3.90	4.50
	En suelo C	2.30	2.30	2.90	2.70	2.70	3.30	3.30	3.30	3.90
	En suelo D	1.50	1.50	2.10	1.90	1.90	2.50	2.50	2.50	3.10
	En suelo E	0.90	0.90	1.50	1.30	1.30	1.90	1.90	1.90	2.50
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	3.60	3.60	4.20	4.00	4.00	4.60	4.60	4.60	5.20
	En suelo C	3.00	3.00	3.60	3.40	3.40	4.00	4.00	4.00	4.60
	En suelo D	2.20	2.20	2.80	2.60	2.60	3.20	3.20	3.20	3.80
	En suelo E	1.60	1.60	2.20	2.00	2.00	2.60	2.60	2.60	3.20
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	2.10	2.10	2.70	2.50	2.50	3.10	3.10	3.10	3.70
	En suelo C	1.50	1.50	2.10	1.90	1.90	2.50	2.50	2.50	3.10
	En suelo D	0.70	0.70	1.30	1.10	1.10	1.70	1.70	1.70	2.30
	En suelo E	0.10	0.10	0.70	0.50	0.50	1.10	1.10	1.10	1.70

Del análisis de la Tabla 7 se desprende que:

- Toda edificación de concreto armado que no presente irregularidades verticales o de planta cuenta con un índice de vulnerabilidad aceptable, siendo el mínimo valor para el índice de vulnerabilidad igual a 2.4, lo que da una probabilidad de falla ante evento sísmico de menos del 0.5%.
- Toda edificación de concreto armado que cuente con irregularidad vertical pero que se encuentre emplazada en suelos tipo A, B o C cuenta con un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación que se encuentre emplazada en suelo tipo D, y cuente con irregularidad vertical, con menos de siete pisos de altura, diseñada bajo normas con criterios sísmicos mejorados tiene un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación de concreto armado que cuente con irregularidad de planta pero que se encuentre emplazada en suelos tipo A, B, C o D cuenta con un índice de vulnerabilidad aceptable.

- Toda edificación de concreto armado que cuente con irregularidad de planta, y que se encuentre emplazada en suelos tipo E cuenta con un índice de vulnerabilidad aceptable, exceptuando aquellas de hasta tres pisos que no hayan sido diseñadas con criterio sísmico o que hayan sido diseñadas bajo la implementación de los primeros códigos sísmicos sin mejora.
- Toda edificación de concreto armado que cuente con irregularidad vertical y de planta pero que se encuentre emplazada en suelos tipo A o B tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable, por encima del valor de corte $S_0=2$.
- Ninguna edificación cimentada en suelo tipo D o E, que cuente con irregularidad vertical y de planta a la vez, y que haya sido diseñada antes de una mejora sustancial de la norma sísmica, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado en zona de sismicidad moderada se muestran a continuación en la Tabla 8:

Tabla 8: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		2.00	3.00	4.20	2.20	3.20	4.40	2.50	3.50	4.70
Sin irregularidades	En suelo A o B	2.00	3.00	4.20	2.20	3.20	4.40	2.50	3.50	4.70
	En suelo C	1.40	2.40	3.60	1.60	2.60	3.80	1.90	2.90	4.10
	En suelo D	1.00	2.00	3.20	1.20	2.20	3.40	1.50	2.50	3.70
	En suelo E	0.40	1.40	2.60	0.60	1.60	2.80	0.90	1.90	3.10
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	-	1.00	2.20	0.20	1.20	2.40	0.50	1.50	2.70
	En suelo C	-0.60	0.40	1.60	-0.40	0.60	1.80	-0.10	0.90	2.10
	En suelo D	-1.00	-	1.20	-0.80	0.20	1.40	-0.50	0.50	1.70
	En suelo E	-1.60	-0.60	0.60	-1.40	-0.40	0.80	-1.10	-0.10	1.10
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	1.50	2.50	3.70	1.70	2.70	3.90	2.00	3.00	4.20
	En suelo C	0.90	1.90	3.10	1.10	2.10	3.30	1.40	2.40	3.60
	En suelo D	0.50	1.50	2.70	0.70	1.70	2.90	1.00	2.00	3.20
	En suelo E	-0.10	0.90	2.10	0.10	1.10	2.30	0.40	1.40	2.60
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	-0.50	0.50	1.70	-0.30	0.70	1.90	-	1.00	2.20
	En suelo C	-1.10	-0.10	1.10	-0.90	0.10	1.30	-0.60	0.40	1.60
	En suelo D	-1.50	-0.50	0.70	-1.30	-0.30	0.90	-1.00	-	1.20
	En suelo E	-2.10	-1.10	0.10	-1.90	-0.90	0.30	-1.60	-0.60	0.60

Del análisis de la Tabla 8 se desprende que:

- Ninguna edificación de pórticos de concreto armado diseñada sin una norma sísmica tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable por el método; excepto si ésta se encuentra emplazada en suelo tipo A o B y no tenga ningún tipo de irregularidad.
- Las edificaciones que no cuenten con irregularidad vertical ni irregularidad de planta y que fueron diseñadas bajo normas con criterios sísmicos mejorados tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable, superior al puntaje de corte S_0 igual a 2.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable, excepto que ésta se encuentre emplazada en suelo tipo A o B y que además haya sido diseñada con normas con criterios sísmicos mejorados.

- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable, a menos que cuente con siete pisos de altura y haya sido diseñada con normas con criterio sísmicos mejorados y se encuentre emplazada en suelos tipo A o B.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado en zona de sismicidad alta se muestran a continuación en la Tabla 9:

Tabla 9: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con pórticos de concreto en zona de sismicidad alta. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Alta								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		1.30	2.50	3.90	1.70	2.90	4.30	1.90	3.10	4.50
Sin irregularidades	En suelo A o B	1.30	2.50	3.90	1.70	2.90	4.30	1.90	3.10	4.50
	En suelo C	0.90	2.10	3.50	1.30	2.50	3.90	1.50	2.70	4.10
	En suelo D	0.70	1.90	3.30	1.10	2.30	3.70	1.30	2.50	3.90
	En suelo E	0.10	1.30	2.70	0.50	1.70	3.10	0.70	1.90	3.30
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	-0.20	1.00	2.40	0.20	1.40	2.80	0.40	1.60	3.00
	En suelo C	-0.60	0.60	2.00	-0.20	1.00	2.40	-	1.20	2.60
	En suelo D	-0.80	0.40	1.80	-0.40	0.80	2.20	-0.20	1.00	2.40
	En suelo E	-1.40	-0.20	1.20	-1.00	0.20	1.60	-0.80	0.40	1.80
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	0.80	2.00	3.40	1.20	2.40	3.80	1.40	2.60	4.00
	En suelo C	0.40	1.60	3.00	0.80	2.00	3.40	1.00	2.20	3.60
	En suelo D	0.20	1.40	2.80	0.60	1.80	3.20	0.80	2.00	3.40
	En suelo E	-0.40	0.80	2.20	-	1.20	2.60	0.20	1.40	2.80
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	-0.70	0.50	1.90	-0.30	0.90	2.30	-0.10	1.10	2.50
	En suelo C	-1.10	0.10	1.50	-0.70	0.50	1.90	-0.50	0.70	2.10
	En suelo D	-1.30	-0.10	1.30	-0.90	0.30	1.70	-0.70	0.50	1.90
	En suelo E	-1.90	-0.70	0.70	-1.50	-0.30	1.10	-1.30	-0.10	1.30

Del análisis de la Tabla 9 se desprende que:

- Ninguna edificación de pórticos de concreto armado diseñada sin una norma sísmica tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable por el método.
- Toda edificación que no presente irregularidad vertical ni de planta y que fue diseñada con una norma de diseño con criterios sísmicos mejorados tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable; excepto si ésta fue diseñada con normas con criterio sísmicos mejorados y se encuentre emplazada en suelos tipo A o B.
- Ninguna edificación con irregularidad vertical que haya sido diseñada antes de la implementación de códigos sísmicos mejorados tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

5.3. Resultados obtenidos para C2: Edificios con muros de corte de concreto.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado con muros de corte de concreto en zona de sismicidad baja se muestran a continuación en la Tabla 10:

Tabla 10: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con muros de corte de concreto en zona de sismicidad baja. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Baja								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Criterio sísmico		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		4.80	4.80	5.20	4.60	4.60	5.00	4.80	4.80	5.20
Sin irregularidades	En suelo A o B	4.80	4.80	5.20	4.60	4.60	5.00	4.80	4.80	5.20
	En suelo C	4.40	4.40	4.80	4.20	4.20	4.60	4.40	4.40	4.80
	En suelo D	4.00	4.00	4.40	3.80	3.80	4.20	4.00	4.00	4.40
	En suelo E	2.80	2.80	3.20	2.60	2.60	3.00	2.80	2.80	3.20
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	2.80	2.80	3.20	2.60	2.60	3.00	2.80	2.80	3.20
	En suelo C	2.40	2.40	2.80	2.20	2.20	2.60	2.40	2.40	2.80
	En suelo D	2.00	2.00	2.40	1.80	1.80	2.20	2.00	2.00	2.40
	En suelo E	0.80	0.80	1.20	0.60	0.60	1.00	0.80	0.80	1.20
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	4.00	4.00	4.40	3.80	3.80	4.20	4.00	4.00	4.40
	En suelo C	3.60	3.60	4.00	3.40	3.40	3.80	3.60	3.60	4.00
	En suelo D	3.20	3.20	3.60	3.00	3.00	3.40	3.20	3.20	3.60
	En suelo E	2.00	2.00	2.40	1.80	1.80	2.20	2.00	2.00	2.40
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	2.00	2.00	2.40	1.80	1.80	2.20	2.00	2.00	2.40
	En suelo C	1.60	1.60	2.00	1.40	1.40	1.80	1.60	1.60	2.00
	En suelo D	1.20	1.20	1.60	1.00	1.00	1.40	1.20	1.20	1.60
	En suelo E	-	-	0.40	-0.20	-0.20	0.20	-	-	0.40

Del análisis de la Tabla 10 se desprende que:

- Toda edificación que no presente irregularidades tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y que se encuentre emplazada en suelo tipo E, tendrá un índice de vulnerabilidad superior al puntaje de corte S_0 .
- Toda edificación que presente irregularidad vertical, pero que esté emplazada en suelo tipo A, B o C, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación que presente irregularidad de planta, pero que esté emplazada en suelo tipo A, B, C o D tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez, y que se encuentre emplazada en suelo tipo C, D o E, tendrá un índice de vulnerabilidad superior al puntaje de corte S_0 .

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado con muros de corte de concreto en zona de sismicidad moderada se muestran en la Tabla 11:

Del análisis de la Tabla 11 desprende que:

- Toda edificación que no presente irregularidades y que además se encuentre emplazada en suelos tipo A, B, C o D tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y que haya sido diseñada sin norma con criterio sísmico tendrá un índice de vulnerabilidad que sea superior al puntaje de corte.
- Toda edificación que presente irregularidad vertical, pero se encuentre emplazada en suelos tipo A, B o C, construida con una norma sísmica con criterios mejorados tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

- Toda edificación que presente irregularidad de planta, pero que se encuentre emplazada en suelos tipo A o B tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación que presente irregularidad de planta, pero se encuentre emplazada en suelos tipo C tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable, excepto en edificaciones con menos de tres pisos de altura y que hayan sido construidas sin una norma con criterio sísmico.
- Toda edificación que presente irregularidad de planta, pero se encuentre emplazada en suelos tipo C o D, construida con una norma sísmica con criterios mejorados tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Tabla 11: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones con muros de corte de concreto en zona de sismicidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		3.20	3.60	5.20	3.60	4.00	5.60	4.00	4.40	6.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	3.20	3.60	5.20	3.60	4.00	5.60	4.00	4.40	6.00
	En suelo C	2.40	2.80	4.40	2.80	3.20	4.80	3.20	3.60	5.20
	En suelo D	2.00	2.40	4.00	2.40	2.80	4.40	2.80	3.20	4.80
	En suelo E	1.60	2.00	3.60	2.00	2.40	4.00	2.40	2.80	4.40
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	1.20	1.60	3.20	1.60	2.00	3.60	2.00	2.40	4.00
	En suelo C	0.40	0.80	2.40	0.80	1.20	2.80	1.20	1.60	3.20
	En suelo D	-	0.40	2.00	0.40	0.80	2.40	0.80	1.20	2.80
	En suelo E	-0.40	-	1.60	-	0.40	2.00	0.40	0.80	2.40
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	2.70	3.10	4.70	3.10	3.50	5.10	3.50	3.90	5.50
	En suelo C	1.90	2.30	3.90	2.30	2.70	4.30	2.70	3.10	4.70
	En suelo D	1.50	1.90	3.50	1.90	2.30	3.90	2.30	2.70	4.30
	En suelo E	1.10	1.50	3.10	1.50	1.90	3.50	1.90	2.30	3.90
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	0.70	1.10	2.70	1.10	1.50	3.10	1.50	1.90	3.50
	En suelo C	-0.10	0.30	1.90	0.30	0.70	2.30	0.70	1.10	2.70
	En suelo D	-0.50	-0.10	1.50	-0.10	0.30	1.90	0.30	0.70	2.30
	En suelo E	-0.90	-0.50	1.10	-0.50	-0.10	1.50	-0.10	0.30	1.90

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado con muros de corte de concreto en zona de sismicidad alta se muestran en la Tabla 12:

Del análisis de la Tabla 12 se desprende que:

- Las edificaciones de hasta tres pisos de altura que hayan sido construidas antes de la implementación de una norma sísmica no tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que tengan más de cuatro pisos de altura que hayan sido construidas antes de la implementación de una norma sísmica no tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable, excepto las que no posean irregularidades y se encuentren emplazadas en suelo tipo A o B.
- Las edificaciones construidas bajo la guía de una norma sísmica mejorada tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones sin presencia de irregularidades, construidas bajo la implementación de la primera norma sísmica tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.

Del análisis de la Tabla 13 se desprende que:

- Las edificaciones que no presenten irregularidades tendrán un índice que vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones, aunque presenten irregularidad vertical, que estén emplazadas en suelos tipo A o B tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones con más de tres pisos de altura, que presenten irregularidad vertical, emplazadas en suelos tipo A o B tendrán un valor de índice de vulnerabilidad igual al valor del puntaje de corte.
- Las edificaciones con presencia de irregularidad de planta y que estén emplazadas en suelos tipo A, B, C o D, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación con presencia de irregularidad de planta y que se encuentre emplazada en suelo tipo E, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable
- Ninguna edificación con presencia de irregularidad vertical que se encuentre emplazada en suelo tipo D o E, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable
- Ninguna edificación con presencia de irregularidad vertical y de planta a la vez tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad moderada se muestran a continuación en la Tabla 14:

Tabla 14: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Altura de la edificación		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		2.20	3.20	3.20	2.40	3.40	3.40	2.60	3.60	3.60
Sin irregularidades	En suelo A o B	2.20	3.20	3.20	2.40	3.40	3.40	2.60	3.60	3.60
	En suelo C	1.60	2.60	2.60	1.80	2.80	2.80	2.00	3.00	3.00
	En suelo D	1.20	2.20	2.20	1.40	2.40	2.40	1.60	2.60	2.60
	En suelo E	0.60	1.60	1.60	0.80	1.80	1.80	1.00	2.00	2.00
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	0.20	1.20	1.20	0.40	1.40	1.40	0.60	1.60	1.60
	En suelo C	-0.40	0.60	0.60	-0.20	0.80	0.80	-	1.00	1.00
	En suelo D	-0.80	0.20	0.20	-0.60	0.40	0.40	-0.40	0.60	0.60
	En suelo E	-1.40	-0.40	-0.40	-1.20	-0.20	-0.20	-1.00	-	-
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	1.70	2.70	2.70	1.90	2.90	2.90	2.10	3.10	3.10
	En suelo C	1.10	2.10	2.10	1.30	2.30	2.30	1.50	2.50	2.50
	En suelo D	0.70	1.70	1.70	0.90	1.90	1.90	1.10	2.10	2.10
	En suelo E	0.10	1.10	1.10	0.30	1.30	1.30	0.50	1.50	1.50
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	-0.30	0.70	0.70	-0.10	0.90	0.90	0.10	1.10	1.10
	En suelo C	-0.90	0.10	0.10	-0.70	0.30	0.30	-0.50	0.50	0.50
	En suelo D	-1.30	-0.30	-0.30	-1.10	-0.10	-0.10	-0.90	0.10	0.10
	En suelo E	-1.90	-0.90	-0.90	-1.70	-0.70	-0.70	-1.50	-0.50	-0.50

Del análisis de la Tabla 14 se desprende que:

- Las edificaciones que no presenten irregularidad vertical ni de planta a la vez, que hayan sido diseñadas después de la implementación de una norma sísmica y que estén

emplazadas en suelos tipo A, B, C o D tendrán un valor de índice de vulnerabilidad aceptable.

- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical tendrá un valor del índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación de hasta siete pisos de altura que haya sido diseñada sin la guía de una norma sísmica tendrá un valor de índice de vulnerabilidad aceptable, a menos que se encuentre emplazada en suelo tipo A o B y no presente irregularidad vertical ni de planta.
- Ninguna edificación que presente irregularidad de planta y que se encuentre emplazada en suelo tipo E tendrá un valor del índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que presenten irregularidad de planta, y que fueron diseñadas después de la implementación de una norma sísmica y se encuentren emplazadas en suelos tipo A, B o C tendrán un valor de índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación emplazada en suelo tipo E, de hasta siete pisos, aun cuando no presenten irregularidades y hayan sido diseñadas después de la implementación de una norma sísmica, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de pórtico de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad alta se muestran a continuación en la Tabla 15:

Tabla 15: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de concreto armado rellenas con muros de albañilería en zona de sismicidad alta. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Alta								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		1.40	1.60	1.60	1.60	1.80	1.80	1.70	1.90	1.90
Sin irregularidades	En suelo A o B	1.40	1.60	1.60	1.60	1.80	1.80	1.70	1.90	1.90
	En suelo C	1.00	1.20	1.20	1.20	1.40	1.40	1.30	1.50	1.50
	En suelo D	1.00	1.20	1.20	1.20	1.40	1.40	1.30	1.50	1.50
	En suelo E	0.60	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	0.90	1.10	1.10
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	0.40	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80	0.70	0.90	0.90
	En suelo C	-	0.20	0.20	0.20	0.40	0.40	0.30	0.50	0.50
	En suelo D	-	0.20	0.20	0.20	0.40	0.40	0.30	0.50	0.50
	En suelo E	-0.40	-0.20	-0.20	-0.20	-	-	-0.10	0.10	0.10
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	0.90	1.10	1.10	1.10	1.30	1.30	1.20	1.40	1.40
	En suelo C	0.50	0.70	0.70	0.70	0.90	0.90	0.80	1.00	1.00
	En suelo D	0.50	0.70	0.70	0.70	0.90	0.90	0.80	1.00	1.00
	En suelo E	0.10	0.30	0.30	0.30	0.50	0.50	0.40	0.60	0.60
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	-0.10	0.10	0.10	0.10	0.30	0.30	0.20	0.40	0.40
	En suelo C	-0.50	-0.30	-0.30	-0.30	-0.10	-0.10	-0.20	-	-
	En suelo D	-0.50	-0.30	-0.30	-0.30	-0.10	-0.10	-0.20	-	-
	En suelo E	-0.90	-0.70	-0.70	-0.70	-0.50	-0.50	-0.60	-0.40	-0.40

Del análisis de la Tabla 15 se desprende que:

- Ninguna edificación de pórticos de concreto armado con muros de albañilería, en zona de sismicidad alta tendrá un valor del índice de vulnerabilidad aceptable.

5.5. Resultados obtenidos para RM1: Edificios de albañilería reforzada con diafragma flexible:

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma flexible en zona de sismicidad baja se muestran a continuación en la Tabla 16:

Tabla 16: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad baja. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Baja								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Criterio sísmico		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		4.80	4.80	5.00	4.40	4.40	4.60	4.80	4.80	5.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	4.80	4.80	5.00	4.40	4.40	4.60	4.80	4.80	5.00
	En suelo C	4.40	4.40	4.60	4.00	4.00	4.20	4.40	4.40	4.60
	En suelo D	4.00	4.00	4.20	3.60	3.60	3.80	4.00	4.00	4.20
	En suelo E	3.40	3.40	3.60	3.00	3.00	3.20	3.40	3.40	3.60
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	2.80	2.80	3.00	2.40	2.40	2.60	2.80	2.80	3.00
	En suelo C	2.40	2.40	2.60	2.00	2.00	2.20	2.40	2.40	2.60
	En suelo D	2.00	2.00	2.20	1.60	1.60	1.80	2.00	2.00	2.20
	En suelo E	1.40	1.40	1.60	1.00	1.00	1.20	1.40	1.40	1.60
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	4.00	4.00	4.20	3.60	3.60	3.80	4.00	4.00	4.20
	En suelo C	3.60	3.60	3.80	3.20	3.20	3.40	3.60	3.60	3.80
	En suelo D	3.20	3.20	3.40	2.80	2.80	3.00	3.20	3.20	3.40
	En suelo E	2.60	2.60	2.80	2.20	2.20	2.40	2.60	2.60	2.80
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	2.00	2.00	2.20	1.60	1.60	1.80	2.00	2.00	2.20
	En suelo C	1.60	1.60	1.80	1.20	1.20	1.40	1.60	1.60	1.80
	En suelo D	1.20	1.20	1.40	0.80	0.80	1.00	1.20	1.20	1.40
	En suelo E	0.60	0.60	0.80	0.20	0.20	0.40	0.60	0.60	0.80

Del análisis de la Tabla 16 se desprende que:

- Las edificaciones sin presencia de irregularidad vertical o de planta tendrán un valor de índice de vulnerabilidad aceptable, superior al valor del puntaje de corte S_0 de 2.
- Todas las edificaciones, aunque presenten irregularidad vertical, emplazadas en suelo tipo A o B tendrán un valor de índice de vulnerabilidad aceptable, superior al valor del puntaje de corte S_0 de 2.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y que se encuentre emplazada en suelo tipo E tendrá un valor del índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que presenten sólo irregularidad de planta tendrán un valor de índice de vulnerabilidad aceptable, superior al valor del puntaje de corte S_0 de 2.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez, y que se encuentre emplazada en suelo tipo C, D, o E tendrá un valor del índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma flexible en zona de sismicidad moderada se muestran en la Tabla 17:

Del análisis de la Tabla 17 se desprende que:

- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical. Construida sin norma de diseño sísmico tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación, aunque presente irregularidad vertical, diseñada después de la implementación de códigos sísmicos mejorados, emplazada en suelo tipo A, B, C o D tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que no presenten irregularidad vertical ni de planta, emplazadas en suelos tipo A, B o C, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que presenten irregularidad de planta, emplazadas en suelos tipo A o B, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que haya sido construida antes de la implementación de códigos de diseño sísmico mejorados y que cuente con irregularidad vertical y de planta a la vez, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Tabla 17: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad media. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		3.20	3.60	5.60	3.60	4.00	6.00	3.20	3.60	5.60
Sin irregularidades	En suelo A o B	3.20	3.60	5.60	3.60	4.00	6.00	3.20	3.60	5.60
	En suelo C	2.40	2.80	4.80	2.80	3.20	5.20	2.40	2.80	4.80
	En suelo D	2.00	2.40	4.40	2.40	2.80	4.80	2.00	2.40	4.40
	En suelo E	1.60	2.00	4.00	2.00	2.40	4.40	1.60	2.00	4.00
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	1.20	1.60	3.60	1.60	2.00	4.00	1.20	1.60	3.60
	En suelo C	0.40	0.80	2.80	0.80	1.20	3.20	0.40	0.80	2.80
	En suelo D	-	0.40	2.40	0.40	0.80	2.80	-	0.40	2.40
	En suelo E	-0.40	-	2.00	-	0.40	2.40	-0.40	-	2.00
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	2.70	3.10	5.10	3.10	3.50	5.50	2.70	3.10	5.10
	En suelo C	1.90	2.30	4.30	2.30	2.70	4.70	1.90	2.30	4.30
	En suelo D	1.50	1.90	3.90	1.90	2.30	4.30	1.50	1.90	3.90
	En suelo E	1.10	1.50	3.50	1.50	1.90	3.90	1.10	1.50	3.50
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	0.70	1.10	3.10	1.10	1.50	3.50	0.70	1.10	3.10
	En suelo C	-0.10	0.30	2.30	0.30	0.70	2.70	-0.10	0.30	2.30
	En suelo D	-0.50	-0.10	1.90	-0.10	0.30	2.30	-0.50	-0.10	1.90
	En suelo E	-0.90	-0.50	1.50	-0.50	-0.10	1.90	-0.90	-0.50	1.50

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma flexible en zona de sismicidad alta se muestran en la Tabla 18:

Del análisis de la Tabla 18 se desprende que:

- Las edificaciones que hayan sido construidas después de la implementación de códigos sísmicos mejorados, aunque presenten irregularidad vertical, de planta, o ambas tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.

Tabla 18: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma flexible en zona de sismicidad alta. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Alta								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		1.80	2.80	5.60	2.20	3.20	6.00	1.80	2.80	5.60
Sin irregularidades	En suelo A o B	1.80	2.80	5.60	2.20	3.20	6.00	1.80	2.80	5.60
	En suelo C	1.40	2.40	5.20	1.80	2.80	5.60	1.40	2.40	5.20
	En suelo D	1.20	2.20	5.00	1.60	2.60	5.40	1.20	2.20	5.00
	En suelo E	1.40	2.40	5.20	1.80	2.80	5.60	1.40	2.40	5.20
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	0.80	1.80	4.60	1.20	2.20	5.00	0.80	1.80	4.60
	En suelo C	0.40	1.40	4.20	0.80	1.80	4.60	0.40	1.40	4.20
	En suelo D	0.20	1.20	4.00	0.60	1.60	4.40	0.20	1.20	4.00
	En suelo E	0.40	1.40	4.20	0.80	1.80	4.60	0.40	1.40	4.20
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	1.30	2.30	5.10	1.70	2.70	5.50	1.30	2.30	5.10
	En suelo C	0.90	1.90	4.70	1.30	2.30	5.10	0.90	1.90	4.70
	En suelo D	0.70	1.70	4.50	1.10	2.10	4.90	0.70	1.70	4.50
	En suelo E	0.90	1.90	4.70	1.30	2.30	5.10	0.90	1.90	4.70
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	0.30	1.30	4.10	0.70	1.70	4.50	0.30	1.30	4.10
	En suelo C	-0.10	0.90	3.70	0.30	1.30	4.10	-0.10	0.90	3.70
	En suelo D	-0.30	0.70	3.50	0.10	1.10	3.90	-0.30	0.70	3.50
	En suelo E	-0.10	0.90	3.70	0.30	1.30	4.10	-0.10	0.90	3.70

5.6. Resultados obtenidos para RM2: Edificios de albañilería reforzada con diafragma rígido.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma rígido en zona de sismicidad baja se muestran a continuación en la Tabla 19:

Tabla 19: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad baja. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Baja								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Criterio sísmico		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		4.60	4.60	5.00	4.40	4.40	4.80	4.60	4.60	5.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	4.60	4.60	5.00	4.40	4.40	4.80	4.60	4.60	5.00
	En suelo C	4.40	4.40	4.80	4.20	4.20	4.60	4.40	4.40	4.80
	En suelo D	3.80	3.80	4.20	3.60	3.60	4.00	3.80	3.80	4.20
	En suelo E	3.00	3.00	3.40	2.80	2.80	3.20	3.00	3.00	3.40
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	3.10	3.10	3.50	2.90	2.90	3.30	3.10	3.10	3.50
	En suelo C	2.90	2.90	3.30	2.70	2.70	3.10	2.90	2.90	3.30
	En suelo D	2.30	2.30	2.70	2.10	2.10	2.50	2.30	2.30	2.70
	En suelo E	1.50	1.50	1.90	1.30	1.30	1.70	1.50	1.50	1.90
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	3.80	3.80	4.20	3.60	3.60	4.00	3.80	3.80	4.20
	En suelo C	3.60	3.60	4.00	3.40	3.40	3.80	3.60	3.60	4.00
	En suelo D	3.00	3.00	3.40	2.80	2.80	3.20	3.00	3.00	3.40
	En suelo E	2.20	2.20	2.60	2.00	2.00	2.40	2.20	2.20	2.60
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	2.30	2.30	2.70	2.10	2.10	2.50	2.30	2.30	2.70
	En suelo C	2.10	2.10	2.50	1.90	1.90	2.30	2.10	2.10	2.50
	En suelo D	1.50	1.50	1.90	1.30	1.30	1.70	1.50	1.50	1.90
	En suelo E	0.70	0.70	1.10	0.50	0.50	0.90	0.70	0.70	1.10

Del análisis de la Tabla 19 se desprende que:

- Toda edificación que no presente irregularidad vertical ni de planta tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

- Toda edificación, aunque presente irregularidad vertical mientras se encuentre emplazada en suelo tipo A, B, C o D tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación, aunque presente irregularidad de planta y se encuentre emplazada en suelo tipo A, B, C o D tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y que se encuentre emplazada en suelo tipo E tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Toda edificación, aunque presente irregularidad vertical y de planta a la vez, y se encuentre emplazada en suelo tipo A o B, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez, y que se encuentre emplazada en suelo tipo D o E tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma rígido en zona de sismicidad moderada se muestran a continuación en la Tabla 20:

Tabla 20: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		3.00	3.40	5.20	3.40	3.80	5.60	3.60	4.00	5.80
Sin irregularidades	En suelo A o B	3.00	3.40	5.20	3.40	3.80	5.60	3.60	4.00	5.80
	En suelo C	2.40	2.80	4.60	2.80	3.20	5.00	3.00	3.40	5.20
	En suelo D	1.80	2.20	4.00	2.20	2.60	4.40	2.40	2.80	4.60
	En suelo E	1.40	1.80	3.60	1.80	2.20	4.00	2.00	2.40	4.20
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	1.50	1.90	3.70	1.90	2.30	4.10	2.10	2.50	4.30
	En suelo C	0.90	1.30	3.10	1.30	1.70	3.50	1.50	1.90	3.70
	En suelo D	0.30	0.70	2.50	0.70	1.10	2.90	0.90	1.30	3.10
	En suelo E	-0.10	0.30	2.10	0.30	0.70	2.50	0.50	0.90	2.70
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	2.50	2.90	4.70	2.90	3.30	5.10	3.10	3.50	5.30
	En suelo C	1.90	2.30	4.10	2.30	2.70	4.50	2.50	2.90	4.70
	En suelo D	1.30	1.70	3.50	1.70	2.10	3.90	1.90	2.30	4.10
	En suelo E	0.90	1.30	3.10	1.30	1.70	3.50	1.50	1.90	3.70
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	1.00	1.40	3.20	1.40	1.80	3.60	1.60	2.00	3.80
	En suelo C	0.40	0.80	2.60	0.80	1.20	3.00	1.00	1.40	3.20
	En suelo D	-0.20	0.20	2.00	0.20	0.60	2.40	0.40	0.80	2.60
	En suelo E	-0.60	-0.20	1.60	-0.20	0.20	2.00	-0.00	0.40	2.20

Del análisis de la Tabla 20 se desprende que:

- Toda edificación que no presente irregularidades y que se encuentre emplazada en suelos tipo A, B o C, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente menos de cuatro pisos, que cuente con irregularidad vertical y de planta a la vez, y que haya sido diseñada antes de la implementación de códigos sísmicos mejorados tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y que tenga más cuatro pisos, diseñada antes de la implementación de códigos sísmicos mejorados y emplazada en suelos tipo C, D o E, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones de albañilería reforzada con diafragma rígido en zona de sismicidad alta se muestran en la Tabla 21:

Tabla 21: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería con diafragma rígido en zona de sismicidad alta. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Alta								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		2.00	2.80	5.40	2.40	3.20	5.80	2.60	3.40	6.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	2.00	2.80	5.40	2.40	3.20	5.80	2.60	3.40	6.00
	En suelo C	1.60	2.40	5.00	2.00	2.80	5.40	2.20	3.00	5.60
	En suelo D	1.40	2.20	4.80	1.80	2.60	5.20	2.00	2.80	5.40
	En suelo E	1.40	2.20	4.80	1.80	2.60	5.20	2.00	2.80	5.40
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	1.00	1.80	4.40	1.40	2.20	4.80	1.60	2.40	5.00
	En suelo C	0.60	1.40	4.00	1.00	1.80	4.40	1.20	2.00	4.60
	En suelo D	0.40	1.20	3.80	0.80	1.60	4.20	1.00	1.80	4.40
	En suelo E	0.40	1.20	3.80	0.80	1.60	4.20	1.00	1.80	4.40
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	1.50	2.30	4.90	1.90	2.70	5.30	2.10	2.90	5.50
	En suelo C	1.10	1.90	4.50	1.50	2.30	4.90	1.70	2.50	5.10
	En suelo D	0.90	1.70	4.30	1.30	2.10	4.70	1.50	2.30	4.90
	En suelo E	0.90	1.70	4.30	1.30	2.10	4.70	1.50	2.30	4.90
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	0.50	1.30	3.90	0.90	1.70	4.30	1.10	1.90	4.50
	En suelo C	0.10	0.90	3.50	0.50	1.30	3.90	0.70	1.50	4.10
	En suelo D	-0.10	0.70	3.30	0.30	1.10	3.70	0.50	1.30	3.90
	En suelo E	-0.10	0.70	3.30	0.30	1.10	3.70	0.50	1.30	3.90

Del análisis de la Tabla 21 se desprende que:

- Las edificaciones construidas después de la implementación de códigos sísmicos mejorados tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que presenten irregularidad vertical, diseñadas antes de la implementación de códigos sísmicos tendrán un índice de vulnerabilidad no aceptable.
- Las edificaciones que presenten irregularidad de planta, diseñadas antes de la implementación de códigos sísmicos tendrán un índice de vulnerabilidad no aceptable, a menos que cuente con más de siete pisos de altura y se encuentre emplazada en suelo tipo A o B.
- Las edificaciones que presenten irregularidad vertical y de planta a la vez, diseñadas antes de la implementación de códigos sísmicos mejorados tendrán un índice de vulnerabilidad no aceptable.
- Las edificaciones que hayan sido construidas después de la implementación de una norma sísmica, y que no cuenten con irregularidad vertical ni de planta tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones que hayan sido construidas después de la implementación de una norma sísmica, pero antes de que esta haya sido mejorada, que cuenten con más de cuatro pisos, aunque presenten irregularidad de planta, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación con menos de cuatro pisos que presente irregularidad vertical, diseñada antes de la implementación de códigos sísmicos tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

5.7. Resultados obtenidos para URM: Edificaciones con muros de albañilería no reforzada.

Los resultados obtenidos para las edificaciones con muros de albañilería no reforzada en zona de sismicidad baja se muestran a continuación en la Tabla 22:

Tabla 22: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad baja. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Baja								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Criterio sísmico		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		4.60	4.60	5.00	4.00	4.00	4.40	4.60	4.60	5.00
Sin irregularidades	En suelo A o B	4.60	4.60	5.00	4.00	4.00	4.40	4.60	4.60	5.00
	En suelo C	4.20	4.20	4.60	3.60	3.60	4.00	4.20	4.20	4.60
	En suelo D	3.80	3.80	4.20	3.20	3.20	3.60	3.80	3.80	4.20
	En suelo E	3.20	3.20	3.60	2.60	2.60	3.00	3.20	3.20	3.60
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	3.10	3.10	3.50	2.50	2.50	2.90	3.10	3.10	3.50
	En suelo C	2.70	2.70	3.10	2.10	2.10	2.50	2.70	2.70	3.10
	En suelo D	2.30	2.30	2.70	1.70	1.70	2.10	2.30	2.30	2.70
	En suelo E	1.70	1.70	2.10	1.10	1.10	1.50	1.70	1.70	2.10
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	3.80	3.80	4.20	3.20	3.20	3.60	3.80	3.80	4.20
	En suelo C	3.40	3.40	3.80	2.80	2.80	3.20	3.40	3.40	3.80
	En suelo D	3.00	3.00	3.40	2.40	2.40	2.80	3.00	3.00	3.40
	En suelo E	2.40	2.40	2.80	1.80	1.80	2.20	2.40	2.40	2.80
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	2.30	2.30	2.70	1.70	1.70	2.10	2.30	2.30	2.70
	En suelo C	1.90	1.90	2.30	1.30	1.30	1.70	1.90	1.90	2.30
	En suelo D	1.50	1.50	1.90	0.90	0.90	1.30	1.50	1.50	1.90
	En suelo E	0.90	0.90	1.30	0.30	0.30	0.70	0.90	0.90	1.30

Del análisis de la Tabla 22 se desprende que:

- Las edificaciones que no presenten irregularidades tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones, aunque presenten irregularidad vertical, emplazadas en suelos tipo A, B o C, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones, aunque presenten irregularidad de planta, emplazadas en suelos tipo A, B, C o D tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical y de planta a la vez, diseñada antes de la implementación de códigos sísmicos sustancialmente mejorados, que no se encuentre emplazada en suelos tipo A o B, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones de menos de cuatro pisos, aunque presenten irregularidad vertical y de planta a la vez, y se encuentren emplazadas en suelos tipo A o B, tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones de más de siete pisos, aunque presenten irregularidad vertical y de planta a la vez, y se encuentren emplazadas en suelos tipo A o B, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones de menos de cuatro pisos, aunque presenten irregularidad de planta, y se encuentren emplazadas en suelos tipo E, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.

- Las edificaciones con más de siete pisos, aunque presenten irregularidad de planta, y se encuentren emplazadas en suelos tipo E, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones con muros de albañilería no reforzada en zona de sismicidad moderada se muestran a continuación en la Tabla 23:

Tabla 23: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Moderada								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		3.00	3.40	3.40	2.60	3.00	3.00	3.00	3.40	3.40
Sin irregularidades	En suelo A o B	3.00	3.40	3.40	2.60	3.00	3.00	3.00	3.40	3.40
	En suelo C	2.60	3.00	3.00	2.20	2.60	2.60	2.60	3.00	3.00
	En suelo D	2.20	2.60	2.60	1.80	2.20	2.20	2.20	2.60	2.60
	En suelo E	1.40	1.80	1.80	1.00	1.40	1.40	1.40	1.80	1.80
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	1.50	1.90	1.90	1.10	1.50	1.50	1.50	1.90	1.90
	En suelo C	1.10	1.50	1.50	0.70	1.10	1.10	1.10	1.50	1.50
	En suelo D	0.70	1.10	1.10	0.30	0.70	0.70	0.70	1.10	1.10
	En suelo E	-0.10	0.30	0.30	-0.50	-0.10	-0.10	-0.10	0.30	0.30
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	2.50	2.90	2.90	2.10	2.50	2.50	2.50	2.90	2.90
	En suelo C	2.10	2.50	2.50	1.70	2.10	2.10	2.10	2.50	2.50
	En suelo D	1.70	2.10	2.10	1.30	1.70	1.70	1.70	2.10	2.10
	En suelo E	0.90	1.30	1.30	0.50	0.90	0.90	0.90	1.30	1.30
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	1.00	1.40	1.40	0.60	1.00	1.00	1.00	1.40	1.40
	En suelo C	0.60	1.00	1.00	0.20	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00
	En suelo D	0.20	0.60	0.60	-0.20	0.20	0.20	0.20	0.60	0.60
	En suelo E	-0.60	-0.20	-0.20	-1.00	-0.60	-0.60	-0.60	-0.20	-0.20

Del análisis de la Tabla 23 se desprende que:

- Las edificaciones con menos de cuatro pisos que no presenten irregularidad vertical ni de planta y que no estén emplazadas en suelo tipo E, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones con más de siete pisos que no presenten irregularidad vertical ni de planta y que no estén emplazadas en suelo tipo E, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Ninguna edificación que presente irregularidad vertical tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones con menos de cuatro pisos, aunque presenten irregularidad de planta, mientras estén emplazadas en suelos tipo A, B o C, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.
- Las edificaciones con más de siete pisos, aunque presenten irregularidad de planta, mientras estén emplazadas en suelos tipo A, B o C, tendrán un índice de vulnerabilidad aceptable.

Los resultados obtenidos para las edificaciones con muros de albañilería no reforzada en zona de sismicidad alta se muestran en la Tabla 24:

Del análisis de la Tabla 24 se desprende que:

- Ninguna edificación con muros de albañilería no reforzada en zona de sismicidad alta tendrá un índice de vulnerabilidad aceptable.

Tabla 24: Escenarios posibles de combinaciones para edificaciones de albañilería no reforzada en zona de sismicidad alta. Fuente: Elaboración propia.

Zona de sismicidad		Alta								
Altura de la edificación		1 a 3 pisos			4 a 7 pisos			más de 7 pisos		
Año de diseño		Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora	Sin	Con	Mejora
Basic score		1.60	1.80	1.80	1.60	1.80	1.80	1.60	1.80	1.80
Sin irregularidades	En suelo A o B	1.60	1.80	1.80	1.60	1.80	1.80	1.60	1.80	1.80
	En suelo C	1.20	1.40	1.40	1.20	1.40	1.40	1.20	1.40	1.40
	En suelo D	1.00	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20
	En suelo E	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00
Con irregularidad vertical	En suelo A o B	0.60	0.80	0.80	0.60	0.80	0.80	0.60	0.80	0.80
	En suelo C	0.20	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40
	En suelo D	-	0.20	0.20	-	0.20	0.20	-	0.20	0.20
	En suelo E	-0.20	-	-	-0.20	-	-	-0.20	-	-
Con irregularidad de planta	En suelo A o B	1.10	1.30	1.30	1.10	1.30	1.30	1.10	1.30	1.30
	En suelo C	0.70	0.90	0.90	0.70	0.90	0.90	0.70	0.90	0.90
	En suelo D	0.50	0.70	0.70	0.50	0.70	0.70	0.50	0.70	0.70
	En suelo E	0.30	0.50	0.50	0.30	0.50	0.50	0.30	0.50	0.50
Con irregularidad vertical e irregularidad de planta	En suelo A o B	0.10	0.30	0.30	0.10	0.30	0.30	0.10	0.30	0.30
	En suelo C	-0.30	-0.10	-0.10	-0.30	-0.10	-0.10	-0.30	-0.10	-0.10
	En suelo D	-0.50	-0.30	-0.30	-0.50	-0.30	-0.30	-0.50	-0.30	-0.30
	En suelo E	-0.70	-0.50	-0.50	-0.70	-0.50	-0.50	-0.70	-0.50	-0.50

Capítulo 6

Aplicación del PIVR a las edificaciones de la UDEP

En este capítulo se presenta la aplicación del PIVR a las edificaciones de la UDEP, a fin de determinar su vulnerabilidad sísmica acorde al procedimiento estudiado.

Se realizó un trabajo de campo para inspeccionar las edificaciones y realizar el registro de datos con los formatos que se encuentran en el manual de la Fema 154 (2002). Estos formatos se presentan en el Anexo A de la presente tesis.

6.1. Generalidades

La UDEP se encuentra ubicada en la Av. Ramón Múgica 131, Urb. San Eduardo, emplazada en un área de 130 hectáreas de extensión. Además, cuenta con 90 hectáreas de Algarrobos producto de una reforestación permanente desde 1969, esto se ve en la Figura 69.

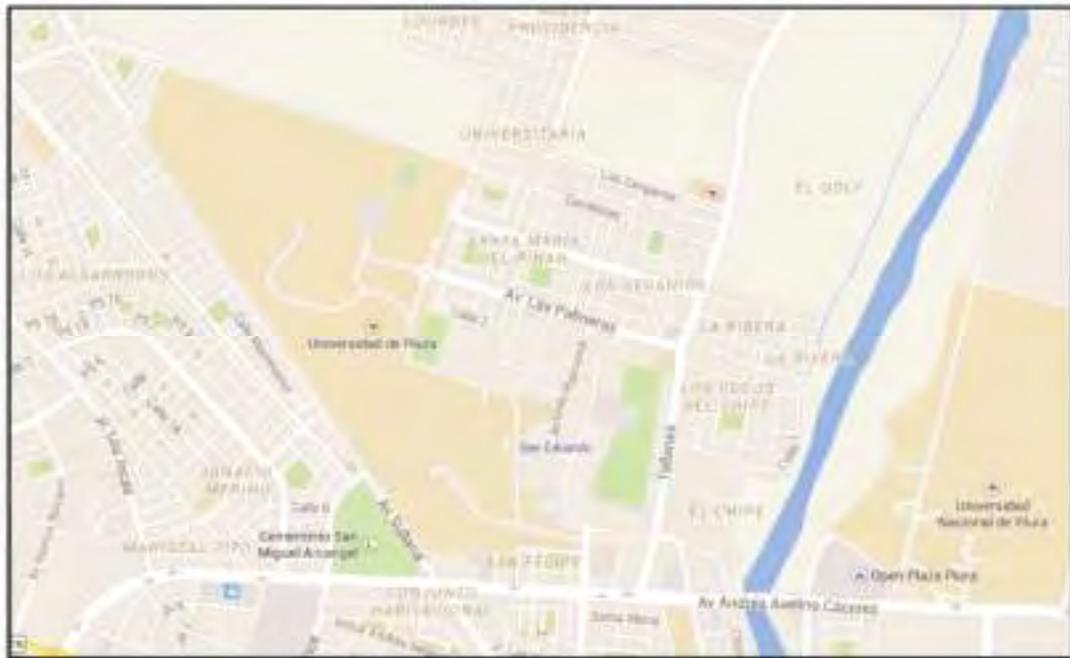


Figura 69: Ubicación de la UDEP



Figura 70: Croquis de las edificaciones de la UDEP a analizar

El listado de edificaciones construidas actualmente en el campus, de acuerdo con el croquis mostrado en la Figura 70, son las siguientes:

1. Edificio de Ingeniería Civil
2. Almacén General
3. Cafetería Antigua
4. Edificio de Química
5. Edificio de Hidráulica
6. Edificio 80
7. Biblioteca
8. Facultad de Derecho (4 Pabellones)
9. Edificio A "Confucio"
10. Centro de Producción Audiovisual
11. Escuela Tecnológica Superior (4 Pabellones)
12. Centro Materno infantil
13. Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica
14. Edificio de Gobierno
15. Edificio de Educación
16. Edificio Principal
17. Cafetería Nueva
18. Librería y Centro de Copiado
19. Ermita Universitaria

De este grupo, el listado de edificaciones a analizar en esta tesis es el siguiente:

- 1) Edificio de Ingeniería Civil
- 2) Edificio de Química
- 3) Edificio de Hidráulica
- 4) Edificio 80
- 5) Facultad de Derecho-Pabellón 1
- 6) Facultad de Derecho-Pabellón 2
- 7) Facultad de Derecho-Pabellón 3
- 8) Facultad de Derecho-Pabellón 4
- 9) Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica
- 10) Edificio de Educación

6.2. Procedimiento de recolección de datos

Para realizar el trabajo de campo se necesitó una autorización expresa de la Universidad de Piura a fin de permitir la fotografía de las edificaciones a analizar.

La información, tanto sobre el número y ubicación de las edificaciones, así como los datos relacionados con sus sistemas estructurales y el año de diseño y/o construcción, fue proporcionada, previa gestión, por la Oficina de Servicios Técnicos de la UDEP.

Se siguió el procedimiento de evaluación de las edificaciones bajo las recomendaciones del método PIVR. Se elaboró un croquis para cada edificación y se fotografiaron cada una de ellas. Los datos de su sistema estructural, así como el año de construcción, fueron corroborados con la revisión posterior de los planos.

En base a los estudios de mecánica de suelos realizados por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad de Piura (LEMC) se determinó que el tipo de suelos de asiento de las edificaciones de la UDEP corresponde a un suelo tipo D (suelo rígido). Asimismo, las edificaciones de la Universidad de Piura se encuentran en una zona de sismicidad alta.

Usando el formato de recolección de datos presentado en la Figura 2 se realizó la evaluación de cada edificación. Los resultados de las evaluaciones se presentan en el Acápite 6.3, y el detalle de las evaluaciones se muestra en el Apéndice A.

6.3. Resultados de las evaluaciones de las edificaciones de la Universidad de Piura

En este acápite se presentan los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas a las edificaciones de la Universidad de Piura (UDEP). Asimismo, el detalle del cálculo del puntaje obtenido para cada edificación se muestra en el Apéndice A.

6.3.1. Edificio de Ingeniería Civil



Figura 71: Edificio de Ingeniería Civil. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO DE INGENIERÍA CIVIL
Año de construcción	: 1986
Uso	: Clases universitarias/Oficinas administrativas
Sistema estructural	: C3 Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de mampostería.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: 1.2

El Edificio de Ingeniería Civil está destinado a clases universitarias y a oficinas administrativas. El sistema estructural de la edificación consiste en una estructura de pórticos

de concreto con muros de albañilería no reforzada (C3). Esta información no es apreciable a simple vista. Para corroborar la naturaleza estructural de los muros se recurrió a la revisión de los planos facilitados por la Oficina de Servicios Técnicos (OST).

La edificación cuenta con una escalera que se encuentra aislada de la edificación lo que permite que tanto la edificación como la escalera trabajen independientemente. Por otra parte, no se observan irregularidades verticales ni de planta.

El Puntaje Final S obtenido en esta edificación es de 1.2, y acorde a lo indicado en el Acápite 4.2 el valor de probabilidad de falla es de 6.31%. Teniendo en cuenta que el valor del puntaje de corte es de $S_0=2$, el cual indica una probabilidad de falla del 1.00%, se concluye que la probabilidad de falla del Edificio de Ingeniería Civil no es aceptable. Se recomienda que la edificación sea sometida a un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica que determine apropiadamente su comportamiento ante una sollicitación sísmica.

6.3.2. Edificio de Química



Figura 72: Edificio de Química. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO DE QUÍMICA
Año de construcción	: 1990
Uso	: Laboratorio, administrativo y clases alumnado
Sistema estructural	: C3 Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de mampostería.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: 1.2

El Edificio de Química está destinado a clases universitarias y oficinas administrativas. Tiene un laboratorio de química y el sistema estructural de la edificación es de pórticos de concreto con muros de albañilería no reforzada (C3). Esta información no es apreciable a simple vista, para corroborar la naturaleza estructural de los muros se recurrió a la revisión de los planos facilitados por la Oficina de Servicios Técnicos (OST).

La edificación cuenta con una escalera, que estructuralmente se encuentra aislada de la edificación lo que permite que dichas estructuras trabajen independientemente.

Asimismo, se observaron juntas de dilatación que permiten a la edificación comportarse como tres cuerpos aislados sin irregularidad vertical ni de planta. Dado que estos tres cuerpos que componen el Edificio de Química tienen la misma altura, no presentan irregularidades verticales ni de planta y están cimentados en un mismo tipo de suelo, se obtuvo el mismo puntaje final S para los tres cuerpos.

El Puntaje Final S obtenido para los tres cuerpos es de 1.2 y acorde a lo indicado en el Acápito 4.2 el valor de probabilidad de falla es de 6.31%. Teniendo en cuenta que el valor del puntaje de corte es de $S_0=2$, el cual indica una probabilidad de falla del 1.00%, se concluye que la probabilidad de falla del Edificio de Química no es aceptable. Se recomienda que la edificación sea sometida a un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica que determine apropiadamente su comportamiento ante una sollicitación sísmica.

6.3.3. Edificio de Hidráulica



Figura 73: Edificio de Hidráulica. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO DE HIDRÁULICA
Año de construcción	: 1986
Uso	: Oficinas (Segunda planta) /Laboratorios (Primera planta)
Sistema estructural	: C3 Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de mampostería.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: 1.2

El Edificio de Hidráulica es una edificación que se compone de dos partes. La primera parte corresponde a un área amplia no techada en su parte posterior que cuenta únicamente con cerco perimetral delimitante de albañilería, con columnas de concreto. Esta parte no es relevante al análisis puesto que se encuentra aislada de la estructura.

La segunda parte de la edificación, más relevante para el análisis, comprende un área techada en dónde existe un amplio espacio para la construcción de modelos hidráulicos y otro espacio destinado a oficinas. Esta parte de la edificación se compone de dos cuerpos aislados, de dos pisos cada uno, sin irregularidad vertical ni de planta. El sistema de techo que cubre esta parte de la edificación es de dos tipos, para la zona de los modelos hidráulicos, se compone de vigas metálicas sobre las cuales se apoya la cobertura de techo compuesta de calaminón y para la zona de oficinas es de losa aligerada de concreto. El sistema estructural de la edificación es de una estructura de pórticos de concreto con muros de albañilería no reforzada (C3). Esta información no es apreciable a simple vista y para corroborar la naturaleza estructural de los muros se recurrió a la revisión de los planos facilitados por la Oficina de Servicios Técnicos (OST).

El Puntaje Final S obtenido en esta edificación es de 1.2 y acorde a lo indicado en el Acápito 4.2; el valor de probabilidad de falla es de 6.31%. Teniendo en cuenta que el valor del puntaje de corte es de $S_0=2$, el cual indica una probabilidad de falla del 1.00%, se concluye que la probabilidad de falla del Edificio de Hidráulica no es aceptable.

Se recomienda que la edificación sea sometida a un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica que determine apropiadamente su comportamiento ante una sollicitación sísmica.

6.3.4. Edificio 80



Figura 74: Edificio 80. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO 80
Año de construcción	: 1980
Uso	: Oficinas y clases universitarias
Sistema estructural	: C3 Edificios de concreto reforzados rellenos con muros de mampostería.
Número de pisos	: Tres pisos
Puntaje final	: 0.7

El Edificio 80 es una edificación construida en 1980, razón por la cual tiene ese nombre. Esta edificación cuenta con tres pisos y está compuesta por pórticos de concreto con muros de albañilería no reforzada (C3). Esta información no es apreciable a simple vista y para corroborar la naturaleza del sistema se recurrió a la revisión de los planos facilitados por la Oficina de Servicios Técnicos (OST).

En la inspección no se mostró evidencia de juntas de dilatación entre la escalera y la edificación, pero sí muestra junta de dilatación entre la edificación y el tapasol de concreto. Este tapasol cuenta con cimentación propia, así que no existe interacción con la edificación. Tanto la escalera como el tapasol se pueden apreciar en el croquis de la edificación que se encuentra en el Apéndice A. Tras consultar la información proporcionada por OST se apreció que la escalera efectivamente no se encuentra aislada de la edificación por lo que funcionan como un cuerpo monolítico. Asimismo, se evidencia que la estructura en análisis tiene irregularidad de planta. Sin embargo, la edificación no tiene irregularidad vertical.

El Puntaje Final S obtenido en esta edificación es de 0.7, y acorde a lo indicado en el Acápite 4.2, éste corresponde a una probabilidad de falla de 19.95%. Teniendo en cuenta que el valor del puntaje de corte es de $S_0=2$, lo que indica una probabilidad de falla del 1.00%, el resultado obtenido indica que la probabilidad de falla de este edificio no es aceptable. Se recomienda que la edificación sea sometida a un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica que determine la capacidad de la estructura ante un evento sísmico.

6.3.5. Facultad de Derecho-Pabellón 1



Figura 75: Facultad de Derecho-Pabellón 1. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: FACULTAD DE DERECHO-PABELLON 1
Año de construcción	: 2010
Uso	: Oficinas administrativas, clases universitarias
Sistema estructural	: NA Sistema estructural no contemplado por el método.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: Sin puntaje calculado

El Pabellón 01 de la Facultad de Derecho fue construido en el año 2010. Esta estructura no presenta evidencia del sistema estructural que la compone. Los acabados que posee con fines arquitectónicos impiden la correcta identificación del sistema estructural. Para identificar apropiadamente el sistema estructural se consultó a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura, donde se indicó que el sistema estructural que compone esta edificación es el de albañilería confinada.

De acuerdo con San Bartolomé (1994) el sistema de albañilería confinada es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 5 pisos. La albañilería confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente a ras. El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano.

La irregularidad de planta de la edificación tiene simplemente fines arquitectónicos.

La edificación del Pabellón 01 se encuentra conectada a la del Pabellón 02 a través de un puente metálico; sin embargo, este puente se encuentra simplemente apoyado sobre la losa de ambas edificaciones sin ningún tipo de monolitismo. La escalera de la edificación estructuralmente no evidencia que se encuentra separada del edificio, posteriormente, con la revisión de planos se determinó que la escalera funciona de manera aislada de la edificación.

Considerando que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y dado que el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural, esta edificación no ha sido analizada a través de este método.

6.3.6. Facultad de Derecho-Pabellón 2

El Pabellón 02 de la Facultad de Derecho fue construido en el año 2010. Esta estructura, al igual que la del Pabellón 01, no presenta evidencia del sistema estructural que la compone. Los acabados que presenta son de fines arquitectónicos e impiden la correcta identificación del sistema estructural. Para identificar apropiadamente el sistema estructural se consultó a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura, donde se indicó que el sistema estructural de esta edificación es el de albañilería confinada.

La irregularidad de planta de la edificación tiene también fines arquitectónicos.

La edificación del Pabellón 02 se encuentra conectada al Pabellón 01 a través de un puente metálico; sin embargo, este puente se encuentra simplemente apoyado sobre la losa de ambas edificaciones sin ningún tipo de monolitismo. La escalera de la edificación estructuralmente no evidencia que se encuentra separada del edificio; posteriormente, con la revisión de planos se determinó que la escalera funciona de manera aislada de la edificación.



Figura 76: Facultad de Derecho-Pabellón 2. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: FACULTAD DE DERECHO-PABELLON 2
Año de construcción	: 2010
Uso	: Oficinas administrativas, clases universitarias
Sistema estructural	: NA Sistema estructural no contemplado por el método.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: Sin puntaje calculado

Considerando que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y dado que el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural, esta edificación no ha sido analizada a través de este método.

6.3.7. Facultad de Derecho-Pabellón 3

El Pabellón 03 de la Facultad de Derecho fue construido en el año 2010. Esta estructura, al igual que el Pabellón 01 y el Pabellón 02, no presenta evidencia del sistema estructural que la compone, los acabados que presenta son de fines arquitectónicos e impiden la correcta identificación del sistema estructural. Para identificar apropiadamente el sistema

estructural se consultó a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura, donde se indicó que el sistema estructural de esta edificación es el de albañilería confinada.



Figura 77: Facultad de Derecho-Pabellón 3. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: FACULTAD DE DERECHO-PABELLON 3
Año de construcción	: 2010
Uso	: Oficinas administrativas, clases universitarias
Sistema estructural	: NA Sistema estructural no contemplado por el método.
Número de pisos	: Un piso
Puntaje final	: Sin puntaje calculado

La irregularidad de planta de la edificación es con fines arquitectónicos.

Considerando que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y dado que el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural, esta edificación no ha sido analizada a través de este método.

6.3.8. Facultad de Derecho-Pabellón 4

El Pabellón 04 de la Facultad de Derecho es el más pequeño de las cuatro estructuras que conforman el conjunto de la Facultad de Derecho, construido en el año 2010. Esta estructura, al igual que el Pabellón 01, el Pabellón 02 y el Pabellón 3, no presenta evidencia del sistema estructural que la compone, los acabados que presenta son de fines arquitectónicos e impiden la correcta identificación del sistema estructural. Para identificar apropiadamente el sistema estructural se consultó a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura, donde se indicó que el sistema estructural de esta edificación es de albañilería confinada.



Figura 78: Facultad de Derecho-Pabellón 4. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: FACULTAD DE DERECHO-PABELLON 4
Año de construcción	: 2010
Uso	: Oficinas administrativas, clases universitarias
Sistema estructural	: NA Sistema estructural no contemplado por el método.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: Sin puntaje calculado

La irregularidad de planta de la edificación tiene simplemente fines arquitectónicos, sin embargo, dadas las dimensiones de ésta, en relación con su irregularidad, son despreciables en este caso para el propósito del método utilizado.

Considerando que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y dado que el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural, esta edificación no ha sido analizada a través de este método.

6.3.9. Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

El Edificio de Mecánica Eléctrica (IME) es una edificación de planta irregular cuyo sistema estructural corresponde a una estructura de pórticos de concreto armado relleno con muros de albañilería no reforzada.

El Edificio de Ingeniería Mecánica Eléctrica se destina a fines diversos, aquí se encuentra localizado el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción (LEMC), oficinas administrativas, Laboratorio de Física Aplicada y un auditorio.

Esta estructura no presenta evidencia del sistema estructural que la compone. Para conocer apropiadamente el sistema estructural se consultó a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura. Con la información brindada por OST se determinó que

el sistema estructural de esta edificación es de pórticos de concreto con muros de albañilería no reforzada (C3).



Figura 79: Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO DE INGENIERÍA MECANICO ELECTRICA
Año de construcción	: 1983
Uso	: Oficinas y clases universitarias
Sistema estructural	: C3 Edificios de concreto reforzado rellenos con muros de mampostería.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: 0.7

La estructura en análisis presenta una marcada irregularidad en planta. Asimismo, la estructura presenta ligera irregularidad vertical poco apreciable, en la zona aledaña al auditorio, por lo que se despreciará para el análisis de esta edificación.

El Puntaje Final S obtenido en esta edificación es de 0.7, y acorde a lo indicado en el Acápite 4.2 éste da un valor de probabilidad de falla de 19.95%. Teniendo en cuenta que el valor del puntaje de corte es de $S_0=2$, lo que indica una probabilidad de falla del 1.00%, el resultado obtenido indica que su probabilidad de falla de este edificio no es aceptable. Se recomienda que la edificación sea sometida a un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica que determine la capacidad de la estructura ante un evento sísmico.

6.3.10. Edificio de Educación

El Edificio de Educación es una edificación construida en el año 2001 y actualmente está destinada a la Facultad de Educación y a la Facultad de Humanidades.

Estructuralmente es una edificación irregular en planta, con juntas de dilatación apreciables en tres secciones, que separan la edificación en cuatro cuerpos, cada uno de forma irregular.

La naturaleza estructural de la edificación no puede conocerse a simple vista, tampoco con la inspección del interior de la edificación; sólo puede conocerse a través de la revisión de los planos de construcción. El tipo de edificación fue consultado a la Oficina de Servicios Técnicos (OST) de la Universidad de Piura, donde se indicó que el sistema estructural que compone esta edificación es el de albañilería confinada.



Figura 80: Edificio de Educación. Fuente: Elaboración propia.

Nombre	: EDIFICIO DE EDUCACIÓN
Año de construcción	: 2001
Uso	: Oficinas administrativas, clases universitarias
Sistema estructural	: NA Sistema estructural no contemplado por el método.
Número de pisos	: Dos pisos
Puntaje final	: Sin puntaje calculado

No se evidencia que la escalera de la edificación se encuentra aislada, por lo que se puede afirmar que la escalera y la edificación funcionan monolíticamente.

Considerando que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y dado que el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural, esta edificación no ha sido analizada a través de este método.

6.4. Análisis de los resultados

En la Tabla 25 se muestra un resumen de las edificaciones analizadas. En este resumen se presentan el año de construcción, el sistema estructural, el puntaje final obtenido y la probabilidad de falla de cada edificación analizada. Las edificaciones cuyo sistema

estructural no estuvo contemplado por el método, como el caso del sistema estructural de albañilería confinada, se registraron en esta tabla con el término NA (No aplica).

Tabla 25: Resumen de los resultados obtenidos al evaluar con el PIVR, las edificaciones de la Universidad de Piura. Fuente: Elaboración propia.

Edificaciones de la Universidad de Piura (UDEP)					
Puntajes finales y probabilidad de falla					
Item	Nombre de la edificación	Año de construcción	Sistema estructural	Puntaje final	Probabilidad de falla
E.01	Edificio de Ingeniería Civil	1986	C3 <i>Edificios de concreto reforzado ; rellenos con muros de mampostería.</i>	1.20	6.3096%
E.02	Edificio de Química	1990	C3 <i>Edificios de concreto reforzado ; rellenos con muros de mampostería.</i>	1.20	6.3096%
E.03	Edificio de Hidráulica	1986	C3 <i>Edificios de concreto reforzado ; rellenos con muros de mampostería.</i>	1.20	6.3096%
E.04	Edificio 80	1980	C3 <i>Edificios de concreto reforzado ; rellenos con muros de mampostería.</i>	0.70	19.9526%
E.05	Facultad de Derecho-Pabellon 1	2010	NA <i>Sistema estructural no contemplado ; por el método.</i>	-	-
E.06	Facultad de Derecho-Pabellon 2	2010	NA <i>Sistema estructural no contemplado ; por el método.</i>	-	-
E.07	Facultad de Derecho-Pabellon 3	2010	NA <i>Sistema estructural no contemplado ; por el método.</i>	-	-
E.08	Facultad de Derecho-Pabellon 4	2010	NA <i>Sistema estructural no contemplado ; por el método.</i>	-	-
E.09	Edificio de Ingeniería Mecanico Electrica	1983	C3 <i>Edificios de concreto reforzado ; rellenos con muros de mampostería.</i>	0.70	19.9526%
E.10	Edificio de Educación	2001	NA <i>Sistema estructural no contemplado ; por el método.</i>	-	-

Tal como puede apreciarse en la Tabla 25, ninguna edificación, de acuerdo con el PIVR, tiene un Puntaje Final S aceptable, superior al parámetro de corte $S_0=2$.

Estas edificaciones analizadas presentan Puntaje Final S bajo, principalmente porque fueron construidas antes de una mejora sustancial de la norma sísmica.

Cabe indicar que un Puntaje Final S bajo implica una alta probabilidad de falla de la estructura ante un evento sísmico. En este caso se recomienda evaluar la estructura por un especialista, quien a través de un uso apropiado de herramientas de cálculo y programas de análisis especializados, le permita realizar un estudio detallado de la vulnerabilidad sísmica.

En la Figura 81 se muestra esquemáticamente las edificaciones de la Universidad de Piura con su respectivo valor de índice de vulnerabilidad; y en la Figura 82 se presentan estas mismas edificaciones con su correspondiente valor de probabilidad de falla en porcentaje.



Figura 81: Puntaje final “S” de las edificaciones de la UDEP analizadas por el PIVR. Fuente: Elaboración propia.



Figura 82: Probabilidad de falla de las edificaciones de la UDEP analizadas por el PIVR. Fuente: Elaboración propia.

6.5. Limitaciones en el uso del PIVR.

El principio del PIVR apunta a una inspección visual rápida desde el exterior de la edificación, sin la necesidad de recurrir a planos estructurales. Sin embargo, en la

identificación del sistema estructural de las edificaciones analizadas, hubo muchas limitaciones, las cuales se muestran en la Tabla 26.

Cabe indicar que, en todas las edificaciones analizadas de la Universidad de Piura, se recurrió a los planos estructurales, proporcionados por la Oficina de Servicios Técnicos (OST), para identificar el sistema estructural, que como se mencionó antes, es el paso más importante para aplicar el PIVR.

Tabla 26: Limitaciones en la identificación del sistema estructural de las edificaciones de la Universidad de Piura analizadas. Fuente: Elaboración propia.

Item	Descripción	Limitaciones
01	Edificio de Ingeniería Civil	Juntas de construcción poco apreciables.
		Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
02	Edificio de Química	Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
03	Edificio de Hidráulica	Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
04	Edificio 80	Juntas de dilatación no apreciables entre escalera y edificación principal.
		Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
05	Facultad de Derecho-Pabellón 1	Acabados con fines arquitectónicos que no permiten la identificación de juntas de construcción e impiden la correcta identificación del sistema estructural.
		No se evidencia que la escalera se encuentra separada del edificio a través de una junta.
		Sistema estructural no compatible con ninguna tipología del PIVR. La edificación no fue analizada.
06	Facultad de Derecho-Pabellón 2	Acabados con fines arquitectónicos que no permiten la identificación de juntas de construcción e impiden la correcta identificación del sistema estructural.
		No se evidencia que la escalera se encuentra separada del edificio a través de una junta.
		Sistema estructural no compatible con ninguna tipología del PIVR. La edificación no fue analizada.
07	Facultad de Derecho-Pabellón 3	Acabados con fines arquitectónicos no permiten la identificación de juntas de construcción e impiden la correcta identificación del sistema estructural.
		Sistema estructural no compatible con ninguna tipología del PIVR. La edificación no fue analizada.
08	Facultad de Derecho-Pabellón 4	Acabados con fines arquitectónicos que no permiten la identificación de juntas de construcción e impiden la correcta identificación del sistema estructural.
		Sistema estructural no compatible con ninguna tipología del PIVR. La edificación no fue analizada.
09	Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica	Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
10	Edificio de Educación	Acabados de tarrajeo y pintura dificultan la identificación del sistema estructural.
		Sistema estructural no compatible con ninguna tipología del PIVR. La edificación no fue analizada.
		Presencia de bruñas con fines arquitectónicos pueden inducir al error al parecer juntas de dilatación.

Conclusiones y recomendaciones

1. Tras la aplicación del método PIVR para analizar la vulnerabilidad de las edificaciones de la UDEP, se puede afirmar que éste es un método sencillo y de fácil aplicación. La inspección, la recolección de datos y el proceso de toma de decisiones se realizan en el mismo sitio del emplazamiento del edificio a analizar, y toman un tiempo de 15 a 30 minutos por edificio. La información se registra de forma simple y rápida en los formularios de recopilación de datos.
2. Asimismo, tras la aplicación del método PIVR en las edificaciones de la UDEP, se confirma que el paso más importante es la identificación del sistema estructural de la edificación. Esta tarea no es sencilla y en algunas circunstancias se ha recurrido a los planos de construcción para dilucidar el sistema. Los acabados, la pintura y los revestimientos, así como los tarrajes que imitan las juntas de construcción por estética arquitectónica, dificultan la identificación del sistema estructural.
3. Previo a la aplicación del método PIVR se debió conocer el estado de los modificadores de puntaje: “Pre-Code” y “Benchmark post” de nuestra Norma E-030. Con base a la recopilación bibliográfica se encontró que el primer código peruano de diseño sísmico data de 1977, y la última versión corresponde al año 2016. Cabe indicar que el manual FEMA 154 del 2002, el utilizado en esta tesis, es contemporáneo con la penúltima versión de la norma E-030 del año 2003. Con esta información se pudo afirmar que el puntaje “Pre-Code” corresponde a las edificaciones diseñadas antes de 1977; y el puntaje “Benchmark post” a las edificaciones diseñadas después del 2003.
4. La implementación del método PIVR en el Perú puede significar una gran ayuda en la identificación de edificaciones con potencial de riesgo sísmico. Sin embargo, es importante llevar a cabo un estudio previo que desarrolle los puntajes estructurales básicos y sus modificadores para el sistema estructural de albañilería confinada, que no es contemplado por este método.
5. De las edificaciones analizadas de la Universidad de Piura, se concluye que: El Edificio de Ingeniería Civil, el Edificio de Química, el Edificio de Hidráulica, el Edificio 80 y el Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica son potencialmente vulnerables ante la

ocurrencia de un evento sísmico, acorde con el PIVR. Se recomienda que estas edificaciones sean sometidas a un estudio más exhaustivo de la vulnerabilidad sísmica a fin de confirmar el resultado obtenido por el PIVR.

6. En base al estudio realizado en esta tesis, se observa que las edificaciones tipo C3, edificaciones de concreto reforzado rellenas con muros de albañilería, en la zona de sismicidad alta, son las menos favorecidas por este método. El puntaje básico de este tipo de edificación no supera el valor de corte; lo que significa que cualquier edificación de este tipo, en zona de sismicidad alta, es vulnerable. Quizá esto se debe a que en una edificación aporticada, los muros de albañilería no poseen refuerzo adecuado, tendiendo a volcarse ante la presencia de una carga de sismo ortogonal a su plano. Cabe indicar que los puntajes estructurales básicos de las estructuras indican la probabilidad de que estas estructuras reciban un daño tal que afecte su serviciabilidad por completo, lo que significa que la edificación podría quedar inutilizable, aun cuando no suceda el colapso.
7. Se recomienda continuar la investigación del PIVR sobre la base de la tercera edición del FEMA P-154 (2015) y explorar otros métodos de inspección visual rápido de edificaciones a fin de ampliar los horizontes sobre el estudio realizado.

Bibliografía y referencias

1. American National Bureau of Standards (NBS), (1980) - Development of a probability-based load criterion. - First Edition
2. Angulo Bustíos, César (2011) - Estadística. - Libros de fondo editorial UDEP - 3ª Edición.
3. Applied Technology Council (ATC), (2002) - Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation (2nd edition).
4. Barbat, Alex; Pujades, Lluís (2004) - Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. - 6º Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Sísmica.
5. Blanco, Antonio (2010) - Evolución de las normas sísmicas en el Perú - Asociación Capitulo Peruano del Instituto Americano del Concreto ACI-Perú - mayo 2010.
6. Corsanego A.; Petrini V. (1990) - Seismic vulnerability of buildings. - Proceedings of the Workshop II on Seismic Risk Vulnerability and Risk Assessment, Trieste, Italy,
7. DHS (1990) - Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response, FEMA Mitigation Division - Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model - HAZUS 99 MH MR4 -Technical Manual.
8. Dolce M.; Kappos A.; Zuccaro G.; Coburn A. (1994.) - Report of the EAEE working group 3: vulnerability and risk analysis, Technical Report 10th european conference on Earthquake Engineering. Vienna.
9. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1988) - FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, a Handbook. Edition 1.
10. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1988) - FEMA 155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. Edition 1.

11. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1992) - FEMA 178: Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings.
12. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1998) - FEMA 310: Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandard.
13. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1998) - FEMA 315: Seismic Rehabilitation of Buildings: Strategic Plan 2015.
14. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2002) - FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, a Handbook. Edition 2.
15. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2002) - FEMA 155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. Edition 2.
16. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2015) - FEMA P-154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, a Handbook. Edition 3.
17. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2015) - FEMA P-155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. Edition 3.
18. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2010) - Manual del verificador: Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo, Ficha de verificación – Lima, Perú.
19. Moreno, Rosangel (2006) - Metodología para la evaluación del riesgo sísmico: Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal. Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
20. National Institute of Building Science (NIBS); Federal Emergency Management Agency (2002) - HAZUS99-SR2 Advanced Engineering Building Module Technical and User's Manual.
21. Ordoñez, Patricia; Lugo, Yessenia (2016) - Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú. - Tesis PUCP para optar el título de Licenciado en Ingeniería Civil - 2007
22. Pan American Health Organization (PAHO) (2000) - Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. - Manual del Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre.
23. Centro de estudios y prevención de desastres PREDES (2008) - Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos.
24. República del Perú (2010) -Decreto Supremo. "Plan de prevención por sismos 2010".
25. Safina, Salvador (2002) - Tesis Doctoral: Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico - Barcelona.2002

26. Samaniego, Luis; Ríos, José (2005) - Estudio de la vulnerabilidad sísmica del distrito del Rímac en la ciudad de Lima, Perú. - XV Congreso Nacional de ingeniería civil - Ayacucho 2005
27. San Bartolomé, Ángel (1994) - Construcciones en albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural. - Libros de fondo editorial PUCP - 1ª Edición.
28. Torrealva, Daniel (2012) - Evolución de las normas sísmicas peruanas y el diseño sismo resistente. –Foro: Evaluación de la vulnerabilidad y medidas de prevención ante riesgo sísmico y tsunami.
29. Yépez, Fabricio; Barbat, Alex; Canas, José (1996) - Evaluación probabilista de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras de hormigón armado por medio de simulación. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Barcelona.

Anexo A

Formatos de recolección de datos

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

FEMA-154 Data Collection Form

HIGH Seismicity

<p>Scale: _____</p>	<p>Address: _____ _____ Zip _____</p> <p>Other Identifiers _____</p> <p>No. Stories _____ Year Built _____</p> <p>Screener _____ Date _____</p> <p>Total Floor Area (sq. ft.) _____</p> <p>Building Name _____</p> <p>Use _____</p>
<p>PHOTOGRAPH</p>	

OCCUPANCY			SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt	Office	Number of Persons		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	Residential	0 – 10	11 – 100	Hard	Avg.	Dense	Stiff	Soft	Poor	Unreinforced	Parapets	Cladding	Other:
Emer. Services	Industrial	School	101-1000	1000+	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	Chimneys			

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8

FINAL SCORE, S	
<p>COMMENTS</p>	<p>Detailed Evaluation Required</p> <p>YES NO</p>

* = Estimated, subjective, or unreliable data
 DNK = Do Not Know
 BR = Braced frame
 FD = Flexible diaphragm
 LM = Light metal
 MRF = Moment-resisting frame
 RC = Reinforced concrete
 RD = Rigid diaphragm
 SW = Shear wall
 TU = Tilt up
 URM INF = Unreinforced masonry infill

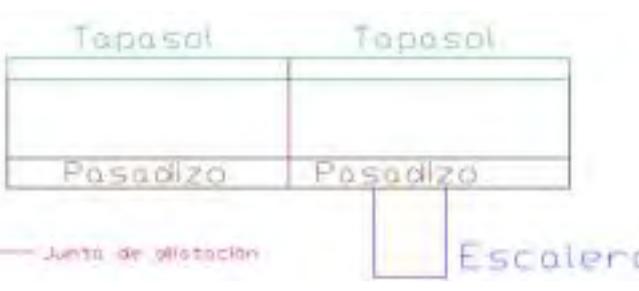
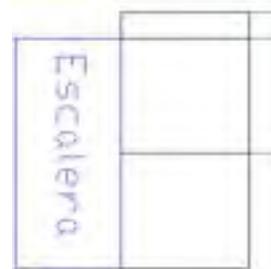
Apéndice A

**Fichas de registro de datos de las edificaciones de la
Universidad de Piura**

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial

ALTA
Sismicidad

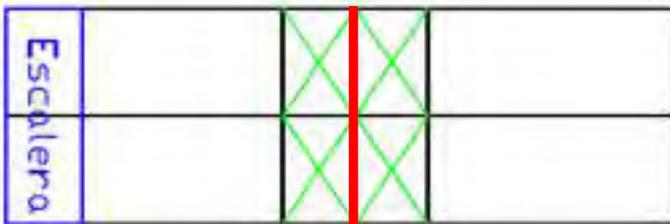
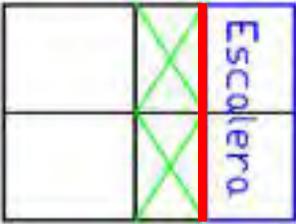
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

Esquema							Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura									
Planta 							Año de construcción: 1986									
							Otros identificadores: Ninguno característico									
Elevación frontal 							Número de pisos: Dos pisos									
							Observador: Marco Castro Herrera									
Elevación lateral derecha 							Nombre: Edificio de Ingeniería Civil									
							Uso: Clases universitarias/Oficinas administrativas									
Fotografía referencial																
																
Ocupación							Tipo de suelo						Fallas no estructurales			
Asamblea	Gubernamental	Oficinas					A	B	C	D	E	F	Revestimiento			
Comercial	Historica	Residencial					Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	Parapeto			
Servicios de emergencia	Industrial	Educativos							X				Otros			
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD		
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A	
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A	
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20	
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A	
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80	
Puntaje Final	1.20															
Comentarios																
<i>La escalera de la edificación estructuralmente se encuentra separada del edificio, funciona de forma independiente</i>																
Evaluación detallada																
Si No																
S 1.20																
BR: Con arriostres			MR: Portico momento resistente			SW: Pared de corte										
FD: Diagrama flexible			RC: Concreto reforzado			TU: Tilt up										
LM: Metal ligero			RD: Diafragma rígido			URM INF: Relleno de albañilería no reforzada										

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial

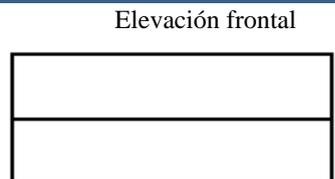
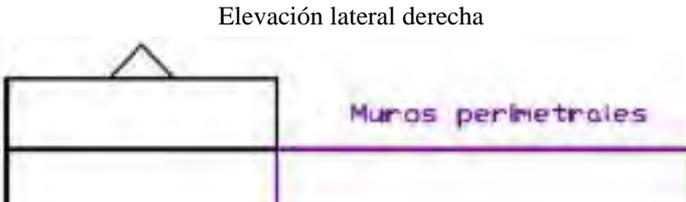
ALTA
Sismicidad

Fema 154 - Hoja de recolección de datos

Esquema				Fotografía referencial															
Planta																			
																			
Elevación frontal																			
																			
Elevación letral izquierda																			
																			
 Área vacía, no presenta elementos tipo área.																			
Ocupación				Tipo de suelo						Fallas no estructurales									
Asamblea	X	Gubernamental	Oficinas	X	A	B	C	D	E	F	Revestimiento								
Comercial		Historica	Residencial		Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	Parapeto								
Servicios de emergencia		Industrial	Educacionales	X							Otros								
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																			
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM				
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD					
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80				
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A				
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00				
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50				
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20				
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.80	2.60				
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40				
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60				
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80				
Puntaje Final																	1.20		
Comentarios																Evaluación detallada			
La escalera de la edificación estructuralmente se encuentra separada del edificio, funciona de forma independiente																Si No			
																S 1.20			
BR: Con arriostres				MR: Portico momento resistente				SW: Pared de corte											
FD: Diagrama flexible				RC: Concreto reforzado				TU: Tilt up											
LM: Metal ligero				RD: Diafragma rígido				URM INF: Relleno de albañilería no reforzada											

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

ALTA
Sismicidad

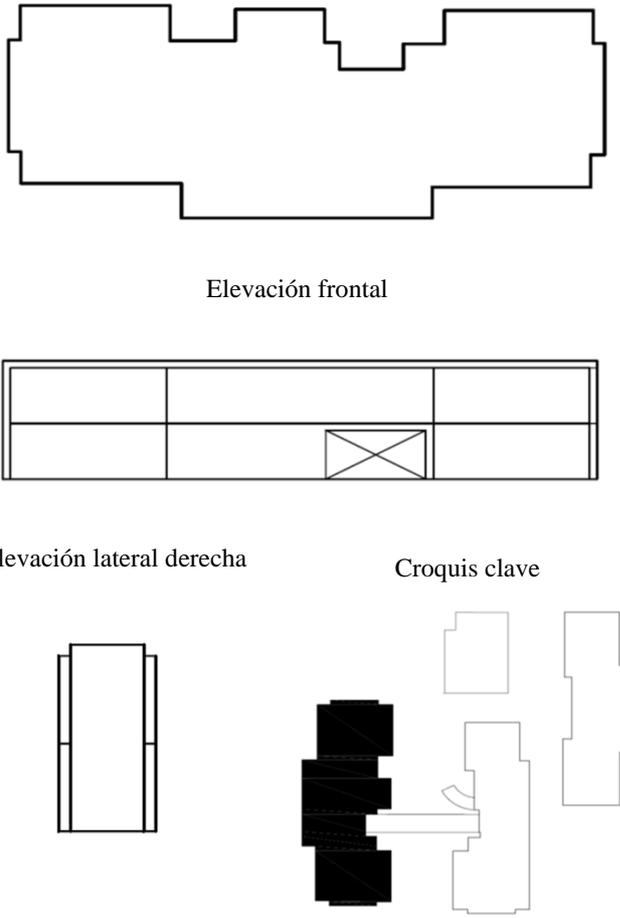
Esquema		Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura																													
Planta		Año de construcción: 1986																													
Elevación frontal		Otros identificadores:																													
 <p>Muros perimetrales</p> <p>Area no techado</p>																															
												Número de pisos: Dos pisos																			
 <p>Elevación lateral derecha</p> <p>Muros perimetrales</p>		Observador: Marco Castro Herrera																													
		Nombre: Edificio de Hidráulica																													
		Uso: Oficinas (Segunda planta) /Laboratorios (Primera planta)																													
		Fotografía referencial																													
		Tipo de suelo						Fallas no estructurales																							
		Asamblea		Gubernamental		Oficinas		A		B		C		D		E		F		Revestimiento											
		Comercial		Historica		Residencial		Roca dura		promedio		muy denso		Suelo rígido		Suelo blando		Suelo pobre		Parapeto											
		Servicios de emergencia		Industrial		Educativos		X												Otros											
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																															
Tipo de edificación		W1		W2		S1		S2		S3		S4		S5		C1		C2		C3		PC1		PC2		RM1		RM2		URM	
						MRF		BR		LM		RC SW		URM INF		MRF		SW		URM INF		TU		FD		RD					
Basic score		4.40		3.80		2.80		3.00		3.20		2.80		2.00		2.50		2.80		1.60		2.60		2.40		2.80		2.80		1.80	
Media altura (4 a 7 pisos)		N/A		N/A		0.20		0.40		N/A		0.40		0.40		0.40		0.40		0.20		N/A		0.20		0.40		0.40		N/A	
Gran altura (Mas de 7pisos)		N/A		N/A		0.60		0.80		N/A		0.80		0.80		0.60		0.80		0.30		N/A		0.40		N/A		0.60		N/A	
Irregularidad Vertical		-2.50		-2.00		-1.00		-1.50		N/A		-1.00		-1.50		-1.00		-1.00		N/A		-1.00		-1.00		-1.00		-1.00			
Irregularidad de planta		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50		-0.50			
Sin criterio sísmico		N/A		-1.00		-1.00		-0.80		-0.60		-0.80		-0.20		-1.20		-1.00		-0.20		-0.80		-1.00		-0.80		-0.20			
Con criterio sísmico mejorado		2.40		2.40		1.40		1.40		N/A		1.60		N/A		1.40		2.40		N/A		2.40		N/A		2.80		2.60		N/A	
Suelo tipo C		N/A		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40		-0.40			
Suelo tipo D		N/A		-0.80		-0.60		-0.60		-0.60		-0.60		-0.40		-0.60		-0.60		-0.40		-0.60		-0.60		-0.60		-0.60			
Suelo tipo E		N/A		-0.80		-1.20		-1.20		-1.00		-1.20		-0.80		-1.20		-0.80		-0.80		-0.40		-1.20		-0.40		-0.60			
Puntaje Final																				1.20											
Comentarios																				Evaluación detallada											
																				Si No											
																				S 1.20											

BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte
 FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up
 LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada

Esquema														Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura											
Planta														Año de construcción: 1980											
														Otros identificadores:											
														Número de pisos: Tres pisos											
														Observador: Marco Castro Herrera											
														Nombre: Edificio 80											
														Uso: Oficinas y clases universitarias											
														Fotografía referencial											
Ocupación																									
Asamblea	Gubernamental	Oficinas												X	Tipo de suelo			Fallas no estructurales							
Comercial	Historica	Residencial												A							B	C	D	E	F
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales												Roca dura							promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"														Revestimiento			Parapeto			Otros					
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1										RM2	URM	
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU	FD	RD												
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80										2.80	1.80	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40										0.40	N/A	
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A										0.60	N/A	
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00										-1.00	-1.00	
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50										-0.50	-0.50	
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00										-0.80	-0.20	
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80										2.60	N/A	
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40										
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60										
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80										
Puntaje Final														0.70											
Comentarios														Evaluación detallada											
La escalera de la edificación estructuralmente no evidencia que se encuentra separada del edificio, se presume que funcionan de forma monolítica. El tapasol-cortaviento si evidencia presencia de junta de dilatación por lo que se presume que funciona independientemente de la edificación																	Si No								
BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada														S 0.70											

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

ALTA
Sismicidad

Esquema		Fotografía referencial																											
Planta																													
Elevación frontal																													
Elevación lateral derecha																													
Croquis clave																													
																													
Ocupación																Tipo de suelo						Fallas no estructurales							
Asamblea	Gubernamental															Oficinas	X	A	B	C	D	E	F	Revestimiento					
Comercial	Historica															Residencial		Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	Parapeto					
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales	X							Otros																			
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																													
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM														
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD															
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80														
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A														
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A														
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00														
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50														
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20														
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A														
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40														
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60														
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80														
Puntaje Final																													
Comentarios														Evaluación detallada															
Esta edificación no ha sido analizada a través de este método ya que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural.														Si	No														
BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada														S	-														

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial

ALTA
Sismicidad

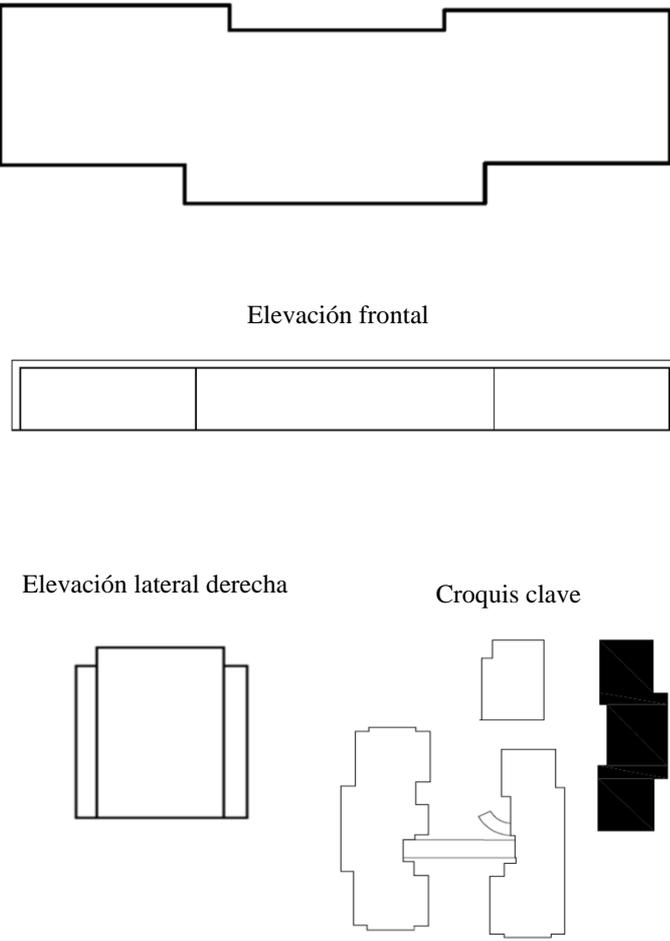
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

Esquema		Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura																			
Planta		Año de construcción: 2010																			
		Otros identificadores:																			
		Número de pisos: Dos pisos																			
Elevación frontal 		Observador: Marco Castro Herrera																			
		Nombre: Facultad de Derecho-Pabellon 2																			
Elevación trasera 		Uso: Oficinas administrativas, clases universitarias																			
Elevación lateral derecha 		Fotografía referencial																			
Croquis clave 																					
Ocupación														Tipo de suelo						Fallas no estructurales	
Asamblea		Gubernamental		Oficinas		X		A		B		C		D		E		F		Revestimiento	
Comercial		Historica		Residencial				Roca		promedio		muy		Suelo		Suelo		Suelo		Parapeto	
Servicios de emergencia		Industrial		Educativos		X		dura		denso		rigido		blando		pobre		Otros			
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																					
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM						
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU	FD	RD								
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80						
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A						
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A						
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00						
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50						
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20						
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A						
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40						
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60						
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80						
Puntaje Final																					
Comentarios																					
Esta edificación no ha sido analizada a través de este método ya que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural.														Evaluación detallada							
														Si No							
BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada														S -							

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial

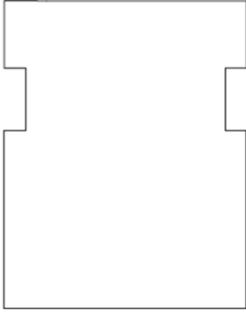
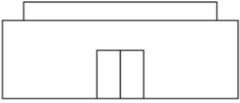
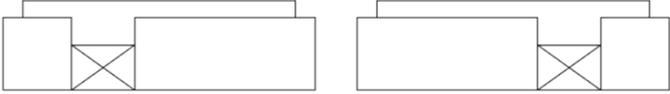
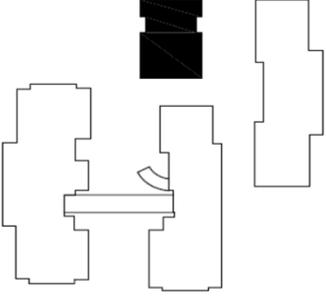
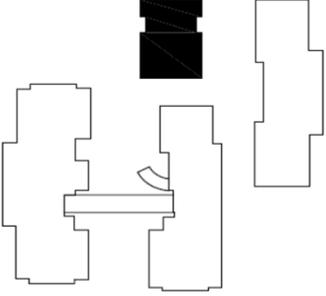
ALTA
Sismicidad

Fema 154 - Hoja de recolección de datos

Esquema		Fotografía referencial																														
Planta																																
Elevación frontal																																
Elevación lateral derecha	Croquis clave																															
																																
Ocupación		Tipo de suelo										Fallas no estructurales																				
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	X	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th> </tr> <tr> <td>Roca dura</td><td>promedio</td><td>muy denso</td><td>Suelo rígido</td><td>Suelo blando</td><td>Suelo pobre</td> </tr> </table>										A	B	C	D	E	F	Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td>Revestimiento</td> <td>Parapeto</td> <td>Otros</td> </tr> </table>				Revestimiento	Parapeto	Otros
A	B	C	D	E	F																											
Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre																											
Revestimiento	Parapeto	Otros																														
Comercial	Historica	Residencial																														
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales	X																													
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																																
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM																	
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD																		
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80																	
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A																	
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A																	
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00																	
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50																	
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20																	
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A																	
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40																	
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60																	
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80																	
Puntaje Final																																
Comentarios																																
Esta edificación no ha sido analizada a través de este método ya que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural.														Evaluación detallada																		
														Si	No																	
														S	-																	
BR: Con arriostres		MR: Portico momento resistente				SW: Pared de corte																										
FD: Diagrama flexible		RC: Concreto reforzado				TU: Tilt up																										
LM: Metal ligero		RD: Diafragma rígido				URM INF: Relleno de albañilería no reforzada																										

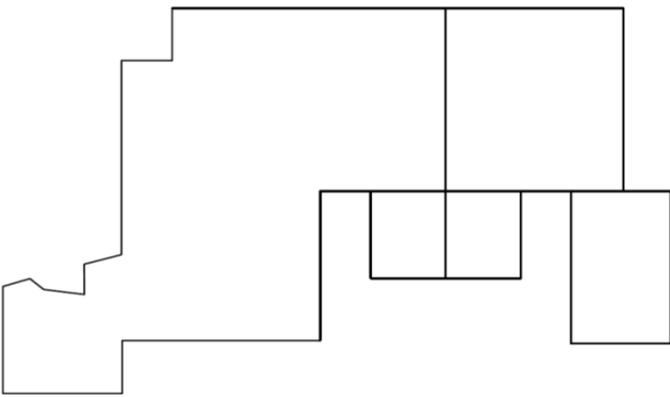
Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

ALTA
Sismicidad

Esquema		Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura															
Planta		Año de construcción: 2010															
		Otros identificadores:															
Elevación frontal		Número de pisos: Dos pisos															
		Observador: Marco Castro Herrera															
Elevación lateral derecha e izquierda		Nombre: Facultad de Derecho-Pabellon 4															
		Uso: Oficinas administrativas, clases universitarias															
Croquis clave		Fotografía referencial															
																	
																	
Ocupación				Tipo de suelo						Fallas no estructurales							
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	X	A	B	C	D	E	F	Revestimiento							
Comercial	Historica	Residencial		Roca	promed	muy	Suelo	Suelo	Suelo	Parapeto							
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales	X	dura	io	denso	rigido	blando	pobre	Otros							
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																	
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM		
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD			
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80		
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A		
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A		
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00		
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50		
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20		
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A		
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40		
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60		
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80		
Puntaje Final																	
Comentarios																	
Esta edificación no ha sido analizada a través de este método ya que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural.																	
Evaluación detallada																	
Si No																	
S -																	
BR: Con arriostres				MR: Portico momento resistente				SW: Pared de corte									
FD: Diagrama flexible				RC: Concreto reforzado				TU: Tilt up									
LM: Metal ligero				RD: Diafragma rígido				URM INF: Relleno de albañilería no reforzada									

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial
Fema 154 - Hoja de recolección de datos

ALTA
Sismicidad

Esquema										Fotografía referencial									
<p>Planta</p> 										<p>Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura</p> <p>Año de construcción: 1983</p> <p>Otros identificadores:</p> <p>Número de pisos: Dos pisos</p> <p>Observador: Marco Castro Herrera</p> <p>Nombre: Edificio de Ingeniería Mecanico Electrica</p> <p>Uso: Oficinas y clases universitarias</p>									
<p>Elevación frontal</p> 																			
<p>Elevación lateral derecha</p> 																			
Ocupación										Tipo de suelo						Fallas no estructurales			
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	X	A		B		C		D		E		F		Revestimiento			
Comercial	Historica	Residencial		Roca		promedio		muy denso		Suelo rígido		Suelo blando		Suelo pobre		Parapeto			
Servicios de emergencia	X Industrial	Educacionales		dura		denso		rígido		blando		pobre		Otros					
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																			
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM				
			MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU		FD	RD					
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80				
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A				
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00				
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50				
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20				
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A				
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40				
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60				
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80				
Puntaje Final	0.70																		
Comentarios															Evaluación detallada				
															Si No				
															S 0.70				

BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte
 FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up
 LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial

ALTA
Sismicidad

Fema 154 - Hoja de recolección de datos

Esquema							Dirección: Av. Ramón Mugica 131, Urb San Eduardo, Piura																						
							Año de construcción: 2001																						
							Otros identificadores:																						
							Número de pisos: Dos pisos																						
							Observador: Marco Castro Herrera																						
							Nombre: Edificio de Educación																						
							Uso: Oficinas administrativas, clases universitarias																						
							Fotografía referencial																						
Ocupación							Tipo de suelo						Fallas no estructurales																
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	X	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">A</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">B</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">C</td> <td style="background-color: #ffff00;">D</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">E</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">F</td> </tr> <tr> <td>Roca dura</td> <td>promedio</td> <td>muy denso</td> <td style="background-color: #ffff00;">Suelo rígido</td> <td>Suelo blando</td> <td>Suelo pobre</td> </tr> </table>						A	B	C	D	E	F	Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Revestimiento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Parapeto</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td></td> </tr> </table>		Revestimiento		Parapeto	X	Otros	
A	B	C	D	E	F																								
Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre																								
Revestimiento																													
Parapeto	X																												
Otros																													
Comercial	Historica	Residencial																											
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales	X																										
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																													
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM														
	MRF	BR	LM	RC SW	URM INF	MRF	SW	URM INF	TU	FD	RD	URM																	
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80														
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A														
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A														
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00														
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50														
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20														
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A														
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40														
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60														
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80														
Puntaje Final																													
Comentarios																													
Esta edificación no ha sido analizada a través de este método ya que el sistema estructural asignado a esta edificación corresponde al de albañilería confinada y el PIVR no contempla este tipo de sistema estructural.														Evaluación detallada															
BR: Con arriostres MR: Portico momento resistente SW: Pared de corte FD: Diagrama flexible RC: Concreto reforzado TU: Tilt up LM: Metal ligero RD: Diafragma rígido URM INF: Relleno de albañilería no reforzada														Si No															
S														-															