

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS TIPO I SEGÚN LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS COVENIN 1756 Y FONDONORMA 1753 VIGENTES EN VENEZUELA.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los bachilleres:

Carlos Correa

Angel Lozada

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, noviembre 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS TIPO I SEGÚN LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS COVENIN 1756 Y FONDONORMA 1753 VIGENTES EN VENEZUELA.

Tutor Académico: Prof. Germán Lozano

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los bachilleres:

Carlos Correa

Angel Lozada

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, noviembre 2011

ACTA

El día 9 de noviembre de 2011 se reunió el jurado formado por los profesores:

Germán Lozano

Alba López

Norberto Fernández

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS TIPO I, SEGÚN LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS COVENIN 1756 Y FONDONORMA 1753 VIGENTES EN VENEZUELA"

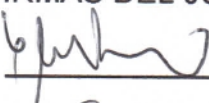

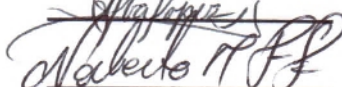
Presentado ante la Ilustre Universidad de Venezuela para optar al título de INGENIERO CIVIL

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRES	CALIFICACIÓN	
	NUMERO	LETRAS
Br. Carlos A. Correa P.	20	Veinte
Br. Angel R. Lozada G.	20	Veinte

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, 9 de noviembre de 2011

DEDICATORIA

A mis padres, Euclides Correa Pérez y Sebastiana Pérez Duarte, por brindarme su apoyo incondicional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica, y por regalarme amor, cariño, comprensión y paciencia durante toda la vida, a quien le debo todos mi logros y especialmente este triunfo profesional.

A mis hermanos, Leander Correa y Enderson Correa, y mi tía Mildre Pérez, quienes han estado presentes con su apoyo incondicional durante toda la vida, compartiendo alegrías y ayudándome infinitamente en lograr esta meta.

A mi novia, María F. González O. por haberme apoyado en los momentos difíciles, dándome consejos, escuchándome y estar conmigo para compartir muchas experiencias positivas a lo largo de toda la carrera.

A mi amigo y compañero de tesis, Ángel Lozada, que me apoyo desde el principio de la carrera para lograr cumplir todas las metas planteadas.

A ustedes les dedico este logro.

Carlos Alberto Correa Pérez

Octubre 2011

DEDICATORIA

A mi madre, María Guerrero, por darme tanto amor, cariño, fuerza y comprensión en todos los momentos de mi vida.

A mi padre Luis Alberto Lozada por sus enseñanzas, por ser un ejemplo de persona y enseñarme los valores que aún conservo. Quien me ha seguido ayudando aun después de su partida

A mi tía Ana Lozada, quien fue como una madre para mí, quien me trato como a su hijo, dándome valores, entendimiento, amor y principios. Quien me ayudo en todo lo que pudo, para convertirme en la persona quien soy

A mi esposa Susan Peñaloza, por haber superado conmigo tantos momentos difíciles, con mucha paciencia y amor.

A Carlos Correa quien además de ser mi compañero de tesis, ha sido mi amigo incondicional.

A mis amigos, quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron en mis decisiones, dándome buenos consejos que me ayudaron a llegar a donde estoy.

A mis hermanas y sobrinos, a mis tíos y primos, a mi nueva familia Sanchez-Sifontes, porque siempre han estado pendiente de mi.

A mi Tutor Germán Lozano, por darnos tantas herramientas útiles para culminar este proyecto con éxito.

A todos ustedes dedico mi esfuerzo...

Angel R. Lozada G.

Octubre 2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado durante toda la vida, y cuidado mis seres queridos.

A mis padres Euclides Correa Pérez y Sebastiana Pérez Duarte, por darme todo lo que tengo y contar con su apoyo incondicional.

A mi tía y mis hermanos, por siempre estar presente en los momentos que más los necesitaba apoyándome.

A mi novia, por ayudarme a que esto fuera posible y compartir momentos inolvidables.

A mis amigos y compañeros Angel Lozada, David Bravo, Carlos Gómez, José Fuentes, Licett Palacios, Neyda Hernández, Francisco Lazarde y Jonathan Rojas, con los cuales compartí dentro y fuera de la ilustre Universidad, que me apoyándome en todo momento, para lograr alcanzar todas las metas trazadas y hacer que este sueño fuera posible.

A la Facultad de Ingeniería Civil y a todos mis profesores que hicieron posible mi formación dándome las herramientas para desenvolverme en el campo profesional.

A mi tutor, Germán Lozano por sus enseñanzas, apoyo, comprensión y disposición en todo momento.

Y a todas aquellas personas con las que compartí momentos en la Universidad Central de Venezuela.

A todos ellos, muchas gracias.

Carlos Alberto Correa Pérez

Octubre 2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, por darme fuerzas para levantarme en mis momentos de tropiezos.

Agradezco a mi madre, María Guerrero, por sus sacrificios incontables, por procurar de que nada nunca me faltara, por estar conmigo en cada paso de mi vida, ayudándome con paciencia y esmero

A mi padre Luis Alberto Lozada y a mi Tía Ana Lozada, quienes en vida me brindaron todo el apoyo, amor y comprensión. A quienes quisiera aun tener a mi lado para compartir mis triunfos.

A mi esposa, Susan Peñaloza, por ayudarme en lo que estuvo a su alcance para poder lograr mis metas. Por decidir acompañarme el resto de su vida.

A mis compañeros y profesores de la Universidad Central de Venezuela, por haber participado en mi formación y brindarme su ayuda en los momentos en que más los necesite.

A David Bravo, Carlos Correa, Carlos Gómez, Yordano Fuentes, Licett Palacios, Neyda, Francisco Lazarde y Jonathan Rojas, por su amistad incondicional y complicidad.

Al Profesor, Germán Lozano, por todos los conocimientos que nos dejó, por brindarnos las herramientas para formarnos como ingenieros y como personas.

A todos ustedes, Muchas Gracias....

Angel R. Lozada G.

Octubre 2011

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
EDIFICACIONES APORTICADAS TIPO I SEGÚN LOS PARÁMETROS
GEOMÉTRICOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS COVENIN 1756 Y
FONDONORMA 1753 VIGENTES EN VENEZUELA.**

Autores: Correa Pérez Carlos Alberto, Lozada Guerrero Angel Rafael

Tutor: Ing. Lozano Germán

Fecha: Noviembre 2011

158 págs.

RESUMEN

En vista de que Venezuela es un país con alta actividad sísmica es necesario realizar una evaluación de las estructuras que actualmente se encuentran en funcionamiento y que podrían ser vulnerables ante la acción de un sismo. Para efectos de este trabajo especial de grado, el caso de estudio serán las edificaciones aporticadas tipo I. El análisis se realizará tomando en cuenta los aspectos geométricos de los cuales se hace mención en las Normas COVENIN 1756-2001 y FORDONORMA 1753-2006, otorgándole una ponderación a cada parámetro dependiendo de la importancia que el mismo tenga en la estructura; Posteriormente, se podrá realizar un diagnóstico relacionado con la vulnerabilidad estructural del edificio y, según sea el caso, se sugerirán medidas para la rehabilitación de la edificación, logrando así garantizar su estabilidad ante una respuesta dúctil ocasionada por un evento telúrico.

Palabras claves. Estructuras aporticadas tipo I, evaluación, sismos, vulnerabilidad, aspectos geométricos.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
PROBLEMA	3
I.1.Planteamiento del Problema.....	3
I.2.Objetivos	5
I.2.1.Objetivo General.....	5
I.2.2.Objetivos Específicos	5
I.3. Alcance y Limitaciones	6
I.4.Aportes	6
CAPÍTULO II	8
MARCO TEORICO.....	8
II.1. Reseña histórica	8
II.2 Revisión de metodologías existentes relacionadas con la evaluación de vulnerabilidad de edificaciones.	15
II.3.1 Vulnerabilidad Sísmica (V)	25
II.3.2 Peligrosidad o Amenaza Sísmica (H)	26
II.3.3 Riesgo Sísmico (R).....	26
II.3.4 Daño sísmico	27
II.3.5 Zonas Sísmicas	28
II.3.6 Escalas de Medición Sísmicas	29
II.3.6.1 Escala de Richter	29
II.3.6.2 Escala de Mercalli	29
II.4 Materiales y Sistemas estructurales	30
II.4.1 Materiales	30
II.4.1.1 Concreto.....	30
II.4.1.2 Concreto Armado	30
II.4.1.3 Mampostería Estructural	30

II.4.2 Sistemas estructurales	31
II.4.2.1 Sistemas estructurales de Concreto Armado	31
II.4.2.2 Estructuras regulares e irregulares	32
II.5 Análisis de la vulnerabilidad estructural	34
II.5.1.1 Métodos cualitativos	34
II.5.1.2 Métodos cuantitativos	34
CAPITULO III	36
METODO	36
III.1 Tipo de Investigación	36
III.2 Etapas de la investigación	37
III.2.1 ETAPA I	38
III.2.1.1 Etapas de la Inspección Visual Rápida	39
III.2.2 ETAPA II	44
III.2.2.1 Selección del Terreno	50
III.2.2.2 Clasificación de las edificaciones según el uso	50
III.2.2.3 Nivel de Diseño	52
III.2.3 ETAPA III	53
III.2.3.1. Aspectos que tienen incidencia en la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I según la norma COVENIN 1756-2001	53
III.2.3.1.a Irregularidades en Planta	53
III.2.3.2.b Irregularidades Verticales	58
III.2.3.3.Aspectos que tienen incidencia en la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I según la norma FONDONORMA 1753-200664	
III.2.4 ETAPA IV	68
III.2.4.1 Determinación de la puntuación inicial de la estructural	68
III.2.4.2 Modificadores para aumentar o disminuir el rendimiento sísmico.	73
III.2.4.2.a Irregularidades según parámetros geométricos establecidos en la Norma COVENIN 1756:2001.	76
Irregularidades en elevación	76

Irregularidades en planta.....	80
II.2.4.2.b Irregularidades según parámetros geométricos establecidos en la norma FONDONORMA 1753:2006.....	82
III.2.4.2.c Modificadores para las fechas donde se incorporan nuevas consideraciones al código sismorresistente.....	83
III.2.4.2.d Altura de la edificación.....	85
III.2.4.2.e Regiones de sismicidad	86
III.2.4.3 Puntuación final y selección del valor de puntuación de rechazo.....	88
.....	88
III.2.5 ETAPA V	91
III.2.6 ETAPA VI	94
CAPITULO IV.....	98
RESULTADOS Y ANALISIS.....	98
IV.1 Recolección de datos de las edificaciones a evaluar	98
IV.1.1 Edificación 1	98
IV.1.2 Edificación 2.....	108
IV.2 Rehabilitaciones propuestas	118
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS.....	126
ANEXOS	128

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Comparación entre las Escalas de Mercalli y Richter.....	29
Tabla 3.1	Regiones de actividad sísmica con la respuesta correspondiente de aceleración espectral (FEMA 310).....	42
Tabla 3.2	Valores de aceleración horizontal A_0	45
Tabla 3.3	Zonificación Sísmica de Venezuela por municipios.....	46
Tabla 3.4	Selección del terreno.....	50
Tabla 3.5	Niveles de diseño(ND).....	52
Tabla 3.6	Resumen de los valores de BHS calculados por FEMA.....	71
Tabla 3.7	Modificadores establecidos por la FEMA.....	73
Tabla 3.8	Parámetros de evaluación utilizados en este trabajo.....	74
Tabla 3.9	Comparación entre los valores modificadores de las tres planillas del ATC-21 2002.....	75
Tabla 3.10	Calculo del menor valor posible de la puntuación final dado por ATC.....	75
Tabla 3.11	Distribución de los modificadores según su grado de incidencia en la estructura.....	77
Tabla 3.12	Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para alta sismicidad.....	78
Tabla 3.13	Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para moderada sismicidad.....	79
Tabla 3.14	Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para baja sismicidad.....	79
Tabla 3.15	Comparación de irregularidades en planta en ambas publicaciones.....	80
Tabla 3.16	Valores de los modificadores para irregularidades en planta para alta sismicidad.....	81
Tabla 3.17	Valores de los modificadores para irregularidades en planta para moderada sismicidad.....	81
Tabla 3.18	Valores de los modificadores para irregularidades en planta para baja sismicidad.....	82

Tabla 3.19	Valores de los modificadores para las estructuras que no cumplen con los requisitos mínimos de la norma FONDONORMA 1753:2006.	82
Tabla 3.20	Valores de los modificadores según el año de construcción para elevada sismicidad.	83
Tabla 3.21	Valores de los modificadores según el año de construcción para moderada sismicidad.....	84
Tabla 3.22	Valores de los modificadores según el año de construcción para baja sismicidad.....	84
Tabla 3.23	Comparación de los valores modificadores para la altura del edificio establecidos por FEMA en sus dos ediciones.....	85
Tabla 3.24	Valores de T^* según la forma espectral.....	85
Tabla 3.25	Comparación de las definiciones de tipo de suelos.....	87
Tabla 3.26	Interpretación de los valores de probabilidad de daños.....	90
Tabla 4.1	Modificadores de la PAVETI para alta sismicidad Edf. 1.....	105
Tabla 4.2	Modificadores de la planilla ATC-21 para alta sismicidad Edf.1.....	107
Tabla 4.3	Modificadores de la PAVETI para alta sismicidad Edf.2.....	114
Tabla 4.4	Modificadores aplicados a la entidad bancaria previos al año 2002.....	116
Tabla 4.5	Modificadores de la planilla ATC-21 para alta sismicidad Edf.2.....	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Sismicidad Histórica de Venezuela.....	9
Figura 2.2	Placas Tectónicas	10
Figura 2.3	Planilla de inspección Ocular.....	17
Figura 2.4	Planilla de Inspección de Edificios.....	18
Figura 2.5	Planilla de Inspección de Edificios.....	18
Figura 2.6	Formularios de recolección de datos para las 3 niveles de sismicidad (bajo, moderado y alto).....	23
Figura 2.7	Formas sencillas y complejas en planta y elevación.....	33
Figura 3.1	Mapa de Zonificación sísmica de Venezuela.....	44
Figura 3.2	Amplificación de ondas horizontales respecto al suelo.....	45
Figura 3.3	Gran excentricidad.....	54
Figura 3.4	Irregularidad por torsión.....	54
Figura 3.5	Formas de la planta.....	55
Figura 3.6	Aberturas internas mayor al 20% del área de la planta.....	56
Figura 3.7	Sistemas con abertura adyacente a planos sismorresistente	56
Figura 3.8	Esbeltez lateral.....	57
Figura 3.9	Sistemas no ortogonales.....	57
Figura 3.10	Esbeltez excesiva.....	58
Figura 3.11	Entrepiso blando.....	59
Figura 3.12	Entrepiso débil.....	60
Figura 3.13	Distribución irregular de masas.....	60
Figura 3.14	Aumento de masas con la elevación.....	61
Figura 3.15	Variación en la geometría.....	61
Figura 3.16	Columna desalineada.....	62

Figura 3.16	Columna desalineada.....	62
Figura 3.17	Reducción de ancho.....	62
Figura 3.18	Discontinuidad de los ejes de columnas.....	63
Figura 3.19	Efecto Columna Corta.....	64
Figura 3.20	Luz libre respecto a altura de viga.....	64
Figura 3.21	Relación ancho Vs alto en vigas.....	65
Figura 3.22	Anchura mínima en vigas.....	65
Figura 3.23	Viga plana.....	66
Figura 3.24	Dimensión mínima en columnas.....	66
Figura 3.25	Relación entre dimensiones de columna.....	66
Figura 3.26	Efecto de esbeltez.....	67
Figura 3.27	Nodo confinado.....	67
Figura 3.28	Secuencia para realizar una inspección con la PAVETI..	97
Figura 4.1	Ubicación Geográfica Edificación Amoca CANTV.....	100
Figura 4.2	Planos de planta.....	102
Figura 4.3	Plano de Elevación.....	103
Figura 4.4	Ubicación Geográfica Entidad Bancaria.....	109
Figura 4.5	Plano de planta Entidad Bancaria.....	111
Figura 4.6	Plano de 3er piso con abertura.....	111
Figura 4.7	Plano de elevación	112
Figura 4.8	Imagen Entidad Bancaria.....	113

INTRODUCCIÓN

El trabajo especial de grado basa su contenido en la elaboración de un método para lograr evaluar la vulnerabilidad de edificaciones aporricadas tipo I, fundamentándose en investigaciones previas y tomando en consideración las normas de construcción vigentes en el país.

Lamentablemente, las normas de construcción sismorresistente en Venezuela no han sido efectivamente aplicadas y, por otra parte, las construcciones irregulares y diseños innovadores para hacer alarde de configuraciones geométricas atípicas son más cotidianos. Por esta razón, en un país con una actividad sísmica elevada, llama la atención que las edificaciones no presenten sistemas totalmente adecuados para soportar un evento de gran magnitud, situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar enormes pérdidas económicas y sociales, una tarea ardua a simple vista, pero no imposible de realizar en un país en desarrollo.

Motivado a que existen edificaciones con diversas datas de construcción y algunas no han sido diseñadas ni construidas con normas sismorresistentes, surge la inquietud con respecto a la certeza de que dichas edificaciones puedan seguir funcionando con posterioridad a un sismo. En estos casos, se hace necesaria una revisión lo más detallada posible sobre la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes, mediante estudios de vulnerabilidad, motivo por el cual se propone en este trabajo de grado, el mismo se encuentra estructurado en cuatro capítulos que se mencionan a continuación:

En el primer capítulo se plantea el motivo por el cual se desarrolla esta investigación, los objetivos planteados y el alcance de la misma.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, donde se contemplan las definiciones y datos relevantes necesarios para un correcto entendimiento del desenvolvimiento del trabajo.

En el tercer capítulo se describe la metodología a emplear para alcanzar los objetivos planteados. El mismo se desglosa en 6 etapas, en las cuales se analizan métodos relacionados al análisis de vulnerabilidad, se realizan comparaciones de métodos, se seleccionan factores influyentes en la vulnerabilidad de una edificación según la norma COVENIN 1756-2001 y la norma FONDONORMA 1753-2006. Finalmente, se establecen valores a las anomalías existentes en una edificación para lograr elaborar una planilla de recolección de datos referentes al riesgo de una edificación aporticada tipo I.

En el cuarto y último capítulo se presentan los resultados de la aplicación de la planilla de análisis de vulnerabilidad para estructuras tipo I, y se analizan los resultados obtenidos durante la investigación.

CAPITULO I

PROBLEMA

I.1.Planteamiento del Problema

En Venezuela existe una alta actividad sísmica que afecta a todas las edificaciones, por ende se presenta la necesidad de realizar una evaluación estructural para determinar su grado de vulnerabilidad y plantear medidas que mitiguen los daños que un sismo puede ocasionar en la estructura.

El acontecimiento de un evento sísmico, aunado a las vulnerabilidades existentes en las edificaciones, ocasionará daños considerables a la estructura y en consecuencia pérdidas materiales y hasta humanas. Venezuela ha sido afectada en varias ocasiones por eventos telúricos de gran magnitud que han ocasionado pérdidas considerables, tal como ocurrió en Caracas en el año de 1967 y en Cariaco en el año 1997. Con base en estos acontecimientos, las normas sísmicas en Venezuela fueron modificadas y actualmente se dispone de reglamentos y técnicas, diseñadas para evitar dichas consecuencias. Sin embargo, existen edificaciones en funcionamiento que no cumplen con lo requerido en las normas vigentes.

Se propone realizar un formato para una evaluación cualitativa, la cual reflejará mediante una ponderación el grado de vulnerabilidad que posee la edificación para responder a las sollicitaciones sísmicas. De acuerdo a la calificación final, se podrán tomar medidas correctivas que proporcionen a la estructura un mayor grado de seguridad. Existen antecedentes de aplicación de matrices de análisis de vulnerabilidad para la evaluación de puentes, y para el caso de edificaciones, FUNVISIS y FEMA presentan modelos de planillas para inspecciones rápidas. Ello ha llevado a que las mismas sean reforzadas, debido a

la importancia social de estas estructuras, para garantizar una respuesta eficiente ante eventos sísmicos.

En el contexto de este proyecto de trabajo especial de grado, el análisis se enfoca a la inspección cualitativa de estructuras tipo I, con base en lo establecido en las normas COVENIN 1756 y FONDONORMA 1753, tomando en cuenta los elementos expuestos y los contemplados en los planos de diseño, la data de la estructura, el uso para el cual fue diseñada, las modificaciones posteriores y las debilidades producto de la falta de mantenimiento.

El resultado final consistirá en una matriz de evaluación para supervisar estructuras ya construidas. El punto de enfoque es la estabilidad por la configuración de la estructura en cuanto a su geometría y comportamiento cualitativo ante la acción de un terremoto. De este modo será posible estimar su vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo y proponer medidas para mitigar los daños ocasionados por estos eventos naturales.

Algunas interrogantes que se plantean al elaborar este trabajo especial de grado:

- ¿Qué similitudes y diferencias existen entre el método planteado en este trabajo especial de grado con referencia a otros trabajos fuera y dentro del país?
- ¿Qué nivel de riesgo poseen las edificaciones a evaluar?

I.2.Objetivos

I.2.1.Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticadas Tipo I según los parámetros geométricos establecidos en las normas COVENIN 1756 y 1753 vigentes en Venezuela

I.2.2.Objetivos Específicos

- 1- Identificar los parámetros geométricos que caracterizan vulnerabilidad en una edificación aporticada tipo I según las normas COVENIN 1756 y FONDONORMA1753 vigentes en Venezuela.
- 2- Dar una ponderación a los parámetros influyentes en el funcionamiento regular de una edificación según su importancia y su reincidencia en la estructura aporticada tipo I.
- 3- Definir rangos de tolerancia para que una edificación aporticada tipo I sea considerada sismo-resistente.
- 4- Plantear una matriz de vulnerabilidad según los parámetros establecidos.
- 5- Aplicar la matriz de vulnerabilidad sísmica a dos edificaciones.
- 6- Proponer un listado de especificaciones generales y particulares para disminuirla vulnerabilidad en las estructuras.

I.3. Alcance y Limitaciones

- La evaluación de vulnerabilidad se realiza con carácter preventivo, con el fin de tomar medidas antes de la ocurrencia de un sismo con magnitud considerable.
- El método a utilizar es de carácter cualitativo, por lo que el tiempo de inspección es corto en comparación con métodos que requieran aplicación de fórmulas complejas.
- El análisis de vulnerabilidad a edificaciones no contempla deslaves, licuefacción ni otras pérdidas de estabilidad del suelo luego de la ocurrencia de un evento sísmico.
- No se dispone de una microzonificación sísmica de todo el país.
- Solo analizará los elementos visibles de la superestructura y se asume que no se presentarán fallas en las fundaciones, dejando por sentado que las mismas se encuentran bien diseñadas.
- No se puede controlar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de la edificación, puesto que no se contempla en esta investigación la realización de ensayos.
- No se tomará en cuenta el grado de deterioro de los miembros por falta de mantenimiento. Se considerará que todos los elementos se encuentran en condiciones adecuadas.

I.4. Aportes

El trabajo especial de grado tiene gran importancia para la ingeniería civil, ya que mediante la propuesta de una matriz se puede cuantificar la vulnerabilidad de la superestructura de acuerdo a los parámetros establecidos por las normas y así tomar medidas preventivas. Por otra parte, se logra condensar las debilidades sísmo-resistentes reflejadas en edificaciones para que sean tomadas en cuenta en futuras construcciones y en el mejor acondicionamiento de estructuras

existentes para poder minimizar las pérdidas que ocurren al momento de un sismo.

La información suministrada por la matriz de vulnerabilidad puede ser de gran relevancia para las compañías de seguros, así como para los propietarios y usuarios de la edificación, ya que la estructura inspeccionada contará con un grado cuantificable de seguridad, el cual permitirá en base a la calificación, realizar ajustes a la estructura si el caso lo requiere.

Las herramientas que se desarrollen en esta tesis podrán servir de antecedentes a estudiantes de ingeniería civil que decidan dedicarse posteriormente al diseño e inspección de obras de este tipo, así como a los estudiantes cursantes de la cátedra Proyectos Estructurales de Concreto Armado, puesto que servirá de material de apoyo para verificar las irregularidades en las estructuras a diseñar.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

El Capítulo II corresponde al marco teórico, en el cual se presentan las definiciones necesarias para la comprensión del trabajo y se realiza una reseña histórica de algunos acontecimientos sísmicos de gran impacto en el país y cómo han repercutido en la evolución de las normas de construcción en Venezuela. Además, se hace mención de organismos nacionales y de otros países que realizan labores de prevención ante terremotos y que han realizados trabajos que sirven de bases para el desarrollo de esta investigación.

II.1. Reseña histórica

Los eventos sísmicos representan uno de los mayores riesgos potenciales en Venezuela en cuanto a pérdidas humanas y económicas. En la actualidad, aproximadamente un 80% de la población vive en zonas de alta amenaza sísmica, variable que aumenta el nivel de riesgo, haciéndolo cada vez mayor a medida que se eleva el índice demográfico y las inversiones en infraestructura.

Desde la fundación de los primeros asentamientos coloniales en el siglo XVI, el país ha sufrido los efectos de los terremotos. Su historia sísmica revela que durante el período 1530-2004, han ocurrido más de 130 eventos sísmicos, los cuales han provocado algún tipo de daño en varias poblaciones venezolanas tal como se refleja en la figura 2.1

En Venezuela, la zona de mayor actividad sísmica corresponde a una franja de unos 100 km de ancho, definida a lo largo de los sistemas montañosos de Los Andes, la Cordillera Central y la Cordillera Oriental, lugares en los que se

ubican los principales sistemas de fallas sismogénicas del país: Boconó, San Sebastián y El Pilar, respectivamente.

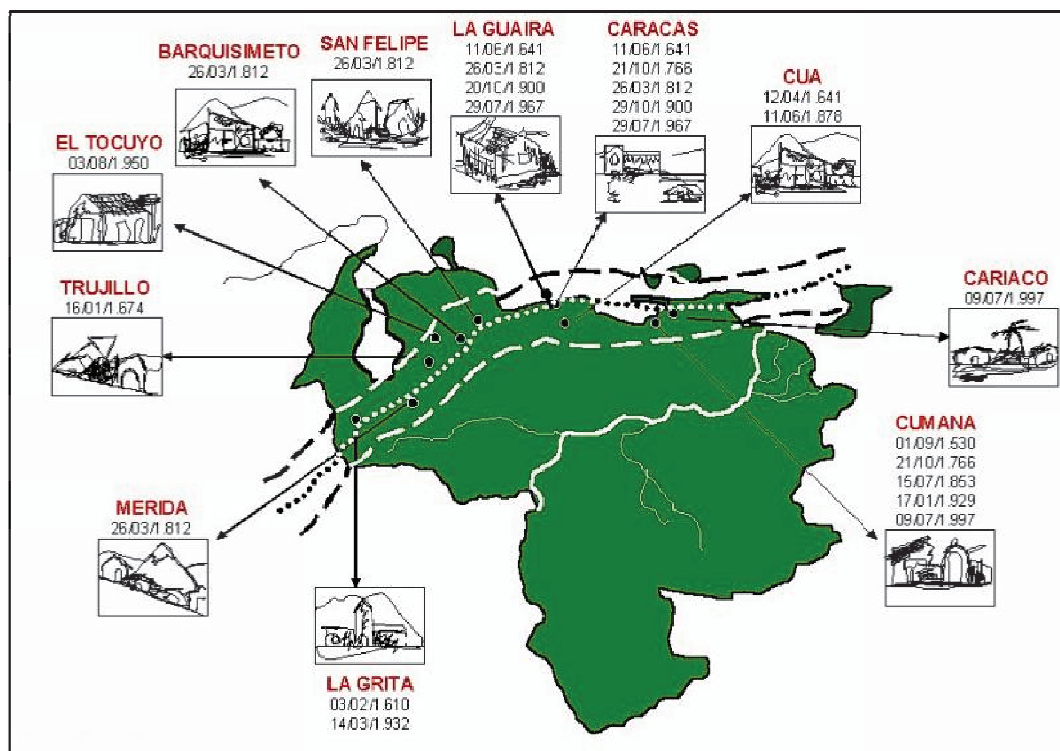


Figura 2.1 Sismicidad Histórica de Venezuela

Fuente: FUNVISIS 2002

Además de este sistema de accidentes tectónicos, existen otros sistemas activos menores (por ejemplo: Oca-Ancón, Valera, La Victoria y Urica) capaces de producir sismos importantes.

Los sistemas de fallas de Boconó - San Sebastián - El Pilar, han sido propuestos como el límite principal entre las Placas Caribe y América del Sur, causante de los sismos más severos que han ocurrido en el territorio nacional.

La Placa Caribe, es una placa tectónica con una superficie de 3,2 millones de km², que incluye una parte continental de América central (Guatemala, Belice,

Honduras, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica, Panamá) y constituye el fondo del mar Caribe al norte de la costa de América del Sur. La placa del Caribe colinda con la Placa Norteamericana, la Placa Suramericana, y la Placa de Cocos.



Figura 2.2 Placas Tectónicas

Fuente Wakabayashi 1988

La actividad sísmica se explica como resultado de la interacción de la placa Sudamericana con las de Nazca y la Antártica en la que predomina la colisión entre las placas Sudamericana y de Nazca, con la subducción de la segunda, cuyas manifestaciones más notables son la fosa oceánica chileno-peruana y las cordilleras geológicamente recientes que se extienden a lo largo del borde occidental de Sudamérica. El movimiento relativo de dichas placas explica la importante actividad sísmica del litoral chileno, la zona en que se crean mayores tensiones y, consecuentemente, en la que ocurren sismos de cierta magnitud. Pero el movimiento relativo entre las placas Antártica y Sudamericana es casi de un orden de magnitud menor que el verificado entre esta placa y la de Nazca, por lo que la energía generada por la colisión es también menor. Se explica así que la actividad sísmica sea menor al sur del paralelo de Gastre que al norte.

El movimiento sísmico ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967 no fue de los mayores en cuanto a su magnitud e intensidad, daños materiales ni número de víctimas, pero se consideró el más importante por haber puesto a prueba a numerosos edificios modernos de diversas alturas, construidos en los últimos quince años. Todos o casi todos los edificios fueron proyectados y construidos, en mayor o menor grado, de acuerdo a las previsiones contempladas en las Normas Sísmicas. Para la fecha del evento, Venezuela no contaba con organizaciones especiales de defensa civil para realizar las tareas de auxilio y socorro, ni de un organismo técnico para efectuar los estudios e investigaciones y aprovechar la experiencia desde el punto de vista de la ingeniería. En vista de lo ocurrido, el Gobierno Nacional centralizó en el Ministerio de Obras Públicas las labores de emergencia (Briceño 1997).

Por resolución del Ministerio de Obras Públicas, se dedicó a la investigación de las causas que provocaron las fallas en varios edificios del Área Metropolitana de Caracas y el Litoral Central, mientras que la otra, por disposición del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, se encargó de determinar las causas, características y consecuencias del sismo.(MOP 1955)

Como resultado de estas investigaciones, se planteó ante el Ejecutivo Nacional la necesidad de crear una institución especializada en el estudio e investigación de los eventos sísmicos, los cuales, lejos de constituir eventos fortuitos, forman parte de la dinámica terrestre.

De esta forma y acogiéndose a las propuestas de las comisiones ad-honorem designadas según el Decreto N° 797 del 24 de noviembre de 1971, se establece la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, cuya misión es ejecutar y promover, permanentemente, investigaciones y estudios sismológicos destinados a atender la demanda de seguridad en la población ante la amenaza sísmica en el territorio nacional, la formación de personal especializado y divulgar los nuevos conocimientos de las ciencias (FUNVISIS).

Al respecto de la evolución que ha tenido la norma antisísmica venezolana, en una publicación de FUNVISIS días después del terremoto ocurrido en Cariaco el 19 de julio de 1997, se hace una breve reseña de cómo a consecuencia de desgracias acontecidas en el país los organismos se han visto en la necesidad de hacer modificaciones que lleven a Venezuela a contar con normativas adecuadas para responder ante eventos telúricos significativos, según la opinión del Ingeniero Julio Hernández: “Un rápido vistazo a la evolución normativa venezolana nos muestra que la actitud dominante ha ido evolucionando favorablemente hacia la importancia de la previsión, a partir de un comienzo caracterizado más bien por la respuesta a las desgracias”

A continuación se presenta la cronología de cambios que se han realizado a la norma antisísmica venezolana (Hernández 1997):

1) Las Normas M.O.P. 1947, especifican un mapa de zonificación dando un coeficiente sísmico en la Cadena Montañosa, que se duplica en los alrededores de Cumaná. Esta Norma es muy limitada e incluso aplica las fuerzas uniformemente en elevación. Como punto favorable se puede citar la diferenciación de dos tipos de suelos.

2) Las Normas para el Cálculo de Edificios, M.O.P. 1955, modifican el mapa imponiendo el coeficiente máximo en Táchira, Lara y Sucre, pero no en Caracas y sus alrededores; motivación primordial fue el fuerte temblor que en 1950 destruyó El Tocuyo. Esta Norma incorpora algunas mejoras conceptuales como:

- a) Distribución variable de la fuerza sísmica en elevación
- b) Mayores exigencias para construcciones públicas y especiales
- c) Alerta sobre modificaciones y ampliaciones
- d) Mención de los efectos torsionales en planta y los del sismo vertical.
- e) Prescripciones de conexión de tabiques
- f) Requisitos de juntas de separación.

Como punto negativo se tiene la eliminación de la tipificación de suelos anterior. Es de notar que la norma para el cálculo de edificios no diferencia los tipos de estructuración, no exige distribución horizontal de fuerzas, no limita los desplazamientos y no requiere detallado sismorresistente particular.

3) En 1967, tras el terremoto de Caracas, se publica una separata de la Norma del M.O.P. Por primera vez se establece un mapa de zonificación producto de estudios sismológicos, fundamentalmente los del Dr. G. Fiedler. Siguiendo las directrices de las Normas del SEAOC, se mejoran substancialmente los requisitos antisísmicos, tras evaluar que las deficiencias de la Norma de 1.955 se relacionan con los daños ocurridos

a) Se establecen dos tipos de suelos (roca y aluvión), tres tipos de estructuras (de pórticos, de muros y pendulares) y tres usos de la edificación (públicos, privados y aislados), en función de los cuales se especifica el coeficiente sísmico basal

b) Se controlan los desplazamientos relativos de entrepiso al 2 ‰ de su altura (con cargas de servicio)

c) La distribución vertical de fuerzas sísmicas se pondera según los pesos y las alturas

d) Se exige la distribución horizontal de fuerzas de acuerdo con las rigideces de los pórticos o muros

e) Se estipulan efectos torsionales

f) Se exige un detallado especial de los nodos de las vigas y columnas de concreto armado

g) Aparece la referencia a la posibilidad de análisis dinámicos, aunque con pobre normalización.

Una de las principales carencias fue la ausencia de espectros de respuesta que relacionaran las fuerzas de diseño con las propiedades dinámicas de las estructuras. De ahí también que la alternativa de efectuar análisis dinámicos

condujo en la práctica a criterios erróneos de aplicación. Hasta cierto punto, la adopción de coeficientes sísmicos constantes representa un retroceso conceptual respecto a la Norma de 1955. Además, aunque los requisitos de detallado fueron un avance, resultaron luego insuficientes.

4) En 1981 se crea la norma COVENIN 1753, la cual es la primera norma nacional que contempla la Teoría de Rotura. Dicha norma está basada fundamentalmente en el Código ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete (318-02) y comentarios (318R-02) del Instituto Americano del Concreto, (ACI siglas en inglés), con las modificaciones pertinentes para adaptarlo a nuestra realidad y hacerlo congruente con las otras Normas COVENIN para el proyecto de estructuras de edificaciones. Esta actualización de la Norma coincide con la primera revisión completa del Código ACI 318 en 40 años, desde que se introdujo el Método de los Estados Límites (Centeno y Cuevas, 2003). El objetivo de esta Norma es establecer los requisitos para el proyecto y la ejecución de edificaciones de concreto estructural que se proyecten o construyan en el territorio nacional; aplica a todos los aspectos relativos al proyecto, construcción, inspección, supervisión, mantenimiento, evaluación, adecuación o reparación, así como también a las propiedades y aseguramiento de calidad de los materiales. Las obras temporales o provisionales deberán cumplir con las disposiciones de esta Norma.

La elaboración de una Norma más completa fue delegada por COVENIN y MINDUR en FUNVISIS, que desarrolló la propuesta a través de una Comisión bajo la coordinación del Prof. José Grases, dando por fruto la Norma "Edificaciones Antisísmicas", COVENIN 1756 vigente hasta hoy con obligada aplicación.

Aportes e innovaciones que aparecen en esta Norma:

a) Se establecen espectros de diseño (según tres perfiles de suelo: firme, intermedio y blando).

b) Se precisan los tipos de estructuración y se atiende a diversas clases de detallado sismorresistente, configurando los llamados Niveles de Diseño, apoyados en la Norma COVENIN 1753 de Diseño en Concreto Armado y particularmente en su Capítulo 18. Así se pudo disponer racionalmente del desarrollo de ductilidad, mejorando el comportamiento esperado de las edificaciones.

c) Los métodos de análisis sísmico se diferencian y desglosan.

d) Se atiende a las propiedades dinámicas de las edificaciones.

e) El comportamiento inelástico de las estructuras es tomado en cuenta en todas las instancias: en los valores de las fuerzas para el análisis, en las verificaciones de derivas límites y en las combinaciones de cargas para el diseño y, por supuesto, en las exigencias de detallado.

f) Se especifican criterios de diseño de fundaciones, muros, taludes y control de licuación del terreno.

g) Se desarrolla un mapa de zonificación con criterios probabilísticos

h) Se toman en cuenta las irregularidades estructurales.

II.2 Revisión de metodologías existentes relacionadas con la evaluación de vulnerabilidad de edificaciones.

Como antecedente en la realización de inspecciones visuales en Venezuela se puede mencionar el Proyecto FONACIT No. 2005000188, el cual se aplica con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad que posee un plantel basándose para esto en información que el inspector obtiene de la estructura para, posteriormente, vaciar los datos recolectados en planillas con un formato preestablecido, como se muestra en la figura 2.2 (IMME y otros, 2009).

Para el llenado de la planilla es necesario realizar una descripción detallada de la ubicación de la edificación, así como de la estructura en general, indicando

su forma, configuración, grado deterioro del mismo y de su entorno, uso para el cual fue diseñado, capacidad de ocupación, año de construcción, condición del terreno (si está en una planicie, ladera o cima), tipo de estructura, también es necesario la realización de un esquema de planta y de elevación identificando cuáles son las irregularidades existentes. Por otra parte, es necesario reseñar los datos de la persona que realiza la inspección y de las personas que suministren información de la cual no se tenga alcance visual.

Existen diversas planillas aplicables a la estimación de vulnerabilidad de una edificación realizando una inspección visual, entre las que se puede mencionar la aplicada por FUNVISIS a inspección de edificios (Ver figura 2.4) y la aplicada por Vera Montilla en el 2011(ver figura 2.5) para el Boulevard Panteón. Para estos casos, la metodología de llenado es similar a la utilizada en la inspección ocular de los planteles educativos (Marinilli et al, 2009), en la cual es primordial la información correspondiente a la ubicación y la configuración de la estructura, variando para algunos casos aspectos relacionados con la finalidad de las edificaciones o ubicación de las mismas.

Para obtener un valor cualitativo del levantamiento realizado en cuanto a vulnerabilidad, es necesario asignar valores a las irregulares o condiciones adversas que presenta la estructura para poder catalogarla como segura o no. Dependiendo del valor obtenido se requerirá una inspección más exhaustiva utilizando otros métodos que arrojen un valor de vulnerabilidad más exacto, con el cual se podrán sugerir recomendaciones en cuanto a la posible rehabilitación de la edificación si el caso lo amerita.

PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188															1. N°	
INSPECCIÓN OCULAR															2. FECHA	
3.- NOMBRE DEL PLANTA (O PLANTAS):																
4.- EXICIDENCIA					5.- DIRECCION											
6.- PERSONA ENTREVISTADA:					7. MUNICIPIO			8. UBICADO								
9.- CARGO					10.- TIPO PERMO											
12.- AÑO DE PROYECTO					13.- AÑO DE CONSTRUCCION					14.- NUM DE EDIFICIOS			15.- EDIFICIO N°			
16.- NUM DE FICOS					17.- GPS No					COORD. UTM			18.- NORTE			
19.- ESTE																
20.- INSPECTOR:																
21.- CROQUIS																
22.- MODALIDAD																
23.- MATRICULA					24.- ZONA SISMICA					25.- FORMA DE LA PLANTA					26.- JUNTAS	
27.- TIPO DE ESTRUCTURA					28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPIFICADO											
DETALLES DE LA ESTRUCTURA																
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES																
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE COLUMNAS																
31.- DIMENSIONES TÍPICAS DE VIGAS																
32.- DIMENSIONES TÍPICAS DE MUROS																
33.- TIPO DE ENTIBRIDO TÍPICO																
34.- PRELUNGA DE VOLADOS																
35.- PROTECCIÓN EN EL NIVEL DE FINANCIA																
36.- PRELUNGA DE SALIDA																
37.- ENTIBRIDO AL ANCHO																
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL DEL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS																
39.- COLUMNA CORTA																
40.- POSIBILIDAD DE GOLPEO																
41.- TIPO DE LA PLANTA Y TIPO																
42.- MATERIAL DE CONCRETO																
43.- MATERIAL DE ACERO																
44.- MATERIAL DE ALUMINIO																
45.- MATERIAL DE VIDRIO																
46.- MATERIAL DE PIEDRA																
47.- MATERIAL DE MADERA																
48.- MATERIAL DE OTRO																
49.- MATERIAL DE OTRO																
50.- MATERIAL DE OTRO																
51.- MATERIAL DE OTRO																
52.- MATERIAL DE OTRO																
53.- MATERIAL DE OTRO																
54.- MATERIAL DE OTRO																
55.- MATERIAL DE OTRO																
56.- MATERIAL DE OTRO																
57.- MATERIAL DE OTRO																
58.- MATERIAL DE OTRO																
59.- MATERIAL DE OTRO																
60.- MATERIAL DE OTRO																
61.- MATERIAL DE OTRO																
62.- MATERIAL DE OTRO																
63.- MATERIAL DE OTRO																
64.- MATERIAL DE OTRO																
65.- MATERIAL DE OTRO																
66.- MATERIAL DE OTRO																
67.- MATERIAL DE OTRO																
68.- MATERIAL DE OTRO																
69.- MATERIAL DE OTRO																
70.- MATERIAL DE OTRO																
71.- MATERIAL DE OTRO																
72.- MATERIAL DE OTRO																
73.- MATERIAL DE OTRO																
74.- MATERIAL DE OTRO																
75.- MATERIAL DE OTRO																
76.- MATERIAL DE OTRO																
77.- MATERIAL DE OTRO																
78.- MATERIAL DE OTRO																
79.- MATERIAL DE OTRO																
80.- MATERIAL DE OTRO																
81.- MATERIAL DE OTRO																
82.- MATERIAL DE OTRO																
83.- MATERIAL DE OTRO																
84.- MATERIAL DE OTRO																
85.- MATERIAL DE OTRO																
86.- MATERIAL DE OTRO																
87.- MATERIAL DE OTRO																
88.- MATERIAL DE OTRO																
89.- MATERIAL DE OTRO																
90.- MATERIAL DE OTRO																
91.- MATERIAL DE OTRO																
92.- MATERIAL DE OTRO																
93.- MATERIAL DE OTRO																
94.- MATERIAL DE OTRO																
95.- MATERIAL DE OTRO																
96.- MATERIAL DE OTRO																
97.- MATERIAL DE OTRO																
98.- MATERIAL DE OTRO																
99.- MATERIAL DE OTRO																
100.- MATERIAL DE OTRO																
101.- MATERIAL DE OTRO																
102.- MATERIAL DE OTRO																
103.- MATERIAL DE OTRO																
104.- MATERIAL DE OTRO																
105.- MATERIAL DE OTRO																
106.- MATERIAL DE OTRO																
107.- MATERIAL DE OTRO																
108.- MATERIAL DE OTRO																
109.- MATERIAL DE OTRO																
110.- MATERIAL DE OTRO																
111.- MATERIAL DE OTRO																
112.- MATERIAL DE OTRO																
113.- MATERIAL DE OTRO																
114.- MATERIAL DE OTRO																
115.- MATERIAL DE OTRO																
116.- MATERIAL DE OTRO																
117.- MATERIAL DE OTRO																
118.- MATERIAL DE OTRO																
119.- MATERIAL DE OTRO																
120.- MATERIAL DE OTRO																
121.- MATERIAL DE OTRO																
122.- MATERIAL DE OTRO																
123.- MATERIAL DE OTRO																
124.- MATERIAL DE OTRO																
125.- MATERIAL DE OTRO																
126.- MATERIAL DE OTRO																
127.- MATERIAL DE OTRO																
128.- MATERIAL DE OTRO																
129.- MATERIAL DE OTRO																
130.- MATERIAL DE OTRO																
131.- MATERIAL DE OTRO																
132.- MATERIAL DE OTRO																
133.- MATERIAL DE OTRO																
134.- MATERIAL DE OTRO																
135.- MATERIAL DE OTRO																
136.- MATERIAL DE OTRO																
137.- MATERIAL DE OTRO																
138.- MATERIAL DE OTRO																
139.- MATERIAL DE OTRO																
140.- MATERIAL DE OTRO																
141.- MATERIAL DE OTRO																
142.- MATERIAL DE OTRO																
143.- MATERIAL DE OTRO																
144.- MATERIAL DE OTRO																
145.- MATERIAL DE OTRO																
146.- MATERIAL DE OTRO																
147.- MATERIAL DE OTRO																
148.- MATERIAL DE OTRO																
149.- MATERIAL DE OTRO																
150.- MATERIAL DE OTRO																
151.- MATERIAL DE OTRO																
152.- MATERIAL DE OTRO																
153.- MATERIAL DE OTRO																
154.- MATERIAL DE OTRO																
155.- MATERIAL DE OTRO																
156.- MATERIAL DE OTRO																
157.- MATERIAL DE OTRO																
158.- MATERIAL DE OTRO																
159.- MATERIAL DE OTRO																
160.- MATERIAL DE OTRO																
161.- MATERIAL DE OTRO																
162.- MATERIAL DE OTRO																
163.- MATERIAL DE OTRO																
164.- MATERIAL DE OTRO																
165.- MATERIAL DE OTRO																
166.- MATERIAL DE OTRO																
167.- MATERIAL DE OTRO																
168.- MATERIAL DE OTRO																
169.- MATERIAL DE OTRO																
170.- MATERIAL DE OTRO																
171.- MATERIAL DE OTRO																
172.- MATERIAL DE OTRO																
173.- MATERIAL DE OTRO																
174.- MATERIAL DE OTRO																
175.- MATERIAL DE OTRO																
176.- MATERIAL DE OTRO																
177.- MATERIAL DE OTRO																
178.- MATERIAL DE OTRO																
179.- MATERIAL DE OTRO																
180.- MATERIAL DE OTRO																
181.- MATERIAL DE OTRO																
182.- MATERIAL DE OTRO																
183.- MATERIAL DE OTRO																
184.- MATERIAL DE OTRO																
185.- MATERIAL DE OTRO																
186.- MATERIAL DE OTRO																
187.- MATERIAL DE OTRO																
188.- MATERIAL DE OTRO																
189.- MATERIAL DE OTRO																
190.- MATERIAL DE OTRO																
191.- MATERIAL DE OTRO																
192.- MATERIAL DE OTRO																
193.- MATERIAL DE OTRO																
194.- MATERIAL DE OTRO																
195.- MATERIAL DE OTRO																
196.- MATERIAL DE OTRO																
197.- MATERIAL DE OTRO																
198.- MATERIAL DE OTRO																
199.- MATERIAL DE OTRO																
200.- MATERIAL DE OTRO																
201.- MATERIAL DE OTRO																
202.- MATERIAL DE OTRO																
203.- MATERIAL DE OTRO																
204.- MATERIAL DE OTRO																
205.- MATERIAL DE OTRO																
206.- MATERIAL DE OTRO																
207.- MATERIAL DE OTRO																
208.- MATERIAL DE OTRO																
209.- MATERIAL DE OTRO																
210.- MATERIAL DE OTRO																
211.- MATERIAL DE OTRO																
212.- MATERIAL DE OTRO																
213.- MATERIAL DE OTRO																
214.- MATERIAL DE OTRO																
215.- MATERIAL DE OTRO																
216.- MATERIAL DE OTRO																
217.- MATERIAL DE OTRO																
218.- MATERIAL DE OTRO																
219.- MATERIAL DE OTRO																
220.- MATERIAL DE OTRO																
221.- MATERIAL DE OTRO																
222.- MATERIAL DE OTRO																
223.- MATERIAL DE OTRO																
224.- MATERIAL DE OTRO																
225.- MATERIAL DE OTRO																
226.- MATERIAL DE OTRO																
227.- MATERIAL DE OTRO																
228.- MATERIAL DE OTRO																
229.- MATERIAL DE OTRO																
230.- MATERIAL DE OTRO																
231.- MATERIAL DE OTRO																
232.- MATERIAL DE OTRO																
233.- MATERIAL DE OTRO																
234.- MATERIAL DE OTRO																
235.- MATERIAL DE OTRO																
236.- MATERIAL DE OTRO																
237.- MATERIAL DE OTRO																
238.- MATERIAL DE OTRO																
239.- MATERIAL DE OTRO																
240.- MATERIAL DE OTRO																
241.- MATERIAL DE OTRO																
242.- MATERIAL DE OTRO																
243.- MATERIAL DE OTRO																
244.- MATERIAL DE OTRO																
245.- MATERIAL DE OTRO																
246.- MATERIAL DE OTRO																
247.- MATERIAL DE OTRO																
248.- MATERIAL DE OTRO																
249.- MATERIAL DE OTRO																
250.- MATERIAL DE OTRO																
251.- MATERIAL DE OTRO																
252.- MATERIAL DE OTRO																
253.- MATERIAL DE OTRO																
254.- MATERIAL DE OTRO																
255.- MATERIAL DE OTRO																
256.- MATERIAL DE OTRO																
257.- MATERIAL DE OTRO																
258.- MATERIAL DE OTRO																
259.- MATERIAL DE OTRO																
260.- MATERIAL DE OTRO																
261.- MATERIAL DE OTRO																
262.- MATERIAL DE OTRO																
263.- MATERIAL DE OTRO																
264.- MATERIAL DE OTRO																
265.- MATERIAL DE OTRO																
266.- MATERIAL DE OTRO																
267.- MATERIAL DE OTRO																
268.- MATERIAL DE OTRO																
269.- MATERIAL DE OTRO																
270.- MATERIAL DE OTRO																
271.- MATERIAL DE OTRO																
272.- MATERIAL DE OTRO																
273.- MATERIAL DE OTRO																
274.- MATERIAL DE OTRO																
275.- MATERIAL DE OTRO																
276.- MATERIAL DE OTRO																
277.- MATERIAL DE OTRO																
278.- MATERIAL DE OTRO																
279.- MATERIAL DE OTRO																
280.- MATERIAL DE OTRO																
281.- MATERIAL DE OTRO																
282.- MATERIAL DE OTRO																
283.- MATERIAL DE OTRO																
284.- MATERIAL DE OTRO																
285.- MATERIAL DE OTRO																
286.- MATERIAL DE OTRO																
287.- MATERIAL DE OTRO																
288.- MATERIAL DE OTRO																
289.- MATERIAL DE OTRO																
290.- MATERIAL DE OTRO																
291.- MATERIAL DE OTRO																
292.- MATERIAL DE OTRO																
293.- MATERIAL DE OTRO																
294.- MATERIAL DE OTRO																
295.- MATERIAL DE OTRO																
296.- MATERIAL DE OTRO																
297.- MATERIAL DE OTRO																
298.- MATERIAL DE OTRO																
299.- MATERIAL DE OTRO																
300.- MATERIAL DE OTRO																
301.- MATERIAL DE OTRO																
302.- MATERIAL DE OTRO																
303.- MATERIAL DE OTRO																
304.- MATERIAL DE OTRO																
305.- MATERIAL DE OTRO																
306.- MATERIAL DE OTRO																
307.- MATERIAL DE OTRO																
308.- MATERIAL DE OTRO																
309.- MATERIAL DE OTRO																
310.- MATERIAL DE OTRO																
311.- MATERIAL DE OTRO																
312.- MATERIAL DE OTRO																
313.- MATERIAL DE OTRO																
314.- MATERIAL DE OTRO																
315.- MATERIAL DE OTRO																
316.- MATERIAL DE OTRO																
317.- MATERIAL DE OTRO																
318.- MATERIAL DE OTRO																
319.- MATERIAL DE OTRO																
320.- MATERIAL DE OTRO																
321.- MATERIAL DE OTRO																
322.- MATERIAL DE OTRO																
323.- MATERIAL DE OTRO																
324.- MATERIAL DE OTRO																
325.- MATERIAL DE OTRO																
326.- MATERIAL DE OTRO																
327.- MATERIAL DE OTRO																
328.- MATERIAL DE OTRO																
329.- MATERIAL DE OTRO																
330.- MATERIAL DE OTRO																
331.- MATERIAL DE OTRO																
332.- MATERIAL DE OTRO																
333.- MATERIAL DE OTRO																
334.- MATERIAL DE OTRO																
335.- MATERIAL DE OTRO																
336.- MATERIAL DE OTRO																
337.- MATERIAL DE OTRO																
338.- MATERIAL DE OTRO																
339.- MATERIAL DE OTRO																
340.- MATERIAL DE OTRO																
341.- MATERIAL DE OTRO																
342.- MATERIAL DE OTRO																
343.- MATERIAL DE OTRO																
344.- MATERIAL DE OTRO																
345.- MATERIAL DE OTRO																
346.- MATERIAL DE OTRO																
347.- MATERIAL DE OTRO																
348.- MATERIAL DE OTRO																
349.- MATERIAL DE OTRO																
350.- MATERIAL DE OTRO																
351.- MATERIAL DE OTRO																
352.- MATERIAL DE OTRO																
353.- MATERIAL DE OTRO																
354.- MATERIAL DE OTRO																
355.- MATERIAL DE OTRO																
356.- MATERIAL DE OTRO																
357.- MATERIAL DE OTRO																
358.- MATERIAL DE OTRO																
359.- MATERIAL DE OTRO																
360.- MATERIAL DE OTRO																
361.- MATERIAL DE OTRO																
362.- MATERIAL DE OTRO																
363.- MATERIAL DE OTRO																
364.- MATERIAL DE OTRO																
365.- MATERIAL DE OTRO																
366.- MATERIAL DE OTRO																
367.- MATERIAL DE OTRO																
368.- MATERIAL DE OTRO																
369.- MATERIAL DE OTRO																
370.- MATERIAL DE OTRO																
371.- MATERIAL DE OTRO																
372.- MATERIAL DE OTRO																
373.- MATERIAL DE OTRO																
374.- MATERIAL DE OTRO																
375.- MATERIAL DE OTRO																
376.- MATERIAL DE OTRO																
377.- MATERIAL DE OTRO																
378.- MATERIAL DE OTRO																
379.- MATERIAL DE OTRO																
380.- MATERIAL DE OTRO																
381.- MATERIAL DE OTRO																
382.- MATERIAL DE OTRO																
383.- MATERIAL DE OTRO																
384.- MATERIAL DE OTRO																
385.- MATERIAL DE OTRO																
386.- MATERIAL DE OTRO																
387.- MATERIAL DE OTRO																
388.- MATERIAL DE OTRO																
389.- MATERIAL DE OTRO																
390.- MATERIAL DE OTRO																
391.- MATERIAL DE OTRO																
392.- MATERIAL DE OTRO																
393.- MATERIAL DE OTRO																
394.- MATERIAL DE OTRO																
395.- MATERIAL DE OTRO																
396.- MATERIAL DE OTRO																
397.- MATERIAL DE OTRO																
398.- MATERIAL DE OTRO																
399.- MATERIAL DE OTRO																
400.- MATERIAL DE OTRO																

Figura 2.3 Planilla de inspección Ocular

Fuente: Prof. Angelo Marinilli, 2009

PLANILLA DE INSPECCIÓN
Valores de Inspección

1. Datos Generales (obligatorio)

2. Estado de los Partes (obligatorio)

3. Datos del Edificado (obligatorio)

4. Identificación de la Edificación (obligatorio)

5. Tipo de Edificación (obligatorio)

6. Capacidad de Ocupación (obligatorio)

7. Año de Construcción

8. Condiciones del Terreno

9. Tipo Estructural

10. Esquemas de Planta (obligatorio)

11. Esquemas de Sección (obligatorio)

12. Tipo de Estructura (obligatorio)

13. Datos de Detalle (obligatorio)

14. Usos y Ocupaciones

Figura 2.4 Planilla de Inspección de Edificios

Fuente: FUNVISIS, 2011

PLANILLA DE INVENTARIO DE EDIFICIOS

1. Información de Identificación

2. Ubicación Geográfica

3. Información Básica

4. Estado de Conservación

5. Observaciones

6. Sistema de Construcción

7. Materiales de Construcción

8. Tipo de Estructura

9. Tipo de Estructura

10. Tipo de Estructura

11. Tipo de Estructura

12. Tipo de Estructura

13. Tipo de Estructura

14. Tipo de Estructura

15. Tipo de Estructura

16. Tipo de Estructura

17. Tipo de Estructura

18. Tipo de Estructura

19. Tipo de Estructura

20. Tipo de Estructura

21. Tipo de Estructura

22. Tipo de Estructura

23. Tipo de Estructura

24. Tipo de Estructura

25. Tipo de Estructura

26. Tipo de Estructura

27. Tipo de Estructura

28. Tipo de Estructura

29. Tipo de Estructura

30. Tipo de Estructura

31. Tipo de Estructura

32. Tipo de Estructura

33. Tipo de Estructura

34. Tipo de Estructura

35. Tipo de Estructura

36. Tipo de Estructura

37. Tipo de Estructura

38. Tipo de Estructura

39. Tipo de Estructura

40. Tipo de Estructura

41. Tipo de Estructura

42. Tipo de Estructura

43. Tipo de Estructura

44. Tipo de Estructura

45. Tipo de Estructura

46. Tipo de Estructura

47. Tipo de Estructura

48. Tipo de Estructura

49. Tipo de Estructura

50. Tipo de Estructura

51. Tipo de Estructura

52. Tipo de Estructura

53. Tipo de Estructura

54. Tipo de Estructura

55. Tipo de Estructura

56. Tipo de Estructura

57. Tipo de Estructura

58. Tipo de Estructura

59. Tipo de Estructura

60. Tipo de Estructura

61. Tipo de Estructura

62. Tipo de Estructura

63. Tipo de Estructura

64. Tipo de Estructura

65. Tipo de Estructura

66. Tipo de Estructura

67. Tipo de Estructura

68. Tipo de Estructura

69. Tipo de Estructura

70. Tipo de Estructura

71. Tipo de Estructura

72. Tipo de Estructura

73. Tipo de Estructura

74. Tipo de Estructura

75. Tipo de Estructura

76. Tipo de Estructura

77. Tipo de Estructura

78. Tipo de Estructura

79. Tipo de Estructura

80. Tipo de Estructura

81. Tipo de Estructura

82. Tipo de Estructura

83. Tipo de Estructura

84. Tipo de Estructura

85. Tipo de Estructura

86. Tipo de Estructura

87. Tipo de Estructura

88. Tipo de Estructura

89. Tipo de Estructura

90. Tipo de Estructura

91. Tipo de Estructura

92. Tipo de Estructura

93. Tipo de Estructura

94. Tipo de Estructura

95. Tipo de Estructura

96. Tipo de Estructura

97. Tipo de Estructura

98. Tipo de Estructura

99. Tipo de Estructura

100. Tipo de Estructura

Figura 2.5 Planilla de Inspección de Edificios

Fuente: Vera Montilla, 2011

En Estados Unidos existen organismos encargados de promover el desarrollo de normativas relacionadas con la prevención de desastres naturales y que, en cierta forma, han ayudado a implementar medidas en nuestro país. Entre ellos destacan:

1) El Consejo de Tecnología Aplicada (siglas en inglés ATC) es un ente corporativo sin fines de lucro, establecido en el año 1971 gracias a los esfuerzos de la Asociación de Ingenieros Estructurales del estado de California (EUA), y su Misión consiste en el desarrollo de técnicas y aplicaciones innovadoras y accesibles orientadas a la reducción de efectos indeseables sobre estructuras construidas. ATC también orienta su actividad hacia el estímulo a la investigación y el desarrollo en asuntos relativos a la ingeniería civil.

Los proyectos en desarrollos están a cargo de una amplia gama de profesionales de consultoría altamente calificados, así como de la experiencia de muchas personas del mundo académico, colaborándose mutuamente en la práctica y en la investigación. El financiamiento de proyectos de ATC se obtiene de las agencias gubernamentales y del sector privado en forma de contribuciones deducibles de impuestos.

2) El Consejo de Seguridad de Edificaciones Sísmicas (siglas en inglés BSSC) es un organismo independiente, cuyo propósito fundamental es mejorar la seguridad pública, al proporcionar un foro nacional que fomente el progreso de las disposiciones de seguridad sísmica en la planificación, diseño, construcción, regulación y utilización de los edificios.

Objetivos del Consejo de Seguridad de Edificaciones Sísmicas:

- Promover el desarrollo de normas de seguridad sísmica adecuado para su uso en los Estados Unidos;
- Recomendar y promover la adopción de disposiciones adecuadas en materia de seguridad sísmica en las normas voluntarias y los códigos de modelos;

- Evaluar los progresos en la aplicación de las disposiciones federales, estatales y locales, los organismos reguladores y de la construcción;
- Identificar oportunidades de mejora de las normas de seguridad sísmica y prácticas, alentando a las organizaciones públicas y privadas para llevar a cabo dichas mejoras;
- Promover el desarrollo de formación con materiales educativos para el uso por los profesionales del diseño, constructores, funcionarios reguladores de la construcción, funcionarios electos, representantes de la industria, otros miembros de la comunidad de la construcción, y el público en general
- Asesorar a los órganos de gobierno en sus programas de investigación, periódicamente revisa y evalúa los resultados de investigación, prácticas y experiencias, haciendo recomendaciones para su incorporación a las prácticas de diseño sísmico.

3) El Instituto de Investigación de Ingeniería Sísmica (siglas en inglés EERI) es una organización americana sin fines de lucro, conformada por la sociedad de técnicos, ingenieros, geólogos, arquitectos, planificadores, funcionarios públicos y los científicos sociales. Los miembros EERI incluyen a investigadores, profesionales en ejercicio, educadores, funcionarios gubernamentales y los reguladores de los códigos de construcción.

El objetivo de la Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigación es el de reducir el riesgo de terremotos por avance de la ciencia y la práctica de la ingeniería sísmica, así como mejorar la comprensión del impacto de los terremotos en el bienestar físico, social, económico, político-cultural y del medio ambiente, y promover medidas amplias y realistas para la reducción de los efectos de los terremotos.

Por su parte, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA siglas en inglés) es un órgano encargado de instruir a los representantes locales,

los profesionales de diseño y otros grupos interesados, para llevar a cabo un programa de mitigación de riesgos ocasionados por edificaciones vulnerables en caso de un terremoto.

Al respecto el ATC ha creado un manual de inspección rápida visual bajo el patrocinio de FEMA, orientada a recolectar información relevante que permita determinar, mediante un puntaje, la vulnerabilidad que posee la edificación en estudio. Sin embargo, la información presentada en este manual, se cree que es correcta, el ATC y el organismo patrocinador no asume ninguna responsabilidad por su exactitud, ni de las opiniones expresadas en ese documento. El material presentado en la publicación no debe ser utilizado o depender de ella para cualquier aplicación específica sin un examen competente y la verificación de su exactitud (FEMA 154 2002)

El primer proyecto realizado fue la preparación de un plan de acción apoyado por un taller de procedimiento, creado por una empresa mixta, integrada por el Consejo de Tecnología Aplicada (Applied Technology Council), el Consejo de Seguridad de Edificaciones Sísmicas (Building Seismic Safety Council) y el Instituto de Investigación de Ingeniería Sísmica (Earthquake Engineering Research Institute).

El manual para la detección rápida visual de la edificaciones con posibles riesgos sísmicos, se originó en 1988 con la publicación del Informe de la FEMA 154, en conjunto con el documento de soporte FEMA 155, con actualizaciones en el año 2002, el cual proporciona como parte de los resultados, matrices para diversos grados de sismicidad (ver figura 2.5) en la que no es necesario realizar cálculos estructurales para llegar a un diagnóstico. En la planilla se toman datos de importancia de la estructura y se le asignan valores con ponderaciones, cuya suma final revelará el grado de vulnerabilidad que posee la misma. El manual va dirigido a un público amplio, desde los ingenieros y los funcionarios de construcción, hasta profesionales no tan capacitados. El manual proporciona una

"encuesta realizada externamente a la edificación", enfoque que permitía a los usuarios clasificar los edificios estudiados en dos categorías: los que son aceptable en cuanto a riesgo para la seguridad o la vida y los que pueden ser sísmicamente peligrosos y deben ser evaluados con más detalle por un profesional del diseño con experiencia en el diseño sísmico.

Las actualizaciones de la FEMA 154 se debieron a la incorporación de información de gran importancia, recopilada desde 1988, las cuales incluyen nuevos conocimientos sobre riesgos sísmicos y el funcionamiento de los edificios durante terremotos fuertes. Por otra parte, se creó una nueva herramienta de FEMA para la estimación de las pérdidas potenciales de los desastres naturales. Además, este nuevo proyecto incluyó comentarios de los usuarios que han utilizado el procedimiento para evaluar más de 70.000 edificios del sector privado y edificios gubernamentales en Estados Unidos (ATC 2002), así como actualizaciones de la puntuación de peligrosidad y puntajes modificadores, que se derivan de cálculos analíticos desarrollados recientemente por las curvas de fragilidad elaboradas por HAZUS, correlacionadas con los resultados de la evaluación sísmica de FEMA 154 de 1988 para el mismo edificio, después de los terremotos de Loma Prieta de 1989 y el terremoto de Northridge en 1994.

LOW Seismicity

MODERATE Seismicity

HIGH Seismicity

OCCUPANCY	SCORE			TYPE			FLOOR RATIO		
	W	U	S	1	2	3	4	5	6
Steel Deck	44	32	22	20	28	22	12	28	22
Steel Deck (1/2) Frame	50	38	28	28	36	30	20	36	30
Concrete (1) Frame	60	48	38	36	44	38	28	44	38
Concrete (2) Frame	70	58	48	46	54	48	38	54	48
Masonry	25	20	15	18	22	18	12	22	18
Masonry	25	20	15	18	22	18	12	22	18
Masonry	25	20	15	18	22	18	12	22	18
Non-Bearing	24	18	12	15	18	15	10	18	15
Not Type	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Not Type	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Not Type	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Figura 2.6 Formularios de recolección de datos para las 3 niveles de sismicidad (bajo, moderado y alto).
Fuente: FEMA 154 2002

Otra metodología para el análisis de la vulnerabilidad sísmica fue propuesta por Corsanego y Petrini (1990), siendo una de las más reconocidas y completas que se han hecho hasta el momento. Las técnicas para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se agrupan en 4 grandes grupos: técnicas directas, indirectas, convencionales e híbridas.

- Técnicas directas

Estas técnicas predicen, con un solo paso, el daño causado por un sismo a una estructura, a partir de dos tipos de métodos: los tipológicos y los mecánicos.

- Métodos tipológicos: Consideran las estructuras como elementos de clases, las cuales están definidas por los materiales, las técnicas y otros factores que pueden afectar la respuesta sísmica.

- Métodos mecánicos: Hacen la predicción de un efecto sísmico por medio de los mecánicos adecuados de las construcciones. Dentro de estos métodos pueden distinguirse dos grupos que están relacionados con el tipo de modelo utilizado para representar la estructura.
 - Métodos analíticos basados en modelos simples
 - Métodos de análisis detallados

Los dos procedimientos de análisis más utilizados en este tipo de métodos son:

- Análisis estático lineal.
- Análisis estático no lineal.
- Análisis dinámico lineal.
- Análisis dinámico no lineal.

- Técnicas indirectas

Estas técnicas determinan, en primer lugar, un índice de vulnerabilidad y luego establecen una relación entre el daño y la intensidad sísmica, mediante estudios post-terremoto y estudios estadísticos.

- Técnicas convencionales

Estas técnicas introducen un índice de vulnerabilidad independiente de la predicción del daño. Se utilizan para comparar las diferentes construcciones de una misma tipología en una determinada zona, de acuerdo con algunos factores cuya contribución a la resistencia sísmica es calibrada por expertos. El ATC-13 (ATC, 1985) es uno de los primeros trabajos que se han realizado utilizando esta técnica. Actualmente, una de las metodologías más conocidas para el análisis de vulnerabilidad sísmica es la metodología HAZUS. Ésta utiliza los desplazamientos y aceleraciones espectrales como medida de la acción sísmica, en vez de la intensidad sísmica que se utiliza en el ATC-13.

II.3 Definiciones

Se ha utilizado erróneamente el término riesgo para referirse a lo que hoy se denomina amenaza. Actualmente, se utiliza a veces la palabra vulnerabilidad con el significado de riesgo, pero los conceptos son diferentes y su definición es esencial para disponer de un enfoque que permita identificar las posibilidades de reducción del riesgo: en general, no es posible actuar sobre la amenaza pero es posible reducir el riesgo disminuyendo la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

II.3.1 Vulnerabilidad Sísmica (V)

Cuando se habla de vulnerabilidad sísmica se refiere al grado de susceptibilidad en que se encuentra una edificación a sufrir daños en el momento que ésta sea afectada por un evento telúrico, motivado a la insuficiente capacidad de respuesta que tiene la edificación debido a su configuración y características con las que fue diseñada.

Los factores que influyen en la variación de la vulnerabilidad sísmica son:

- Factores geológicos
- Factores estructurales
- Factores arquitectónicos
- Factores socio económicos

Caracterización de la vulnerabilidad sísmica

Son las diversas formas de identificar la vulnerabilidad sísmica teniendo en cuenta la distinción de los daños causados, la probabilidad de daños, el tipo de estructura, la intensidad del movimiento sísmico y el estado límite de daños máximos permitidos.

- Clases de vulnerabilidad
- Matrices de probabilidad de daños

- Funciones de vulnerabilidad
- Índices de vulnerabilidad
- Curvas de fragilidad

Cabe destacar que en la planificación de una edificación se debe tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en las estructuras han sido los esquemas arquitectónico-estructurales nocivos. Puede decirse de manera general que el alejamiento de formas y esquemas estructurales simples es castigado fuertemente por los sismos, debido a la naturaleza errática de los mismos. Por lo tanto, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr en el análisis de cada caso.

II.3.2 Peligrosidad o Amenaza Sísmica (H)

Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico de magnitud considerable en un periodo de retorno determinado, y puede expresarse en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado.

La amenaza sísmica no puede ser caracterizada sino de manera probabilista, en un lugar dado y durante un periodo fijo, a partir de observaciones de sismicidad del país (sismicidad histórica).

II.3.3 Riesgo Sísmico (R).

Es el grado de pérdidas esperadas en una edificación debido a un movimiento sísmico de una magnitud particular y en un período de exposición determinado. El riesgo se suele expresar mediante la convolución (la distribución de probabilidad de la suma de dos variables aleatorias independientes) de la peligrosidad y la vulnerabilidad de la edificación expuesta:

$$R = (H) \times (V) \text{ (Cardona, 1986)}$$

Posteriormente (Cardona 2001) conservando su marco conceptual propuso que una vez conocida la amenaza o peligrosidad (A_i), entendida como la probabilidad de que ocurra un suceso con una intensidad mayor o igual a (i) durante un período de exposición (t), y conocida la vulnerabilidad (V_e), entendida como la predisposición de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad (i), el riesgo (R_i) se entiende como la probabilidad de que se produzca una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a (i).

$$R_i = (A_i \cdot V_e) \cdot t$$

Por consiguiente, el riesgo sísmico está vinculado con la probabilidad de que se presenten daños en la estructura y está íntimamente relacionado a la predisposición del elemento a ser afectado (vulnerabilidad) y el grado de exposición del elemento al evento sísmico (amenaza).

El nivel de daño estructural está relacionado con la calidad de los materiales empleados, cargas actuantes y la característica de los elementos estructurales, su configuración geométrica y esquema resistente, el cual es el caso de estudio en esta investigación.

Para poder evaluar una edificación aporticada, es necesario conocer su constitución en cuanto a materiales, año de construcción, daños y sus causas, situación estructural y sísmica, así como las cargas a las que se encuentra sometida, ya que estos datos permitirán conocer tanto su estado de comportamiento inicial como su comportamiento actual.

II.3.4 Daño sísmico

El Daño Sísmico es el grado de degradación o destrucción causado por un movimiento telúrico sobre las personas, los bienes, los sistemas de prestación de servicios y los sistemas naturales o sociales. Desde el punto de vista estructural,

generalmente se relaciona con deformaciones irrecuperables (inelásticas), por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación.

Para cuantificar el daño es importante identificar previamente los sistemas que se encuentran expuestos dentro de una estructura, como lo son:

- Elementos estructurales: son los elementos que componen los sistemas resistentes de cargas verticales (gravitatorias) y cargas laterales.
- Elementos arquitectónicos: son otros elementos, tales como muros divisorios, ventanales, revestimientos, etc. Generalmente, son utilizados para la división, el aprovechamiento de espacios en las construcciones y aspectos relacionados con la estética de la estructura. Sin embargo, su diseño, distribución y construcción no está intencionalmente relacionado con el sistema resistente de la estructura o edificio, pero su interacción con el mismo es importante y no puede ser ignorada.
- Instalaciones: son los elementos que suministran servicios a la edificación.
- Contenidos: son los elementos que están dentro de la edificación, pero no hacen parte de la estructura, como maquinarias, equipos, mobiliario, artículos de decoración, etc.

Los últimos tres tipos corresponden a los llamados elementos no estructurales, cuya importancia ha cobrado especial interés como consecuencia de las pérdidas económicas registradas durante algunos eventos importantes, tales como el sismo de Loma Prieta (1989) y el sismo Northridge (1994).

II.3.5 Zonas Sísmicas

Es la distribución en el territorio de áreas con similar comportamiento en cuanto a actividad sísmica se refiere. Se dividen en función del coeficiente de aceleración horizontal (A_0) en roca.

II.3.6 Escalas de Medición Sísmicas

II.3.6.1 Escala de Richter

Representa la energía sísmica liberada en cada terremoto y se basa en el registro sismográfico.

Es una escala que crece en forma potencial o semilogarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento diez o más veces mayor de la magnitud de las ondas (vibración de la tierra), pero la energía liberada aumenta 32 veces.

II.3.6.2 Escala de Mercalli

Esta escala no se basa en los registros sismográficos sino en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por las personas. Para establecer la intensidad se recurre a la revisión de registros históricos, entrevistas a la gente, noticias de los periódicos, etc.

En la tabla 2.1 se presenta un cuadro comparativo realizado por Richter en 1958, donde vincula los valores de su escala con el nivel de daños producido establecido por Giuseppe Mercalli.

Tabla 2.1 Comparación entre las Escalas de Mercalli y Richter

Fuente: Richter 1958

Mercalli	Escala de Richter	Observaciones:
I.-	Hasta 2,5 Instrumental	Sismo débil sólo registrado por sismógrafos.
II.-	2,5 a 3,1 Muy débil	Percibido sólo por personas en reposo.
III.-	3,1 a 3,7 Ligero	Percibido en áreas densamente pobladas por una parte de la población.
IV.-	3,7 a 4,3 Moderado	Sentido por personas en movimiento, algunas personas dormidas se despiertan.
V.-	4,3 a 4,9 Algo fuerte	Sentido en el exterior, se despiertan las personas.
VI.-	4,9 a 5,5 Fuerte	Percibido por todos, caminar inestable, árboles y materiales se agitan por el efecto del sismo.
VII.-	5,5 a 6,1 Muy fuerte	Dificultad para mantenerse en pié, objetos colgantes se caen, se puede producir pequeños derrumbes y

		deslizamientos.
VIII.-	6,1 a 6,7 Destructivo	Colapso parcial de estructuras, daños considerables en edificios ordinarios.
IX.-	6,7 a 7,3 Ruinoso	Daño considerable en estructuras especialmente construidas, completo colapso de edificaciones y casas, daños generales en los cimientos presas y diques.
X.-	7,3 a 7,9 Desastroso	Destrucción de la mayoría de las edificaciones, derrumbe de puentes, daños serios en presas y embarcaderos.
XI.-	7,9 a 8,4 Muy desastroso	Pocas estructuras quedan en pié fisuras grandes en el terreno.
XII.-	8,4 a 9 Catastrófico	Destrucción total, grandes masas de roca desplazadas, objetos lanzados al aire.

II.4 Materiales y Sistemas estructurales

II.4.1 Materiales

II.4.1.1 Concreto

El concreto es un material pétreo artificial, que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones cemento y agregados con agua. El concreto y el agua forman una pasta que envuelve a los agregados dando como resultado un material resistente una vez fraguado el mismo, comportándose de manera eficiente a la compresión pero de forma débil a la tracción. (Fratelli 1990).

II.4.1.2 Concreto Armado

Estructura resultante de la introducción de armaduras y refuerzos de acero en una masa de concreto, con cuya unión se consigue que ambos materiales funcionen conjuntamente en la trasmisión de las cargas, trabajando el concreto a la compresión y el acero a la tracción.

II.4.1.3 Mampostería Estructural

La mampostería es la unión de bloques o ladrillos de arcilla o de concreto con un mortero para conformar sistemas monolíticos tipo muro, que pueden resistir acciones producidas por las cargas de gravedad o las acciones de sismo o viento.

II.4.2 Sistemas estructurales

II.4.2.1 Sistemas estructurales de Concreto Armado

En la norma (COVENIN 1756-2001) suelen distinguirse cuatro tipologías estructurales de concreto armado en función de los elementos del sistema resistente a sismos, como lo son:

Tipo I

Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante deformaciones debidas, esencialmente, a la flexión de sus miembros estructurales (pórtico de vigas y columnas). Los ejes de columnas deben mantenerse continuos hasta su fundación.

Tipo II

Estructuras constituidas por pórticos y muros estructurales de concreto armado o pórticos diagonalizados, cuya acción conjunta sea capaz de resistir la totalidad de las fuerzas sísmicas. Los pórticos deben estar en capacidad de resistir por lo menos el 25% de las fuerzas sísmicas.

Tipo III

Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante pórticos diagonalizados o muros estructurales de concreto armado, que soportan la totalidad de las cargas de servicio. Los últimos son los sistemas comúnmente denominados apantallados o de muros estructurales. Se consideran igualmente dentro de este grupo las estructuras tipo II, cuyos pórticos no sean capaces de resistir por si solos el 25% de las fuerzas sísmicas totales, pero si contribuyan a resistir las cargas gravitacionales.

Tipo IV

Estructuras sustentadas por una sola columna. Estructuras que no posean diafragmas con rigidez y resistencia, necesaria para distribuir eficazmente las

fuerzas sísmicas entre los diversos miembros verticales. Edificaciones con losas y sin vigas.

II.4.2.2 Estructuras regulares e irregulares

Estructuras Regulares

Las estructuras regulares no tienen discontinuidades físicas considerables en su configuración en planta y configuración vertical o en sus sistemas resistentes a las fuerzas laterales.

Estructuras irregulares

Pocos edificios se diseñan para resistir sismos severos en el rango elástico, por lo cual es necesario proporcionarle a la estructura capacidad de disipación de energía mediante tenacidad y ductilidad en los lugares en que se espera que la resistencia elástica pueda ser excedida. Esto se aplica a los elementos y a las conexiones de los elementos, puntos que usualmente son los más débiles, motivo por el cual una estructura se considera irregular cuando, por motivos de configuración, se compromete la capacidad de respuesta del elemento, puesto que existe concentraciones indeseable de demanda inelástica en los miembros. En la figura 2.7 se evidencian los tipos de irregularidades.

Al realizar el análisis y diseño de edificaciones se deben tomar en cuenta las teorías sismorresistentes, y se debe realizar estudio de vulnerabilidad de la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes. En caso de presentarse mayor incertidumbre, hay que realizar un análisis lo más detallado posible para determinar, entre otras cosas, la vulnerabilidad o el nivel de daño esperado en la estructura. Por lo tanto, para iniciar un estudio de vulnerabilidad deben caracterizarse los fenómenos a ser considerados.

Para el caso de sismos, vale la pena seleccionar y caracterizar aquellos eventos que podrían presentarse durante la vida útil del edificio, ya que algunos

sismos frecuentes y de baja magnitud podrían afectar a los elementos no estructurales. En cambio, aquellos sismos menos frecuentes pero más violentos pueden afectar tanto a elementos estructurales como no estructurales.

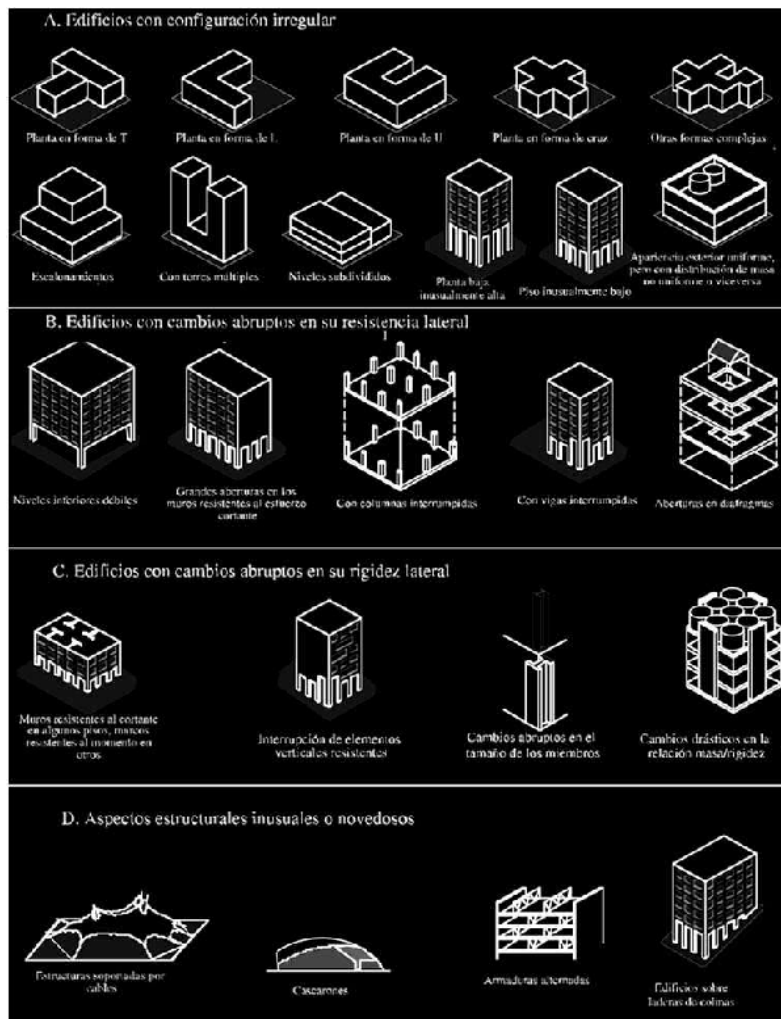


Figura 2.7 Formas sencillas y complejas en planta y elevación. Fuente: Configuración y diseño sísmico de edificios (1987), Pág. 23

II.5 Análisis de la vulnerabilidad estructural

II.5.1.1 Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos son diseñados para evaluar de manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones, y seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado. Estos métodos se utilizan principalmente para la evaluación masiva de edificios, con fines de cuantificación del riesgo sísmico en una región amplia de una ciudad.

Algunos de estos métodos constituyen la primera etapa de evaluación de los métodos analíticos, como el caso del método ATC-21 publicado en FEMA 154 y que serán de apoyo para la elaboración de esta investigación.

En términos generales, puede decirse que en los métodos cualitativos, la construcción recibe una calificación determinada, de acuerdo a aspectos tales como su estado de conservación, su irregularidad en planta y en altura, su relación con el suelo, etc., calificación que en general no precisa de cálculos muy sofisticados de oficina, pero que son de gran aporte para determinar la vulnerabilidad virtual que posea una edificación y dar pie a que se elabore una evaluación más exhaustiva con otros métodos más complejos.

II.5.1.2 Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos son utilizados para la recuperación post-sísmica de edificios esenciales, ya que resulta necesaria la realización de un análisis más riguroso. Asimismo, los métodos cuantitativos sirven para profundizar en los resultados obtenidos de los métodos cualitativos, cuando estos últimos no entreguen resultados determinantes sobre la seguridad de la estructura. Para realizar un análisis de vulnerabilidad utilizando métodos cuantitativos, es necesario contar con cierta información básica como características de los materiales utilizados en la edificación, caracterización del suelo donde se encuentra la estructura y planos estructurales entre otra información. Generalmente, los análisis

cuantitativos se realizan mediante modelaciones matemáticas de la estructura, en las cuales se deben considerar aspectos tales como:

- Interacción de la estructura con los elementos no estructurales.
- Cargas reales a las que está sometida la estructura.
- Análisis para los diferentes sismos que se pueden presentar.

CAPITULO III

METODO

El presente capítulo basa su contenido en los procedimientos metodológicos empleados para alcanzar los objetivos planteados de acuerdo con el propósito de la investigación, el cual consiste en analizar la vulnerabilidad sísmica de una edificación aporricada Tipo I.

III.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo es un proyecto de investigación. Así lo asevera Sabino (1994) al decir que un proyecto de investigación es un plan definido y concreto de una investigación a realizar, con la especificación de sus características básicas. Sierra Bravo (1991) señala que el proyecto de investigación es la organización temporal y económica específica de todas las fases y operaciones de un proceso concreto de investigación. En general, el proyecto de investigación es una descripción concreta del estudio que se propone realizar, donde plantean objetivos a desarrollar y una metodología a emplear para alcanzarlos, teniendo como finalidad responder a interrogantes de investigación mediante la búsqueda de nuevos conocimientos.

Específicamente, el trabajo especial de grado se definirá como descriptivo de acuerdo a los objetivos planteados y así lo define Gil (s/f) cuando establece que este estudio se utiliza cuando se desea describir una realidad en todos sus componentes principales. También consiste en caracterizar un hecho, fenómeno o grupo de sujetos, con el fin de establecer su estructura o comportamiento (Arias, 1999), describiendo minuciosamente cada aspecto de lo manifestado y observado por el evento estudiado. Por su parte, Hernández y otros (2003) proponen que “en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así detallar lo que se investiga” (p. 118).

Nivel de Investigación

Por el grado de profundidad con que se aborda el trabajo especial de grado se puede definir el nivel de investigación como Documental, puesto que describe de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés

III.2 Etapas de la investigación

Para la elaboración de este trabajo fue necesario realizar una recopilación de información de las normas nacionales y sus respectivas actualizaciones debido a acontecimientos sísmicos importantes, siendo estos últimos pieza clave para que se tomaran medidas en cuanto al fortalecimiento de las normativas. Por otro lado, se revisaron trabajos previos relacionados con el análisis de vulnerabilidad realizado al respecto en el país y fuera de él.

En este capítulo se describe la metodología empleada para alcanzar los objetivos propuestos, dividiéndose en seis (6) etapas que se mencionan a continuación:

En la primera etapa se selecciona la información de FEMA 154 (Detección rápida visual de edificios con potencial amenaza sísmica) que tenga incidencia en el análisis de vulnerabilidad de edificaciones y que apoye al trabajo de investigación que se realiza. Fue necesario para esta etapa contactar a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencia con el fin de obtener material actualizado de los manuales.

En la segunda etapa se revisó la norma COVENIN 1756-2001 para identificar la zonificación sísmica en Venezuela, los tipos de suelo y usos existentes para analizar su incidencia en la vulnerabilidad de una edificación.

En la tercera etapa se revisaron las normas COVENIN 1756-2001 y FONDONORMA 1753-2006 para identificar los aspectos que tienen incidencia en

la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I y que comprometan su respuesta ante un movimiento sísmico.

En la cuarta etapa se definieron los valores bases y modificadores asignados a factores influyentes en la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I, apoyados en la revisión de la FEMA 155 (documento soporte de la FEMA 154), realizando comparaciones con los parámetros establecidos en la segunda y tercera etapa. Por otra parte, se estableció valores de tolerancia para determinar el nivel de riesgo de la edificación que será evaluada.

En la quinta etapa se configura y elabora la planilla para la evaluación de la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I en conjunto con los pasos a seguir para realizar la inspección.

En la sexta y última etapa se aplicará la planilla de evaluación de vulnerabilidad a edificaciones aporticadas tipo I y se compararán los resultados obtenidos con el nivel de vulnerabilidad que arroja la planilla propuesta por la ATC-21.

III.2.1 ETAPA I

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA siglas en inglés) presenta en la segunda edición (2001) un manual para la detección rápida visual de edificios con alta peligrosidad sísmica basada en información proporcionada por el ATC-21. Así mismo, para la vigente edición, surge la necesidad de que exista mayor comprensión y conocimientos de ingeniería por parte de los usuarios.

Entre los aspectos incluidos en la nueva edición de FEMA 154-2002 con respecto a la del año 1988 destacan:

- Capacitación al personal que se encarga de realizar la encuesta
- Una mayor orientación para identificar la resistencia a cargas laterales de la estructura

- Actualización de puntajes de peligrosidad, así como de los puntajes modificadores que se derivan de cálculos analíticos y desarrollados en las curvas de fragilidad por parte de HAZUS.
- Uso de nuevas amenazas sísmicas que son compatibles con los criterios de peligrosidad sísmica especificados en otros documentos publicados por FEMA

El procedimiento de la Inspección Visual Rápida (RVS siglas en inglés) que lleva a cabo la FEMA 154 está diseñado para llevarse a cabo sin realizar cálculos de análisis estructural. El procedimiento utiliza un sistema de puntuación que el inspector asigna a los atributos de la construcción que modifiquen el comportamiento sísmico del sistema. La inspección, recolección de datos y la toma de decisiones debe tomar entre 15 minutos a media hora si se hace desde la calle, y de media hora a 1 hora si se tiene acceso a la edificación. La fiabilidad y confianza en los resultados obtenidos aumentan si se tiene acceso a la documentación con la que fue concebida la construcción. Los resultados se registran en uno de los tres formularios de recolección de datos que varían dependiendo de la sismicidad de la región en que se encuentre la edificación (alta, media o baja).

III.2.1.1 Etapas de la Inspección Visual Rápida

- Desarrollo de Presupuesto y estimación de costos

Muchas de las decisiones que se toman sobre el nivel de detalle documentado durante el procedimiento de inspección visual rápida dependerán de las limitaciones presupuestarias. Aunque el procedimiento de inspección rápida visual está diseñado para que una inspección de campo de cada edificio no deba tener más de 15 a 30 minutos (30 minutos a una hora si el acceso al interior se obtiene), el tiempo y los recursos también se destinarán a la recolección de datos pre-campo (entiéndase por pre-campo a las actividades previas a la salida a realizar la inspección al edificio). La recolección de datos pre-campo puede llevar

un tiempo de (10 a 30 minutos por el tipo de edificación en función del tipo de datos suplementarios). Sin embargo, puede ser extremadamente útil en la reducción del tiempo total del campo y puede aumentar la fiabilidad de los datos recogidos sobre el mismo. Otra cuestión a considerar es el tiempo de viaje, si la distancia entre las edificaciones a inspeccionar es larga. Porque la recolección de datos pre-campo y el tiempo de viaje podría ser un factor importante en las asignaciones presupuestarias, que deben ser considerados en la fase de planificación.

Otros factores que deben ser considerados en la estimación de costos son la capacitación del personal y la designación de un personal para administración de un sistema de registro para el proceso de inspección.

- Planificación Pre-Campo

El inspector que realice la inspección visual rápida puede decidir por falta de presupuesto, tiempo u otro tipo de limitaciones, que deben establecer las prioridades por lo cual ciertas áreas dentro de la región deben ser objeto de reconocimiento inmediato, mientras que otras áreas pueden ser objeto de reconocimiento en un momento posterior, ya que se supone que son menos peligrosas. Un área puede ser seleccionada debido a que posee una gran extensión y puede tener una mayor densidad de edificios potencialmente peligrosos en cuanto a sismos en relación con otras áreas.

- Selección y revisión del formulario de recolección de datos.

Hay tres formas de recopilación de datos, una para cada una de las tres regiones de actividad sísmica: baja (Low), moderada (Moderate) y alta (High). Cada formulario de recogida de datos proporciona espacio para registrar la información de identificación de la construcción, dibujar un boceto del edificio (vistas en planta y elevación), espacio para una fotografía de la construcción, se indica la ocupación, se indica el tipo de suelo, documenta la existencia de riesgos de caídas, se desarrolla una puntuación final de la estructura (S), para el edificio,

indica si una evaluación detallada se requiere y proporciona comentarios adicionales. El sistema de puntuación estructural consiste en una matriz de puntajes básicos de peligros estructurales (uno para cada tipo de edificio y de su sistema de resistencia asociadas a fuerzas sísmicas laterales) y modificadores de puntuación para tomar en cuenta los atributos observados que puedan modificar el comportamiento sísmico.

Las puntuaciones modificadoras varían de acuerdo a los métodos constructivos y de diseño aplicados en la región, en los atributos conocidos para disminuir o aumentar la capacidad de resistencia sísmica y en la revisión de los máximos movimientos ocurridos en la zona. El valor básico de peligrosidad estructural, modificadores de puntuación y el nivel estructural final, S, todos se relacionan con la probabilidad de colapso del edificio en caso de la ocurrencia de un movimiento sísmico igual al máximo registrado en la zona. Los resultados finales S suelen oscilar entre 0 y 7, con las puntuaciones S superior correspondiente a un mejor comportamiento sísmico.

- Determinación de regiones sísmicas.

Para seleccionar el formulario de recolección de datos adecuado, primero es necesario determinar la sismicidad de la región en la que se encuentra el área a examinar. La sismicidad de la región (alta, moderada o baja) para el área de investigación puede ser determinada por uno de los dos métodos siguientes:

1. Encontrar la ubicación de la región en el mapa de sismicidad.

2. Acceder a la siguiente página ([Http://geohazards.cr.usgs.gov/eq/](http://geohazards.cr.usgs.gov/eq/)), seleccionar "Peligro por Código Postal" o "Peligro por Lat / Long" en el link de "Riesgo Sísmico" (solo para Estados Unidos de Norte América ya que existe una microzonificación sísmica asociada a los códigos postales).

Tabla 3.1 Regiones de actividad sísmica con la respuesta correspondiente de aceleración espectral (FEMA 310).

Región de Sismicidad	Aceleración espectral de repuesta (a corto periodo o 0,2 seg.)	Aceleración espectral de repuesta (a largo periodo o 1 seg.)
BAJA	Menos de 0,167 g (en sentido horizontal)	Menos de 0,067 g (en sentido horizontal)
MODERADA	Mayor o igual a 0,167 g, pero menos de 0,500 g (en sentido horizontal)	Mayor o igual a 0,067 g, pero menos de 0,200 g (en sentido horizontal)
ALTA	Mayor o igual a 0,500 g (en sentido horizontal)	Mayor o igual a 0,200 g (en sentido horizontal)

Nota: (g) aceleración de gravedad

- Consideración de las fechas donde fueron creados y modificados los códigos antisísmicos en Estados Unidos

Es importante el manejo de la data en la que fue concebida la edificación, ya que con esta información se puede tener idea del método constructivo empleado, así como la calidad de los materiales. En segundo lugar el conocimiento de la fecha de modificación del código garantiza que las edificaciones construidas después de esa reforma, cumplen con las especificaciones antisísmicas, producto de las investigaciones de los organismos competentes.

- Información de los Suelos

El tipo de suelo tiene gran influencia en la amplitud y duración del temblor y por ende los daños estructurales. En términos generales, mientras más profundidad tenga la capa de suelo con respecto a la roca el movimiento del terremoto será más perjudicial.

Los organismos NEHRP y BSSC propusieron que se consideraran las siguientes disposiciones en el diseño y construcción de nuevas edificaciones en cuanto al tipo de suelo donde se realizarán las fundaciones:

- Roca dura (Tipo A) con velocidad de onda $V_s > 5000$ ft/seg

- Roca blanda o común (tipo B) con velocidades de onda de 2500 y 5000 ft/seg
- Suelo denso (tipo C) con velocidades de onda V_s de 1200 y 2500 ft/seg o con número de golpes de penetración $N > 50$ o resistencia al corte sin drenaje $S_u > 2000$ lb/ft²
- Suelo rígido (tipo D) con V_s entre 600 y 1200 o N entre 15 y 50 o S_u entre 1000 y 2000 lb/ft²
- Suelo blando (tipo E) con más de 100 pies de suelo blando con índice de plasticidad $IP > 20$ contenido de agua $W > 40\%$ y $S_u < 500$ lb/ft² o $V_s \leq 600$ ft/seg.
- Suelo pobre (tipo F), requiriendo evaluaciones específicas en sitio.
 - Suelos vulnerables a la falla potencial o a colapso bajo carga sísmica, como es el caso de suelos licuables, arcillas de alta sensibilidad y suelos plegables débilmente cementados.
 - Turbas o arcillas altamente orgánicas ($H > 10$ pies de turba o arcilla altamente orgánica, donde H = espesor de suelo.).
 - Arcillas con alta plasticidad ($H > 25$ pies con $PI > 75$).
 - Más de 120 pies de arcilla dura suave o media.

III.2.2 ETAPA II

En la figura 3.1 se representa la distribución del territorio nacional en 8 zonas, desde la zona 0 hasta la zona 7, donde el coeficiente de aceleración horizontal A_0 es igual a 0,40 según lo establece la Norma 1756 en su actualización del 2001. Por otra parte, la versión anterior a esta norma dividía el mapa de Venezuela en 5 zonas con un coeficiente de aceleración máxima de 0,30.

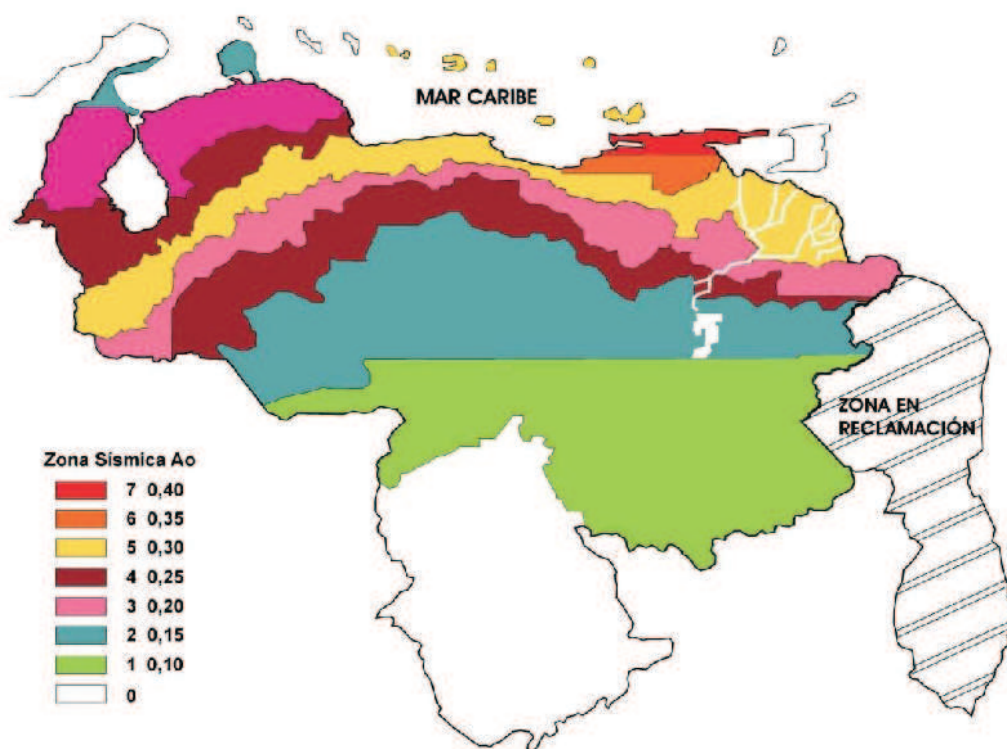


Figura 3.1 Mapa de Zonificación sísmica de Venezuela

Fuente: COVENIN 1756-2001

A continuación se presenta en la tabla 3.3 los valores de aceleración de horizontal correspondiente a cada zona sísmica, clasificando así, los niveles de peligrosidad sísmica. Para determinar la aceleración vertical se multiplica el valor de aceleración horizontal por 0.7.

Tabla 3.2 Valores de aceleración horizontal A_0 (COVENIN 1756-2001)

Zonas Sísmicas	Peligro Sísmico	A_0 (aceleración Horizontal)
7	Elevado	0,40
6		0,35
5		0,30
4	Intermedio	0,25
3		0,20
2	Bajo	0,15
1		0,10
0		--

En la tabla 3.3, se presenta una zonificación más detallada correspondiente a las zonas sísmicas de cada municipio de Venezuela, según la norma COVENIN 1756-01 en su capítulo 4. Sin embargo, hace falta realizar una distribución más específica dentro de los municipios que indique el tipo de suelo de cada área en estudio, puesto que en una zona del mismo municipio existen diversos tipos de suelos, los cuales tienen gran influencia en la amplificación de las ondas producida por un terremoto tal como se ilustra en la figura 3.2.

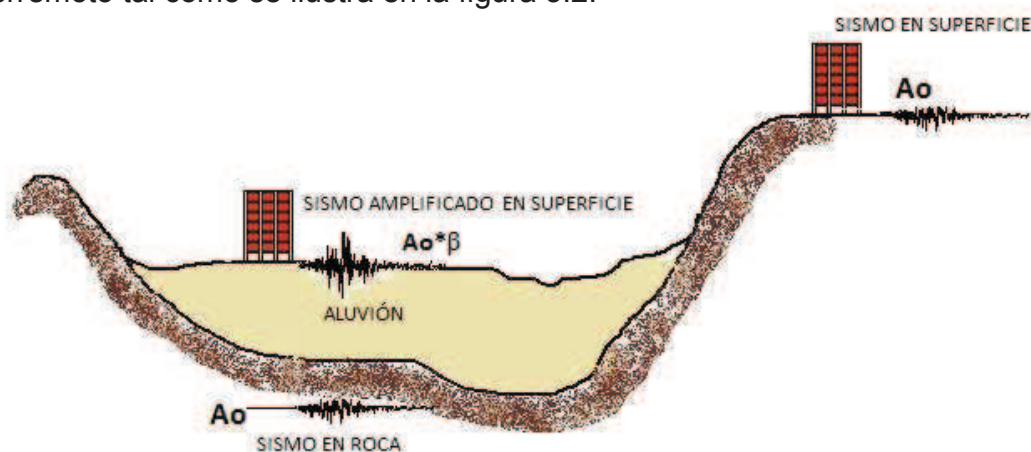


Figura 3.2 Amplificación de ondas horizontales respecto al suelo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.3 ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA POR MUNICIPIOS (COVENIN 1756-2001)

ESTADO	
AMAZONAS	<p>Zona 1: Municipio Atures</p>
ANZOATEGUI	<p>Zona 0: Municipios: Autana, Manapiare, Atabapo, Alto Orinoco, Guainia, Río Negro.</p> <p>Zona 6: Municipios: Guanta, Juan Antonio Sofillo, Turístico Diego Bautista Urbaneja.</p> <p>Zona 5: Municipios: Píritu, Libertad, Fernando de Peñalver, San Juan de Capistrano, Simón Bolívar y Área del Municipio Pedro María Freites al Norte de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-EI Tejero.</p> <p>Zona 4: Municipios: San José de Guanipa, Simón Rodríguez, Aragua, Santa Ana, Anaco, Juan Manuel Cajigal, Francisco del Carmen Carvajal, Manuel Ezequiel Bruzual, Área del Municipio Pedro María Freites, al Sur de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-EI Tejero.</p> <p>Zona 3: Municipios: Sir Arthur Mc Gregor, Francisco de Miranda, Independencia.</p>
APURE	<p>Zona 4: Área del Municipio Páez, al Oeste del meridiano 71°W.</p> <p>Zona 3: Municipio Páez, excluida el área al Oeste del meridiano 71°W.</p> <p>Zona 2: Municipios: Rómulo Gallegos, Muñoz, Achaguas, Biruaca, San Fernando, y Área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Norte del paralelo 7° N</p>
ARAGUA	<p>Zona 1: Área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Sur del paralelo 7° N.</p> <p>Zona 5: Municipios: Tovar, Santiago Mariño, Mario Briceño Irigorry, Girardot, Francisco Linares Alcántara.</p> <p>Zona 4: Municipios: Santos Michelena, Bolívar, Sucre, Rivas, Zamora, San Sebastián, San Casimiro, Libertador, José Angel Lamas, José Rafael Revenga.</p> <p>Zona 3: Municipios: Camatagua, Urdaneta.</p>

TABLA 3.3 (Cont.)

ESTADO	
BARINAS	<p>Zona 4: Municipios: Alberto Arvelo Torrealba, Municipio Cruz Paredes, Bolívar, y Áreas al Noroeste de los Municipios Ezequiel Zamora, Antonio José de Sucre, Peraza, Barinas y Obispos, limitadas por una línea paralela a la carretera Santa Bárbara-Boconito, unos 10 km. al sureste de ésta.</p> <p>Zona 3: Resto del Estado, excluidas las áreas en Zona 4 y el Municipio Arismendi.</p> <p>Zona 2: Municipio Arismendi.</p> <p>Zona 3: Municipios: Caroní, Padre Pedro Chien, y Área del Municipio Piar al Norte del paralelo 8° N.</p> <p>Zona 2: Municipio Heres, Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, Roscio y El Callao, ubicadas al Norte del paralelo 7° N, y Área del Municipio Piar al Norte de paralelo 7° N y al Sur del paralelo 8° N.</p> <p>Zona 1: Municipio Gran Sabana, y Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, José Tadeo Monagas, Piar y El Callao ubicadas al Sur del paralelo 7° N.</p> <p>Zona 0: Resto del Estado</p> <p>Zona 5: Municipios: Guacara, San Diego, Naguanagua, Montalbán, Miranda, Los Guayos, Juan José Mora, Puerto Cabello, Bejuma, San Joaquín, Diego Ibarra, Lago de Valencia, y Áreas de los Municipios Valencia y Libertador al Norte del paralelo 10° N.</p> <p>Zona 4: Municipio Carlos Arvelo, y Áreas de los Municipios, Valencia y Libertador al Sur del paralelo 10° N.</p> <p>Zona 4: Municipios: Anzoategui, San Carlos, Lima Blanco, Falcón.</p> <p>Zona 3: Municipios: Girardot, Ricaurte, Rómulo Gallegos, Tinaco, Pao de San Juan Bautista.</p> <p>Zona 5: Municipios: Pedernales, Tucupita, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas en el Delta al Norte del Río Orinoco.</p> <p>Zona 4: Municipio Casacoima, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del Río Orinoco.</p> <p>Zona 3: Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del paralelo 8° N.</p> <p>Zona 5: Todo el Distrito.</p>
BOLÍVAR	
CARABOBO	
COJEDES	
DELTA AMACURO	
DTO. FEDERAL	

TABLA 3.3 (Cont.)

FALCÓN	<p>Zona 4: Municipios: Monseñor Iturriza, Silva.</p> <p>Zona 3: Resto del Estado.</p> <p>Zona 2: Municipios: Falcón, Carriubana, Los Taques.</p> <p>Zona 3: Municipios: Ortíz, Juan Germán Roscio, Julián Mellado, Chaguaramas, José Tadeo Monagas, San José de Guaribe, José Félix Ribas, Pedro Zaraza, y Área del Municipio Leonardo Infante al Norte del paralelo 9° N.</p> <p>Zona 2: Municipios: Camaguan, San Gerónimo de Guayabal, Francisco de Miranda, El Socorro, Santa María de Ipire, Las</p> <p>Zona 5: Municipios: Morán, Andrés Eloy Blanco, Jiménez, Palavecino, Simón Planas, Crespo.</p> <p>Zona 4: Municipios: Torres y Urdaneta.</p> <p>Zona 5: Municipios: Tovar, Antonio Pinto Salinas, Guaraque, Sucre, Andrés Bello, Caracciolo Parra Olmedo, Justo Briceño, Miranda, Rangel, Libertador, Campo Elías, Arzobispo Chacón, Aricagua, Zea, Rivas Dávila, Julio Cesar Salas, Pueblo Llano, Cardenal Quintero, Santos Marquina y Padre Noguera.</p> <p>Zona 4: Municipios: Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Tulio Febres Cordero y Julio César Salas.</p> <p>Zona 5: Municipios: Andrés Bello, Buroz, Brión, Zamora, Plaza, Sucre, Chacao, Guaicapuro, El Hatillo, Baruta, Los Salias, Carrizal, y Áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Norte de la Autopista de Oriente.</p> <p>Zona 4: Municipios: Urdaneta, Paz Castillo, Lander, Acevedo, Cristóbal Rojas, Simón Bolívar, Independencia, y Áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Sur de la Autopista de Oriente.</p> <p>Zona 6: Municipios: Acosta, Piar, Caripe, Bolívar, Punceres</p> <p>Zona 5: Municipios: Cedeño, Ezequiel Zamora, Santa Bárbara, y Área del Municipio Maturín al Norte del paralelo 9° N.</p> <p>Zona 4: Municipios: Aguasay, Libertador, Uracoa, Sotillo, y Área del Municipio Maturín al Sur del paralelo 9° N.</p> <p>Zona 5: Todo el Estado</p>
GUARICO	
LARA	
MÉRIDA	
MIRANDA	
MONAGAS	
NUEVA ESPARTA	

TABLA 3.3 (Cont.)

ESTADO	
PORTUGUESA	<p>Zona 4: Municipios: San Jenaro de Boconoito, Sucre, Guanare, Monseñor José Vicente de Unda, Ospino, Esteller, Araure, Páez, Agua Blanca, San Rafael de Onoto.</p> <p>Zona 3: Municipios: Guanarito, Papelón, Santa Rosalía, Turén.</p> <p>Zona 7: Municipios y Areas situados al Norte del paralelo que pasa por la costa Norte del Golfo de Santa Fe (aproximadamente a 10° 20' N).</p>
TACHIRA	<p>Zona 5: Municipios: Simón Rodríguez, Antonio Rómulo Costa, Seboruco, José María Vargas, Michelena, Andrés Bello, Guasimos, Independencia, Lobatera, Pedro María Ureña, Libertad, Bolívar, Rafael Urdaneta, Junín, Torbes, San Cristóbal, Cadenas, Sucre, Francisco de Miranda, Córdoba, Fernández Feo, Libertador, Ayacucho, Jauregui, Urbante y Samuel Darío Maldonado.</p> <p>Zona 4: Municipios: García de Hevia, Panamericano.</p>
TRUJILLO	<p>Zona 5: Municipios: Valera, Urdaneta, Boconó, Carache, Trujillo, Pampan, Candelaria, Pampanito, San Rafael de Carvajal, Juan Vicente Campo Elías.</p> <p>Zona 4: Municipios: La Ceiba, Monte Carmelo, Bolívar, Sucre, Miranda, Andrés Bello, José Felipe Marquez Cañizales,</p> <p>Zona 4: Municipios: Bolívar, Manuel Monge.</p>
YARACUY	<p>Zona 5: Municipios: Veroes, San Felipe, Bruzual, Peña, Nirgua, Independencia, Cocorote, Sucre, Aristides Bastidas, La Trinidad, Urachiche, José Antonio Páez.</p> <p>Zona 5: Todo el Estado.</p>
VARGAS	<p>Zona 4: Municipios: Jesús María Semprún, Catatumbo, Colón, Francisco Javier Pulgar, Sucre.</p>
ZULIA	<p>Zona 3: Municipios: Mara, Jesús Enrique Lossada, Maracaibo, San Francisco, La Cañada de Urdaneta, Rosario de Perijá, Machiques de Perijá, Baralt, Valmore Rodríguez, Lagunillas, Cabimas, Santa Rita, Miranda, Simón Bolívar.</p>
ISLAS DEL CARIBE	<p>Zona 5: Todas las islas de la región del Caribe</p>

III.2.2.1 Selección del Terreno

A continuación se presenta una tabla donde se clasifica el tipo de material de acuerdo a la velocidad de ondas de corte en el perfil geotécnico (V_{sp}) y la profundidad a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte es mayor a 500 m/s, así mismo, se hace una relación del tipo de suelo existente de acuerdo a la zona sísmica.

Tabla 3.4 Selección del terreno (COVENIN 1756-2001)

Material	V_{sp} (m/s)	H (m)	Zona 1-4	Zona 5-7
Roca sana/fracturada	>500	-	S1	S1
Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	S1	S1
		30-50	S2	S2
		>50	S3	S2
Suelos duros o densos	250-400	<15	S1	S1
		15-50	S2	S2
		>50	S3	S2
Suelos firmes/ medio densos	170-250	≤50	S3	S2
		>50	S3 (a)	S3
Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	S3	S2
		>15	S3 (a)	S3
Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos mas rígidos	---	H1	S2 (c)	S2

III.2.2.2 Clasificación de las edificaciones según el uso

Las edificaciones se clasifican según el uso por grupos. De la siguiente forma:

GRUPO A

Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas, tales como, aunque no limitadas a:

- Hospitales: Tipo IV, Tipo III y Tipo II.

- Edificios gubernamentales o municipales de importancia, monumentos y templos de valor excepcional.
- Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos museos y bibliotecas.
- Estaciones de bomberos, de policía o cuarteles.
- Centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones. Plantas de bombeo.
- Depósitos de materias tóxicas o explosivas y centros que utilicen materiales radioactivos.
- Torres de control, hangares, centros de tráfico aéreo.
- Edificaciones educacionales.
- Edificaciones que puedan poner en peligro a alguna de las de este grupo.

GRUPO B1

Edificaciones de uso público o privado, densamente ocupadas, permanente o temporalmente, tales como:

- Edificios con capacidad de ocupación de más de 3000 personas o área techada de más de 20000 m².
- Centros de salud no incluidos en el Grupo A.
- Edificaciones clasificadas en los Grupos B2 o C que puedan poner en peligro las de este grupo.

GRUPO B2

Edificaciones de uso público o privado, de baja ocupación, que no excedan los límites indicados en el Grupo B1, tales como:

- Viviendas.
- Edificios de apartamentos, de oficinas u hoteles.
- Bancos, restaurantes, cines y teatros.
- Almacenes y depósitos.
- Toda edificación clasificada en el Grupo C, cuyo derrumbe pueda poner en peligro las de este grupo.

GRUPO C

Construcciones no clasificables en los grupos anteriores, ni destinadas a la habitación o al uso público y cuyo derrumbe no pueda causar daños a edificaciones de los tres primeros grupos.

III.2.2.3 Nivel de Diseño

Clasificación del nivel de Diseño (ND) con respecto al grupo de la edificación y la zona sísmica donde se encuentre la edificación.

Tabla 3.5 Niveles de diseño (ND) (COVENIN 1756-2001)

GRUPO	ZONASÍSMICA		
	1y2	3y4	5,6y7
A;B1	ND2 ND3	ND3	ND3
B2	ND1(*) ND2 ND3	ND2 (*) ND3	ND3 ND2(**)

(*) Válido para edificaciones de hasta de 10 pisos ó 30m de altura.

(**) Válido para edificaciones de hasta de 2 pisos u 8m de altura.

III.2.3 ETAPA III

III.2.3.1. Aspectos que tienen incidencia en la vulnerabilidad de una edificación aporticada tipo I según la norma COVENIN 1756-2001

Un edificio será clasificado como irregular cuando las masas o las rigideces en niveles adyacentes difieran de un modo significativo. Se suele asociar a un incremento de rigidez o de resistencia a una mayor seguridad, esto sólo ocurre en problemas estáticos debido a que, en el ámbito de deformaciones inelásticas, estas diferencias pueden dar lugar a un aumento de demanda de ductilidad en niveles adyacentes, amenazando en consecuencia la estabilidad de la estructura.

Las irregulares se evidencian en la sección A de anexos.

III.2.3.1.a Irregularidades en Planta

Los problemas que se mencionan a continuación son referentes a la disposición de la estructura en el plano horizontal, en relación con la forma y distribución del espacio arquitectónico. Se debe destacar que los problemas de configuración en planta que a continuación se detallan, se presentan cuando las plantas son continuas. Cabe resaltar también que algunas de las plantas que a simple vista se pueden percibir como complejas y que cuentan con las respectivas juntas de dilatación sísmicas no presentan problemas para el comportamiento frente a sismos.

- Gran excentricidad

Se presenta una irregularidad de este tipo, cuando en algún nivel existe una excentricidad mayor al veinte por ciento entre la línea de acción del cortante y el centro de rigidez, es decir, se puede apreciar de manera cualitativa una diferencia notable entre la acumulación de masa y la concentración rigidez de los elementos.

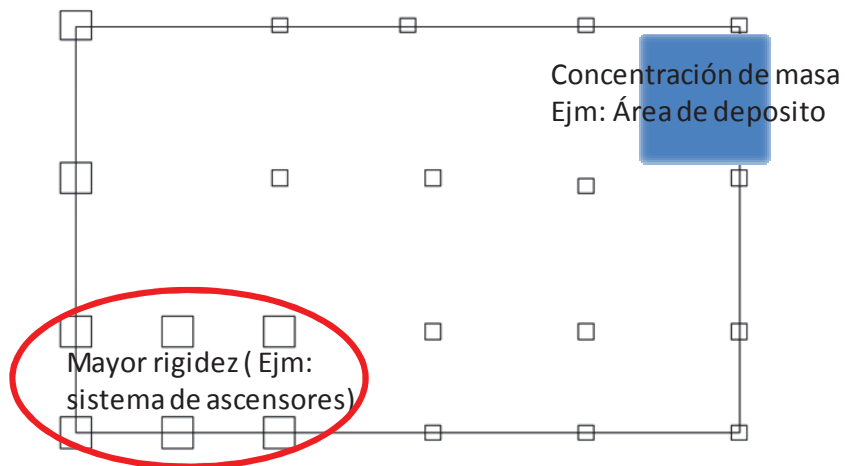


Figura 3.3 Gran excentricidad.
Fuente: Elaboración propia.

- Riesgo torsional elevado

La torsión ha sido causa de importantes daños de edificios sometidos a sismos intensos, debido a que existen el peligro de sufrir demandas inelásticas no bien predecibles, lo cual produce desplazamientos en el perímetro muy grandes causado por rotaciones, los cuales pueden causar hasta el colapso estructural.

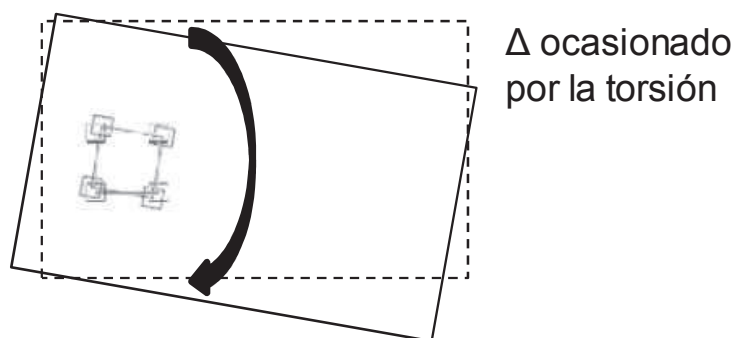


Figura 3.4 Irregularidad por torsión.
Fuente: Elaboración Propia

En la Norma COVENIN 1756 se define como riesgo torsional cuando en algún piso se presenta cualquiera de las siguientes situaciones:

- i) El radio de giro torsional en alguna dirección es inferior a la mitad del radio de giro inercial.
- ii) Cuando la excentricidad entre la línea de acción del cortante y el centro de rigidez de la planta supera el treinta por ciento del radio de giro torsional, se considera una irregularidad por riesgo torsional elevado.

Para el caso en estudio, se estará en presencia de una irregularidad por problema torsional cuando la planta presenta las configuraciones geométricas complejas, tal como se expone en la Figura 3.5.

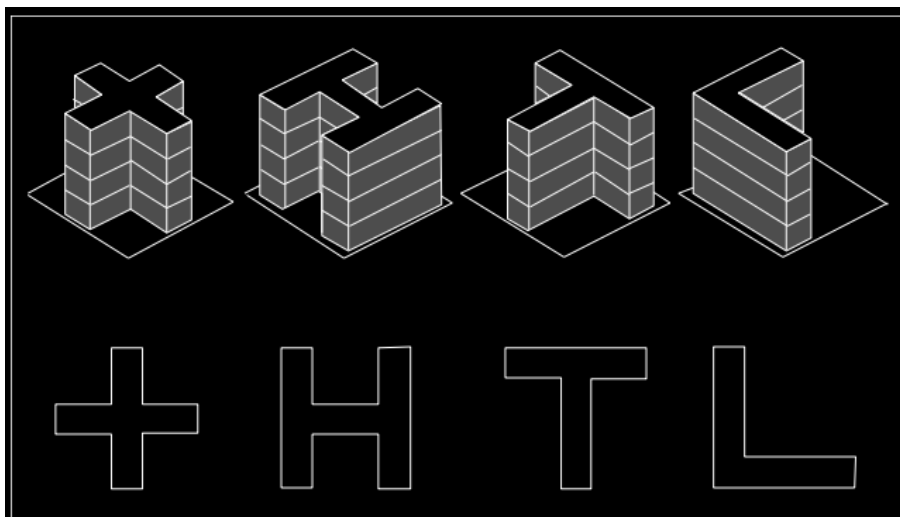


Figura 3.5 Formas de la planta

Fuente: Diseño de estructuras resistentes a sismos para ingenieros y arquitectos (1984)

- Diafragma flexible

Los diafragmas deben jugar un papel importante en la redistribución de las fuerzas de la estructura, por lo tanto, se debe disponer de suficientes diafragmas rígidos. La deficiencia de rigidez de los diafragmas genera demandas inelásticas

excesivas, debido al aumento de las fuerzas cortantes en algunos planos resistentes. Por consiguiente, se presentan los siguientes casos de irregularidad:

1. Se considera diafragma flexible cuando las plantas presenten un área total de aberturas internas que rebasen el veinte por ciento (20%) del área bruta de las plantas. También, cuando existan aberturas prominentes adyacentes a planos sismorresistentes importantes o, en general, cuando se carezca de conexiones adecuadas con ellos, tal como se muestra en la figura 3.6 y 3.7.

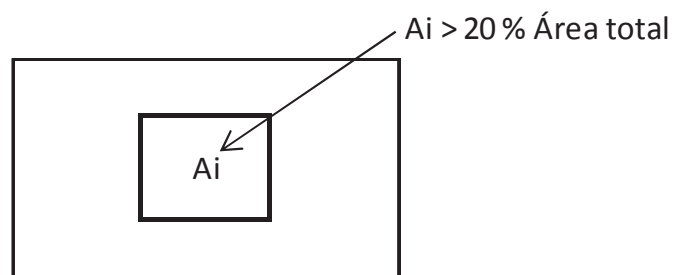


Figura 3.6 Aberturas internas mayor al 20% del área de la planta
Fuente Elaboración Propia

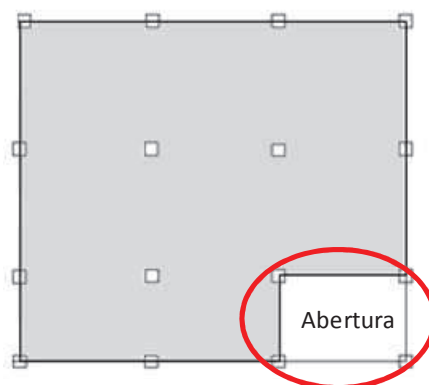


Figura 3.7 Sistemas con abertura adyacente a planos sismorresistente
Fuente Elaboración Propia

2. La longitud en planta de una edificación interviene en la respuesta estructural de la misma, debido a que el movimiento del terreno consiste en una transmisión de ondas, la cual se da con una velocidad que depende de las

características del suelo, puesto que son distintas las excitaciones que recibe en puntos de apoyos distantes, diferencia que aumenta en la medida en que sea mayor la longitud del edificio en la dirección de las ondas. Por esta razón, se considera una irregularidad cuando en alguna planta el cociente largo/ancho del menor rectángulo que inscriba a dicha planta sea mayor que 5.

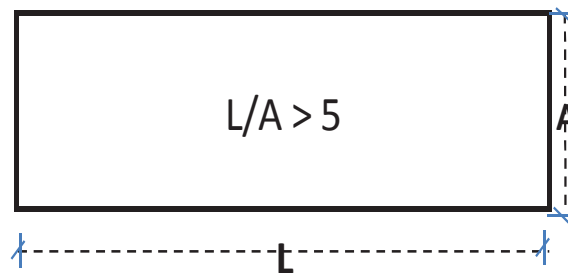


Figura 3.8 Edificaciones
Fuente Elaboración Propia

- Sistema no ortogonal

El sistema se considera irregular, cuando los elementos resistentes a las cargas laterales, no son paralelos ni simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales del sistema que resiste las fuerzas laterales, ello puede provocar fuerzas de torsión bajo movimientos sísmicos. El problema es más sensible en formas triangulares, donde la porción más estrecha tiende a ser más flexible que el resto, generando mayor la demanda inelástica una zona localizada.

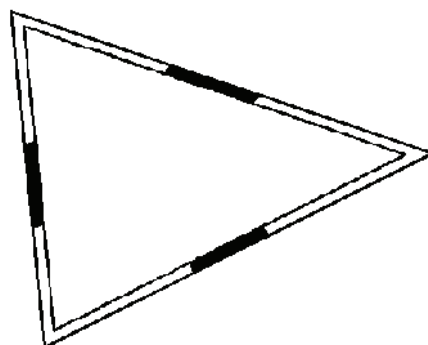


Figura 3.9 Sistemas no ortogonales
Fuente Elaboración Propia

Finalmente, se empleará la matriz con todas sus variables bien establecidas, con el firme propósito de establecer de una forma rápida un diagnóstico que pueda determinar debilidades geométricas en los sistemas estructurales con un índice de vulnerabilidad elevado, para que posteriormente sean analizados de forma exhaustiva, esta vez empleando programas especializados y otras herramientas más complejas de análisis y seguir las recomendaciones diseñadas en este Trabajo Especial de Grado para aminorar dichos índices de vulnerabilidad.

III.2.3.2.b Irregularidades Verticales

- Esbeltez excesiva

La esbeltez de una edificación se define como la relación entre la altura y la menor dimensión en planta a nivel de base. Se considera una esbeltez excesiva cuando la relación exceda a 4, tal como se muestra en la Figura 3.10. Igualmente, cuando esta situación se presente en alguna porción significativa de la estructura.

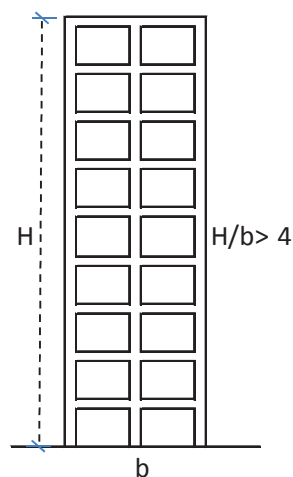


Figura 3.10 Esbeltez excesiva.

Fuente: Elaboración propia.

- Entrepiso blando

Se denomina entrepiso blando cuando la planta inferior tiene una menor rigidez que en los pisos consecutivos. Se puede cualificar la existencia de entrepiso blando mediante la Figura 3.11. En el cálculo de las rigideces se incluirá la contribución de la mampostería estructural; en el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir.

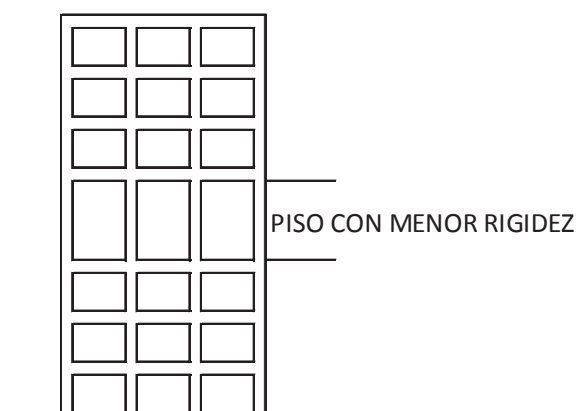


Figura 3.11 Entrepiso blando

Fuente: Elaboración propia.

- Entrepiso débil

Una edificación tiene entrepiso débil cuando la resistencia lateral de algún entrepiso, es menor a la resistencia del entrepiso superior, en la evaluación de la resistencia de los entrepisos se incluirá la contribución de la mampostería estructural; en el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir. Véase la sección de anexos Imagen 2.

En la figura 3.12, se presenta una edificación la cual todas sus columnas poseen las mismas dimensiones. Sin embargo, debido a la presencia de una mampostería estructural, su resistencia se ve minorada debido a la falta de confinamiento del elemento.



Figura 3.12 Entrepiso débil.
Fuente: Elaboración propia.

- Distribución irregular de masas de uno de los pisos contiguos

Los excesos o altas concentraciones de masa, tales como equipos, tanques, bodegas, archivos, entre otros, pueden incrementar las fuerzas laterales de inercia, incrementando así la magnitud de las deformaciones entre pisos, evidenciándose en desfavorables efectos estructurales. Por esta razón, cuando la masa de algún piso exceda 1.3 veces la masa de uno de los pisos contiguos, tal como se muestra en la Figura 3.13 (exceptuando la comparación con el último nivel de techo de la edificación), estamos en presencia de una irregularidad vertical.

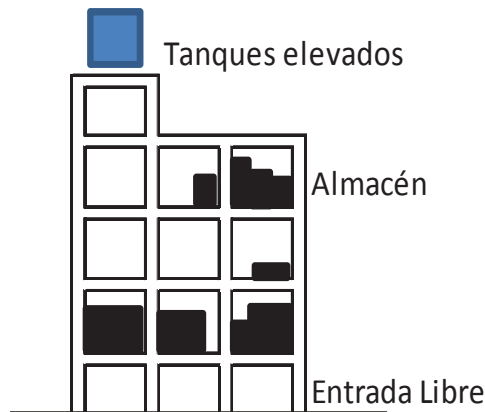


Figura 3.13 Distribución irregular de masas, debido a cargas localizadas como tanques elevados o mala distribución de los objetos con masas significativas (Bóvedas, aires acondicionados industriales, depósitos, etc.)
Fuente: Elaboración propia.

- Aumento de las masas con la elevación

La distribución en una edificación se considera irregular, cuando crecen sistemáticamente las masas con la altura (normalmente cuando aumenta las dimensiones) como lo muestra en la Figura 3.14, lo cual ocasiona efectos dinámicos y accidentales de la mayor inercia rotacional de los pisos superiores. Véase en la sección de anexos

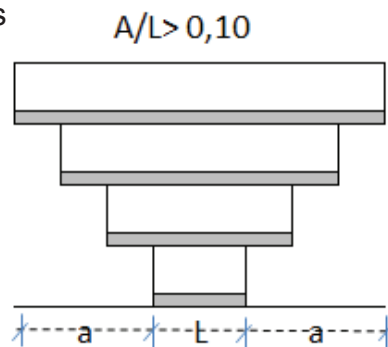


Figura 3.14 Aumento de masas con la elevación

Fuente: Elaboración propia

- Variaciones en la geometría del sistema estructural

Se considera que existe irregularidad vertical del punto de vista geométrico cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia a las fuerzas laterales en cualquier piso es mayor del 130% de la de un piso colindante como lo muestra la Figura 3.15. No es necesario considerar los pisos de azotea de un solo nivel.

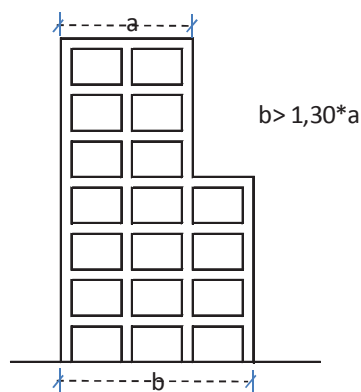


Figura 3.15 Variación en la geometría.

Fuente: Elaboración propia.

- Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales

Se considera este tipo de irregularidad, cuando existe un desplazamiento en el plano de los elementos resistentes a las cargas laterales mayor que la longitud de esos elementos de acuerdo con alguno de los siguientes casos:

i) El desalineamiento horizontal del eje de un miembro vertical, muro o columna, entre dos pisos consecutivos, supera $1/3$ de la dimensión horizontal del miembro inferior en la dirección del desalineamiento. Ver figura 3.16.

ii) El ancho de la columna o muro en un entrepiso presenta una reducción que excede el veinte por ciento (20%) del ancho de la columna o muro en el entrepiso inmediatamente superior en la misma dirección horizontal. Ver figura 3.17.

iii) Columnas o muros que no continúan al llegar a un nivel inferior distinto al nivel de base. Ver figura 3.18.

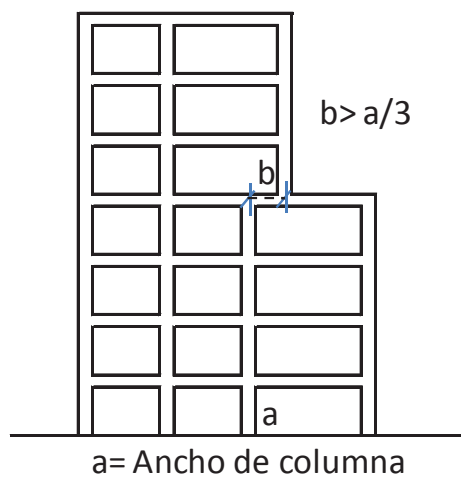


Figura 3.16 Columna desalineada.
Fuente: Elaboración propia.

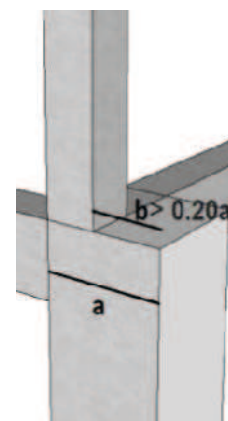


Figura 3.17 Reducción de ancho
Fuente: Elaboración propia.

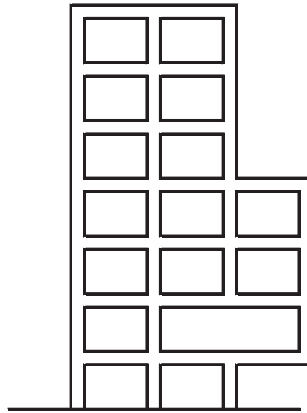


Figura 3.18 Discontinuidad de los ejes de columnas.

Fuente: Elaboración propia.

- Efecto de columna corta

Las columnas son parte fundamental en la estructura, ya que mantienen la estabilidad de la misma y transmiten las cargas a las fundaciones, motivo por el cual cualquier falla de uno de estos elementos puede provocar una redistribución de las cargas entre los elementos de la estructura y ocasionar el colapso parcial o total de la edificación. Por ende, un buen diseño sismorresistente de pórticos se enfoca en generar la falla dúctil en las vigas para disminuir así el daño por colapso de la estructura.

El efecto de columnas corta se genera cuando existe una reducción de la longitud libre del elemento por efecto de restricciones laterales, disminuyendo su esbeltez y aumentando por consiguiente su rigidez, lo cual atrae mayor concentración de esfuerzos del cual estaba previamente diseñado bajo excitaciones sísmicas generando un mecanismo de falla frágil. Véase en la sección de anexos

Varias son las causas para que el valor de la longitud libre se reduzca drásticamente y se presente una columna corta:

— Confinamiento lateral parcialmente en la altura de la columna por muros divisorios, muros de fachada, muros de contención, etc.

— Disposición de losas en niveles intermedios.

— Ubicación del edificio en terrenos inclinados.

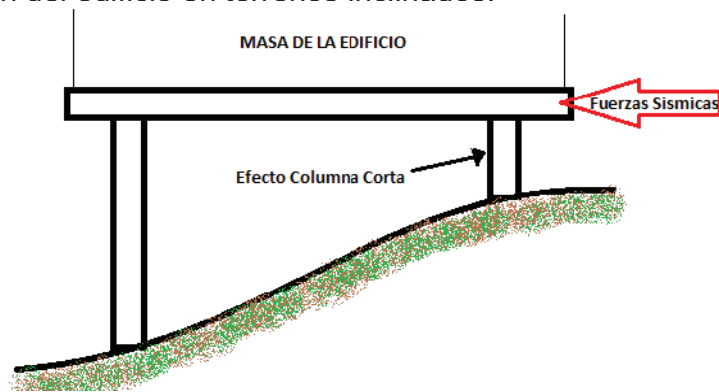


Figura 3.19 Efecto Columna Corta
Fuente: Elaboración propia.

III.2.3.3. Aspectos que tienen incidencia en la vulnerabilidad de una edificación aporricada tipo I según la norma FONDONORMA 1753-2006

Los requisitos establecidos en el capítulo 1.8 de esta norma no se requieren cumplir cuando el nivel de diseño sea ND1

Para vigas con ND2 y ND3

- La Luz libre (L_n) debe ser por lo menos 4 veces su altura total H

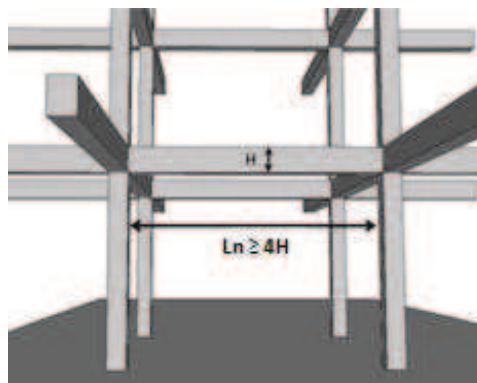


Figura 3.20 Luz libre respecto a altura de viga
Fuente: Elaboración propia

- La relación anchura/altura de su sección transversal es mayor o igual a 0,3.

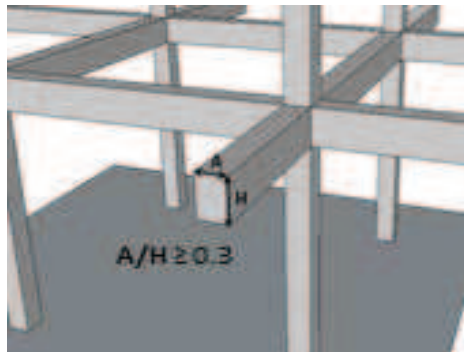


Figura 3.21 Relación ancho Vs alto en vigas

Fuente: Elaboración propia

- La anchura mínima es 25cm.

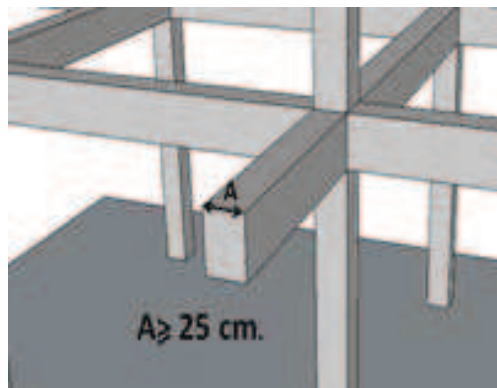


Figura 3.22 Anchura mínima en vigas

Fuente: Elaboración Propia

- La anchura máxima no debe exceder la anchura del miembro que sirve de soporte, medido en un plano perpendicular al eje longitudinal de la viga, más una distancia, a cada lado, no superior al 75% de la altura total de la viga.
- La existencia de vigas planas es un factor de debilidad para la estructura.

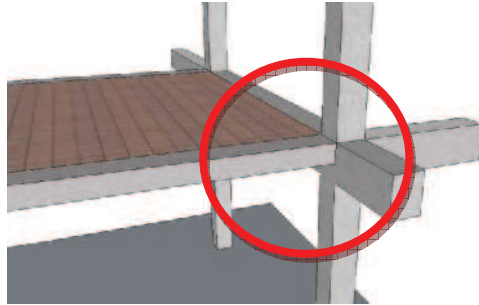


Figura 3.23 Viga plana

Fuente: Elaboración propia

Para Columnas con ND2 y ND3

- La menor dimensión transversal, medida a lo largo de una recta que pase por su centro geométrico, no sea menor de 30 cm.

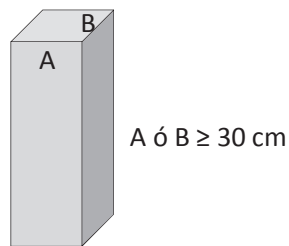


Figura 3.24 Dimensión mínima en columnas

Fuente: Elaboración propia

- La relación entre la menor dimensión de la sección transversal y la correspondiente en una dirección perpendicular no sea inferior a 0,4.

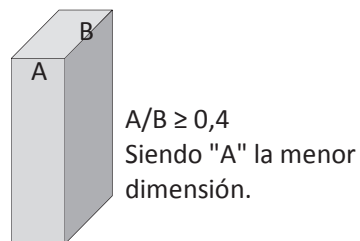


Figura 3.25 Relación entre dimensiones de columna

Fuente: Elaboración propia

- Efectos de esbeltez

Una columna se considerará esbelta cuando:

La relación entre la menor dimensión de la sección transversal y su longitud (L) de entre piso libre sea menor al 10% tomando en cuenta que la dimensión mínima es 30 cm. Según análisis y consideraciones realizadas en el capítulo 10.6 de la norma 1753-2006

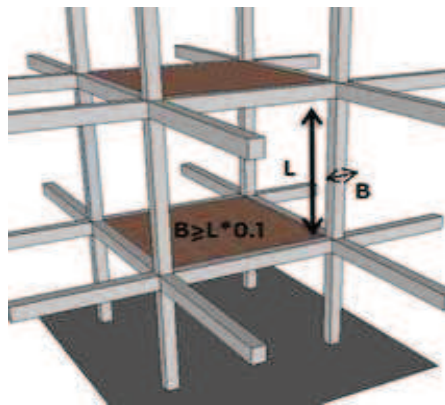


Figura 3.26 Efecto de esbeltez

Fuente: Elaboración propia

Para Nodos con ND2 y ND3

- El nodo se considera confinado, cuando en todas sus caras llegan miembros confinantes. Un miembro se considera confinante cuando cubre al menos $\frac{3}{4}$ partes de la cara del nodo.

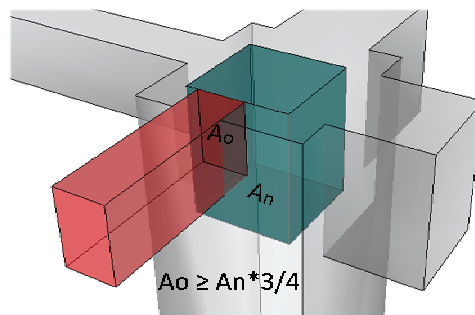


Figura 3.27 Nodo confinado

Fuente: Elaboración propia

III.2.4 ETAPA IV

En la cuarta etapa se definen los valores bases y modificadores asignados a factores influyentes en la vulnerabilidad de una edificación aporricada tipo I, apoyados en la revisión de la FEMA 155 (Detección Rápida Visual para Edificio de Potencial Riesgo Sísmico; documentación de apoyo), el cual basa su análisis en los problemas referente a la peligrosidad estructural en edificaciones. En esta etapa se realizan comparaciones con los parámetros establecidos en la segunda y tercera etapa, por otra parte, se establecerán valores de tolerancia para determinar el nivel de riesgo de la edificación que será evaluada. El método se basa en una evaluación de riesgo de carácter primordialmente cualitativo, el cual permite decidir si el edificio necesita una evaluación con un método avanzado o no, además proporciona un sistema de clasificación que se puede utilizar para establecer prioridades de evaluación con respecto a varios edificios.

En el pasado, no existía una tecnología de punta y no se contaba con programas estructurales avanzados ni modelos tectónicos, por lo cual, los organismos internacionales encargados de la mitigación de riesgo utilizaron métodos basados en calificaciones relativas en lugar de una estimación de riesgo real, trayendo como consecuencia un resultado poco confiable y de difícil comprensión. Caso contrario sucede con este método desarrollado por FEMA, el cual utiliza valores de calificación no arbitraria incluyendo los factores de incertidumbre cuando sea posible.

III.2.4.1 Determinación de la puntuación inicial de la estructural

Se basa en una puntuación de peligro estructural básico (BSH en sus siglas en inglés), que es igual al logaritmo (base 10) negativo de la probabilidad de daños graves (D), con daños máximos estimados hasta el 60% por ciento para un determinado valor de amenaza desarrollada por el programa de reducción de riesgos de terremoto nacional (NEHRP siglas en inglés), asociado a una

aceleración en roca pico efectiva (EPA siglas en inglés) que refleja el riesgo sísmico, lo cual se plantea en la siguiente fórmula:

$$\text{BSH} = -\log_{10} [\text{Pr} (\text{D60}\%)]$$

El sesenta por ciento se ha seleccionado como el índice de aceptación de máxima cantidad de daños en una edificación según consideraciones en el ATC-13 (ATC,1985), en primer lugar, debido a que si los daños después de experimentar el terremoto de diseño son mayores al sesenta por ciento del edificio, es preferible su demolición en lugar de repararlo, ya que probablemente la estructura colapse totalmente significando una amenaza para la vida de los habitantes, de igual forma, en segundo lugar, las aseguradoras consideran pérdida total cuando una estructura presenta daños superiores a este valor para una edificación que no han estado sometida a un terremoto de estas magnitudes, se plantea el criterio de evaluarlo mediante este BSH para asegurar que la edificación pueda ser recuperada y evitar dichos daños colaterales, tales como humanos, sociales y económicos.

Los resultados estructurales iniciales de peligro establecidos en FEMA 155, se desarrollaron a partir de la información relacionada con los daños de terremotos utilizando factores de daño (DF) del ATC-13 (ATC,1985), el cual equivale a la proporción de pérdida económicas por rehabilitación de la estructura, definidas a través de las intensidades modificadas de Mercalli (MMI) entre valores comprendidos entre VI y XII, distribuyendo así los valores de bajo y alto entre un 90 % de probabilidad de ocurrencia.

A continuación, se dará una pequeña referencia acerca del valor básico de riesgo estructural, primero hay que comprender que para poder incorporar esta variabilidad de respuesta estructural, debido a un terremoto, existen bastante incertidumbre acerca de los parámetros a evaluar, entre ellos destacan la

variación del comportamiento dinámico del suelo ante la acción de la aceleración en roca, las variaciones estructurales (irregularidades en planta y elevación), detallado estructural y controles en la construcción de una edificación, por lo tanto se trata el factor de daño como una variable aleatoria, es decir, se reconoce que hay incertidumbre en la variable por un movimiento de terreno dado. Dicha incertidumbre según ATC-13 (FEMA 155), fue estudiada y modelada como una función logarítmica, la cual proporcionaba valores aceptables con variaciones muy pequeñas.

Por consiguiente, para una construcción específica y para los niveles de intensidades (MMI) mencionados anteriormente, los parámetros de la distribución de probabilidad de daños se estimaron a partir de la estadística ponderada del factor de daño, que figura en el apéndice G de la ATC-13 (FEMA 155). Dichas ponderaciones fueron establecidas, debido a los aportes de los expertos los cuales asignaron valores de la media baja (ML), mejor estimación media (MB) y media alta (MH), es importante destacar que ML y MH fueron tomados como los límites de confianza del 90 % en la distribución de factores de daño.

La distribución normal fue caracterizada bajo dos parámetros, los cuales son la media (m) y la desviación estándar (s) y fueron calculadas mediante el desarrollo de un programa de procesamiento de datos (FORTAN), diseñado para varias clases de edificaciones y todos los niveles MMI, los cuales se escapan del objetivo de este trabajo y sería parte de otra investigación.

Con la finalidad de extender los resultados de peligro estructural para los edificios construidos y diseñados en todo el área de Estados Unidos, el ATC-21 tomó en cuenta otros dos factores en la determinación de la puntuación inicial de la estructura, el primero, era considerar otras áreas del mapa de sismicidad del 1 al 6, y segundo, incluir los edificios que no tengan un nivel de diseño sismorresistente similar a las edificaciones de California.

Finalmente, ATC-21 encontraron los valores resultantes de BSH como el logaritmo negativo en base 10 (Q), donde Q se define como [Pr (D 60%)] correspondiente con la puntuación inicial de riesgo estructural, tal como se resume en la tabla 3.7. Es importante señalar que el BSH es similar al índice de fiabilidad estructural desarrollado por Hasofer y Lind, 1974, los cuales para valores de zona sísmica entre 0 y 5 son aproximadamente iguales.

Tabla 3.6 Resumen de los valores de BHS calculados por FEMA

Tipo de estructura	Área de sismicidad			Publicación
	Baja (1,2)	Moderada (3,4)	Alta (5,6,7)	
Tipo I: Pórtico de concreto resistente a momentos	4,0	3,0	2,0	FEMA 155 Año 1988
	4,4	3,0	2,5	Año 2002

Las diferencias entre ambas publicaciones se debe, a que en la segunda edición, se basa en la probabilidad del máximo terremoto considerado (MCE), que genere 60% de daño en la estructura, es decir el colapso de la misma, tal como se muestra en la siguiente formula.

$$BSH = -\log_{10} (P \text{ colapso dado el MCE})$$

Este cambio es causado por la experiencia acumulada ante terremotos ocurridos en el periodo transcurrió hasta la última publicación. Sin embargo, los resultados estructurales iniciales de peligros y modificadores de puntuación se pueden cambiar con la participación de ingenieros profesionales familiarizados con el diseño sismo-resistente y prácticas de construcción de la comunidad local.

Los valores BSH representan la probabilidad de que la estructura presente un daño hasta el sesenta por ciento, es decir, un estructura en una zona sísmica baja con un valor inicial BSH de 3, tendrá una probabilidad de daños del 0,001, lo

que es similar a 0.1% de probabilidades de colapso, tal como se describe en el siguiente despeje.

1) $B_{SH} = -\log_{10} [\text{Pr} (D_{60\%})]$

2) $\text{Pr} (D_{60\%}) = 10^{-B_{SH}}$

3) $\text{Pr} (D_{60\%}) = 10^{-3} = 0.001$

Es importante resaltar que debido a la amenaza, se realizarán tres planillas, de baja, moderada y alta sismicidad, debido a que la probabilidad de daño en unos edificios en zonas sísmicas bajas es menor a uno presente en una zona de alta sismicidad. Por esta razón, la puntuación básica de peligros estructurales pueden ser directamente relacionado con la probabilidad de daño físico importante (es decir, daños superiores a 60 por ciento del valor del edificio).

A pesar de que existen líneas de investigaciones en el país similares a estas, como la realizada por FUNVISIS y de la Universidad Central de Venezuela y algunas basadas en las premisas de FEMA 154 y 155, utilizadas en este trabajo, esta investigación se basará en los últimos valores adoptados por ATC-21, puesto que estas investigaciones obtienen un valor de daño real y se han desarrollado de hace más de 20 años, es importante resaltar, que las actualizaciones son el producto de los acontecimientos sísmicos de gran relevancia, por ende tienen un grado de confiabilidad bastante elevado, el cual lleva a adaptarlos para el método desarrollado en Venezuela, y asociarla según las consideraciones de las normas de construcción que rigen al país.

III.2.4.2 Modificadores para aumentar o disminuir el rendimiento sísmico.

El método aplicado por ATC-21 tiene la capacidad de relacionar la puntuación inicial de peligros estructurales a los daños físicos, esto tiene la ventaja de proporcionar un enfoque racional analítico, el cual proporciona una base para cuantificar sanciones estructurales de manera lógica. La puntuación de modificadores y puntuación final, están relacionados matemáticamente a la probabilidad estimada de que un edificio se derrumbe bajo terremoto severos, estos niveles son equivalentes a los utilizados actualmente para el diseño sísmico de edificios nuevos.

Existen muchos factores que pueden interferir con el buen desempeño sísmico de una estructura, haciendo que el rendimiento de un edificio individual difiera de la media, los cuales están relacionados básicamente a desviaciones significativas de las condiciones sismorresistentes de los mismos, entre ellos se encuentra la fecha en que fue construida la edificación, irregularidades de configuración geométrica, los efectos de amplificación del suelo, entre otros. A continuación, se presentan los factores evaluados en el trabajo realizado por FEMA y los utilizados para este trabajo especial de grado.

Tabla 3.7 Modificadores establecidos por la FEMA

Edificios comprendidos entre 4 y 7 pisos
Edificios mayores a 7 pisos
Irregularidad vertical
Irregularidad horizontal
Antes de la normativa
Después de la norma sismorresistente
Suelos tipo C
Suelos tipo D
Suelos tipo E

Tabla 3.8 Parámetros de evaluación utilizados en este trabajo.

PARÁMETROS ESTABLECIDOS SEGÚN NORMA FONDONORMA
1753:2006

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS
Ancho mínimo 25 cm.
Relación ancho/alto mayor a 0.3
Evitar presencia de vigas plana
Luz libre mayor a 4 veces la altura
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS
Cubre por los menos 3/4 partes
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS
Ancho de columna mayor a 30 cm.
Relación ancho/largo mayor a 0.4
Efecto de esbeltez

PARÁMETROS ESTABLECIDOS SEGÚN NORMA 1756:2001

IRREGULARIDADES EN PLANTA
Sistema con pórticos no ortogonales
Diafragma flexible
Gran excentricidad
Riesgo torsional elevado
IRREGULARIDADES EN ELEVACION
Efecto columna corta
Entrepiso blando
Entrepiso Débil
Distribución irregular de masas
Aumento de las masas con la elevación
Variaciones en la geometría
Discontinuidad en los planos resistentes
Esbeltez excesiva

Edificios medianos(comprendido entre 4-7 pisos)
Edificios altos (> 7 pisos)
Antes de la existencia de una normativa
Después de la normativa sismorresistente
Tipo C
Tipo D
Tipo E

Los valores de los modificadores se le asigna valores basados en el criterio por expertos en el área de sismo resistencia y luego se suman algebraicamente, dependiendo de si su efecto fue el de aumentar o disminuir la probabilidad de daño de la puntuación inicial de peligro, los modificadores negativos corresponden a deficiencias en la estructura, la cual aumenta la posibilidad de daños estructural. Por esta razón, es necesario realizar una comparación entre todos los valores de la planilla vigente de FEMA representados en la tabla 3.10 y en la sección B de los anexos se presentan dos planillas del ATC-21 de distintas datas.

Tabla 3.9 Comparación entre los valores modificadores de las tres planillas del ATC-21 2002.

Modificadores	SISMICIDAD		
	Baja	Moderada	Alta
Edificios comprendidos entre 4 y 7 pisos	+0,4	+0,2	+0,4
Edificios mayores a 7 pisos	+1	+0,5	+0,6
Irregularidad vertical	-1,5	-2	-1,5
Irregularidad horizontal	-0,8	-0,5	-0,5
Antes de la normativa	N/A	-1	-1,2
Después de la norma sismorresistente	+0,6	+1,2	+1,4
Suelos tipo C	-0,6	-0,6	-0,4
Suelos tipo D	-1,4	-1	-0,6
Suelos tipo E	-2	-1,6	-1,2

Usando estos valores, se consideraron tres casos hipotéticos de edificios iguales, dentro de las tres zonas de sismicidad establecidas en Venezuela. Se le asignaron los valores iniciales de riesgo adoptados de los estudios de ATC y se le restaron todas las variables de la misma planilla. Obteniendo los valores máximos probables tal como se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.10 Cálculo del menor valor posible de la puntuación final en ATC.

Estructura de concreto armado	Baja sismicidad			Moderada sismicidad			Alta sismicidad		
	BSH	Σ Modificadores	Min valor S	BSH	Σ Modificadores	Min valor S	BSH	Σ Modificadores	Min valor S
	4.4	4.3	0.1	3	-4.8	-1.8	2.5	3	-0.5

Dado que la probabilidad de daño no puede exceder el cien por ciento de la probabilidad de colapso, el mínimo valor de puntuación final debe ser cero, sin embargo, en la categoría moderada y alta sismicidad se obtienen valores negativos en la revisión de FEMA, lo cual no tiene un significado físico. Las posibles explicaciones que se puede relacionar con este problema en la puntuación final, de acuerdo al estudio realizado por Yumei Wang y Kenneth A. Goettel (2007), son que las puntuaciones modificadoras son muy grandes y se combinan linealmente con la puntuación inicial de riesgo (BSH) para llegar a dicho valor. Tomando en cuenta estas recomendaciones se procede a definir los valores modificadores.

Variables Endógenas.

II.2.4.2.a Irregularidades según parámetros geométricos establecidos en la Norma COVENIN 1756:2001.

Irregularidades en elevación.

Con referencia a los estudios realizados por FEMA en la publicación de 1988, se tiene un resumen de la opinión de los expertos, en cuanto a cuáles valores aumentan la vulnerabilidad de la estructura, y en qué porcentaje de los mismos en comparación respecto a las otras irregularidades, tal como se muestra en la tabla 3.12, actualmente, después de las actualizaciones que presento dicho organismo internacional, se globalizo las irregularidades en un único valor, esto se debe, a la dificultad que se presentaba para determinar las irregularidades en un método de encuesta rápida, esta es una de las razones que motivó al desarrollo de este trabajo especial de grado, el cual lleva a una inspección visual en todas o la mayoría de las áreas dentro y fuera de la edificación, con la finalidad de encontrar las irregularidades que debilitan el desempeño sísmico de la estructura, y posiblemente no podrían ser detectadas desde el exterior, apoyado con la consulta de un estudio de suelo y los plano de la edificación.

Tabla 3.11 Comparación de irregularidades en elevación de ambas publicaciones para alta sismicidad.

	Columna corta	Entrepiso blando	Irregularidades verticales
FEMA 1988	-1	-2	-1
FEMA 2002	--	--	-1,5

Otras de las causas que motivaron al desarrollo de esta investigación, es que no se debería sancionar el desempeño global de la edificación, si presenta una irregularidad en tan solo en una pequeña parte de la misma, tal como lo presenta FEMA en su edición más reciente, la cual dispone de un único valor modificador para todas irregularidades verticales, por lo cual, se adoptará este valor para el peor escenario y se repartirá proporcionalmente según el porcentaje de incidencia en tres categorías (bajo, intermedio y alto).

Figura 4.8 Distribución de los modificadores según su grado de incidencia en la estructura.

Nivel de incidencia	% aprox. con respecto a toda la estructura
Poco	<30%
Intermedio	30-60%
Mucho	>60%



Los valores de los modificadores se multiplicarán por su máximo porcentaje en su categoría, eso se realiza con la finalidad de no penalizar al valor inicial BSH de manera proporcionada a la incidencia global y así obtener una puntuación final mas precisa.

Basado en estos argumento, se distribuirá el máximo valor con el que penaliza esta organización de la siguiente forma, a las irregularidades para el entrepiso blando se le otorgara un valor de -1, debido a que este genera cambio de rigidez en el sistema, lo cual puede ocasionar una falla frágil en los elementos verticales y un colapso del bloque superior de la estructura, no permitiendo así que el sistema desarrolle su ductilidad como es debido.

En los estudios realizados por Wang y Goettel (2007), se plantea que las irregularidades verticales tales como cambio de rigidez, pueden comprender valores hasta -4 para diversos tipos de estructuras y zonas de sismicidad, este valor puede ser válido para irregularidades como cambio de rigidez, pero no para irregularidades verticales de menos riesgo, lo cual, pueden permitir bajar esa magnitud de modificador. En consecuencia, se plantea en este trabajo la disposición de las demás irregularidades con valor máximo de -0,7, teniendo en cuenta que es posible que se presenten varias irregularidades simultáneamente, razón por el cual, las mismas tendrán una distribución del valor antes mencionado, de acuerdo al tipo de irregularidad y a su porcentaje estimado de participación en toda la estructura.

Tabla 3.12 Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para alta sismicidad.

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0,30	-0,60	-1,00
Efecto columna corta	-0,09	-0,18	-0,30
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0,10
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0,20
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0,03	-0,06	-0,10
Sumatoria total acotado hasta (-4) =	-0.41	-0.84	-1.7

Por último, se realiza una relación entre los valores de las irregularidades verticales establecidas en FEMA, obteniendo 1,33 resultante de la división entre el modificador de alta sismicidad y de moderada sismicidad para dicha irregularidad (ver tabla 3.10), y se aplicará para variar los modificadores proporcionalmente a los valores obtenidos por dicha organización, tal como los muestran los resultados en las tablas 3.13 y 3.14.

$$\text{Factor multiplicador} = \frac{2}{1.5} = 1,33$$

Es importante resaltar, en primer lugar, que este factor solo afecta a la planilla de moderada sismicidad debido a que es la única que presenta una variación, y en segundo lugar, se aumento el modificador en -0,2 y -0,26 para elevada moderada sismicidad, esto es posible, debido a los criterios ya mencionados y penalizando más la estructura se está siendo conservador en dado caso que se presenten la peor combinación de irregularidades.

Tabla 3.13 Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para moderada sismicidad.

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0,40	-0,80	-1,33
Efecto columna corta	-0,12	-0,24	-0,40
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0,13
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0,27
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0,04	-0,08	-0,13
Sumatoria total acotado hasta (-4) = -0,56 -1,12 -2.26			

Tabla 3.14 Valores de los modificadores para irregularidades en elevación para baja sismicidad.

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0,30	-0,60	-1,00
Efecto columna corta	-0,09	-0,18	-0,30
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0,10
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0,20
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0,03	-0,06	-0,10
Sumatoria total acotado hasta (-4) = -0,41 -0,84 -1,7			

Irregularidades en planta.

Para el caso de las irregularidades en planta, se plantea de una manera similar con respecto a la de elevación, donde el factor de mayor valor es asignado a los efectos de torsión y en menor magnitud a las demás irregularidades, según lo establecido en los criterios de la publicación de FEMA en 1988. Este mismo planteamiento es el que se utiliza en el diseños sismorresistente, en el cual, se establece una distribución favorable para garantizar que sus primeros modos de vibración sean traslacionales y su masa participativa sean superior al 85% de la masa total. Sin embargo, en la nueva edición, se actualizaron estos valores en una forma global, tal como lo muestra en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Comparación de irregularidades en planta en ambas publicaciones

	Torsión	Irregularidades en planta
FEMA 1988	-1	-0,5
FEMA 2002	--	-0,5

En la Planilla de análisis de vulnerabilidad estructural (PAVETI) desarrollada en este trabajo, se tomará un valor de -0,5 conforme a las investigaciones de la tabla anterior, el cual se distribuirá de la siguiente manera, según los parámetros geométricos que mayor afecten a la estructura.

Para el modificador que afecte a la edificación, bien sea, porque posea diafragma flexible, el cual no garantiza la redistribución de las fuerzas en la estructura, o que presente riesgo torsional elevado y salientes flexibles, se le asignará un valor de 0,3 tal como lo muestra la tabla 3.16, lo cual, está respaldado de manera teórica con la hipótesis planteada anteriormente.

Para la irregularidad restante (sistema con pórticos no ortogonales y gran excentricidad), se establece un valor de -0,1 respectivamente, en el caso que se presente el más grave de las mismas, estas puntuaciones serán distribuidas a igual forma que en toda la planilla, con el nivel de incidencia que tenga la irregularidad con respecto a toda el área. (Ver figura 4.1)

Tabla 3.16. Valores de los modificadores para irregularidades en planta para alta sismicidad.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0,03	-0,06	-0,10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0,30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0,10
Sumatoria total	-0,03	-0,06	-0,50

Finalmente, se realizó una distribución entre los modificadores de las irregularidades en planta establecidas por FEMA (ver tabla 3.10), obteniendo un factor multiplicador para la planilla de baja sismicidad igual a 1,6, resultante de la división de los valores 0,8 (alta sismicidad) entre 0,5 (baja sismicidad), el cual afectará proporcionalmente los valores obtenidos en los modificadores para irregulares horizontales en zonas de alta sismicidad, tal como los muestran los resultados en las tablas 3.17 y 3.18.

Tabla 3.17. Valores de los modificadores para irregularidades en planta para moderada sismicidad.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0,03	-0,06	-0,10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0,30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0,10
Sumatoria total	-0,03	-0,06	-0,50

Tabla 3.18. Valores de los modificadores para irregularidades en planta para baja sismicidad.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0,05	-0,10	-0,16
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0,48
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0,16
Sumatoria total	-0,05	-0,10	-0,80

II.2.4.2.b Irregularidades según parámetros geométricos establecidos en la norma FONDONORMA 1753:2006.

En el capítulo 18 de la Norma Venezolana 1753-2006, se establecen requisitos mínimos sismorresistente para una estructura de concreto armado, y solo se aplicará para estructuras con niveles de diseño ND2 y ND3 (Ver tabla 3.5).

Las estructuras que no cumplan con este capítulo, incluyendo solamente criterios geométricos de fácil revisión, serán penalizadas con un máximo valor de -0,3, debido a que esta condición genera vulnerabilidad a la estructura ante cargas dinámicas y se distribuyen entre los requisitos para vigas, nodos y columnas, tal como se muestra en la tabla 3.19.

Tabla 3.19. Valores de los modificadores para las estructuras que no cumplen con los requisitos mínimos de la norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0,03	-0,06	-0,10
Relación ancho/alto mayor a 0,3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0,03	-0,06	-0,10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0,03	-0,06	-0,10
Relación ancho/largo mayor a 0,4			
Efecto de esbeltez en la columna			

VARIABLES EXÓGENAS.

III.2.4.2.c Modificadores para las fechas donde se incorporan nuevas consideraciones al código sismorresistente.

Uno de los aspectos importantes que se debe tomar en cuenta en el proceso de planificación, es la determinación del año en que los códigos sísmicos fueron modificados para realizar mejoras, estas fechas se toman como referenciales para modificar la puntuación de riesgo de la estructura en estudio. Dichos valores solo tomarán en cuenta la fecha de construcción de la edificación y variarán el puntaje inicial de riesgo, dependiendo de si el proyecto fue llevado a cabo antes de la existencia de las normativas sismorresistente o después de las mejoras incluidas en el código.

Para el caso particular de esta investigación, el año 1967 marcará el inicio de la aplicación de los códigos, llamado Norma Provisional para construcciones Antisísmicas como productos del terremoto de Caracas en 1967, y el año 1982 será utilizado como la fecha en que se incorporan modificaciones al código, en el cual se realizó un cambio en la norma 1756 y 1753. Estas consideraciones constructivas sismorresistentes, son basadas en las regulaciones y normativas Americanas (código ACI-318 y UBC 1976) como experiencia del terremoto de San Fernando 1971. Por esta razón, se tomarán los mismos valores adoptados por FEMA (2002) como los modificadores. Destacando que las edificaciones construidas entre los años 1968 y 1981 no sufrirán variaciones en su puntaje, ya que el resto de los modificadores han sido calculados para este periodo.

Tabla 3.20. Valores de los modificadores según el año de construcción para elevada sismicidad.

AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1,2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1,4

Tabla 3.21. Valores de los modificadores según el año de construcción para moderada sismicidad.

AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1,2

En Venezuela se estableció la normativa para aplicarla a todo el territorio, en diferencia a Estados Unidos que adoptó modificaciones en diversas fechas según el organismo competente a cada región y cada evento, articulándose con lo sucedido en los terremotos en Loma Prieta 1989 y Norridge 1994 en California, Estados Unidos. De esta manera, se aplicarán las fechas donde se adoptaron los códigos antes mencionados, en un único modificador el cual aplica en todo el territorio nacional. En el anexo G se presenta una tabla con los años de referencia de reforma de las normativas en E.E.U.U.

Por otra parte, para las regiones con baja sismicidad los puntajes básicos de riesgo se aplicarán sólo para las edificaciones construidas después de la aprobación del código sismorresistente, tal como lo señala la tabla 3.21, esto es debido a que su exigencia ante fuerzas sísmicas son bajas, y se puede considerar que antes de esta fecha se realizaban diseños similares.

Tabla 3.22. Valores de los modificadores según el año de construcción para baja sismicidad.

AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	N/A
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+0,6

III.2.4.2.d Altura de la edificación.

La altura de la edificación tiene gran influencia en el desempeño sísmico, este factor fue considerado en el estudio realizado por FEMA en 1988, donde se incluyó que las edificaciones con más de 7 pisos de altura eran penalizadas según la opinión de los expertos, posteriormente, se hicieron unos ajustes con respecto a ese valor según el desempeño de las mismas ante eventos reales, los cuales dieron una vuelta a los valores asumidos en primera instancia, como se muestra en la tabla 3.22

Tabla 3.23 Comparación de los valores modificadores para la altura del edificio establecidos por FEMA en sus dos ediciones.

	Mid Rise (entre 4-7 pisos)			High Rise (>7 pisos)		
	Baja	Moderada	Alta	Baja	Moderada	Alta
FEMA 1988	--	--	--	-0,5	-0,5	-1
FEMA 2002	0,4	0,2	0,4	1	0,5	0,6

Para entender un poco más la justificación de este cambio de consideración realizado por FEMA: 2002b, es necesario revisar el concepto de ductilidad (D) establecido en la Norma Antisísmica venezolana (1756:1982), en el cual, se establecía ductilidad en la estructura para periodo mayores de 0,15 segundos, posteriormente, mediante los avances que se realizaron en este contexto, la ductilidad se otorgó a periodos mayores, tal como lo muestra la tabla 3.17, en valores comprendidos entre 0,4 y 1,3 segundos, dependiendo del tipo de suelo debido al efecto de amplificación de las onda.

Tabla 3.24. Valores de T* según la forma espectral. (COVENIN 1756-2001)

Forma espectral	T* (seg)	β	ρ
S1	0,4	2,4	1,0
S2	0,7	2,6	1,0
S3	1,0	2,8	1,0
S4	1,3	3,0	0,8

Por esta razón, se puede concluir que un edificio alto posee periodos mayores, lo cual causan que se genere ductilidad en el sistema entrando de esta forma en la rama descendente del espectro de diseño, y por lo tanto, disminuyendo las fuerzas sísmicas causando un beneficio a la estructura. Para efectos de este trabajo de grado, se decidió asumir los valores modificadores utilizados en la FEMA (2002), en vista de la similitud de las consideraciones con respecto de la Normativa de Venezuela.

Por último, otro punto que destaca de la tabla 3.22 es la no linealidad de los valores modificadores en cuanto al nivel de sismicidad, esto se debe a que los mismos, fueron multiplicados por un factor de ponderación, ya que, los edificios en regiones de baja amenaza sísmica presentan valores iniciales de riesgo muy elevados con respecto a este modificador.

III.2.4.2.e Regiones de sismicidad

La revisión de los documentos técnicos y los datos matemáticos incluidos en el proyecto FEMA 155, concluye que la utilización de las regiones de sismicidad en lugar de datos de riesgo sísmico específicos, reduce sustancialmente la exactitud de los resultados. Por esta razón, en esta investigación, se revisará el estudio de suelo con la finalidad de tener una precisión mayor con la selección del mismo.

En la tabla 3.23, se realiza una comparación con las velocidades de propagación de onda de corte en los suelos con su respectiva tipología establecida en los Estados Unidos y la normativa de construcción vigente en Venezuela, con la finalidad de encontrar similitudes entre los mismos, para poder adoptar valores de modificadores que corresponden a este caso de estudio, esto motivado, a que ambas normativas presentan una aceleración de diseño en roca

similar, sin embargo, su clasificación de los materiales según la velocidad de propagación de onda de corte es diferente.

Tabla 3.25 Comparación de las definiciones de tipo de suelos.

Material	Rep. Bolivariana de Venezuela				Estados Unidos	
	Vsp (m/s)	H (m)	Zona 1-4	Zona 5-7	Vsp (m/s)	Suelo
Roca sana/fracturada	>500	-	S1	S1	Entre 370-760	Tipo C
Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	S1	S1		
		30-50	S2	S2		
		>50	S3	S2		
Suelos duros o densos	250-400	<15	S1	S1	Entre 180-370	Tipo D
		15-50	S2	S2		
		>50	S3	S2		
Suelos firmes/ medio densos	170-250	≤50	S3	S2		
		>50	S3 (a)	S3		
Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	S3	S2	<180	Tipo E
		>15	S3 (a)	S3		
Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos mas rígidos	---	H1	S2 (c)	S2	Suelos Vulnerables N/A	Tipo F

Una vez analizado los valores, se puede establecer una relación entre las velocidades de propagación de onda de corte, logrando agrupar en cuatro bloques los seis tipos de suelo establecidos en la norma de construcción de Venezuela. Por esta razón, es posible adoptar los valores de modificadores, debido a que los mismos están calculados con base a una probabilidad de excedencia del 2 % en cincuenta años, y en el país la norma COVENIN 1756 en el Capítulo C-4, considera las aceleraciones con una probabilidad de excedencia de 10 % para una vida útil de 50 años, datos que revelan mayor precisión y rigurosidad en los valores obtenidos en estas organizaciones extranjeras, los cuales proporcionan

menos rango de tolerancia en función de su aceleración en roca y se considera favorable.

III.2.4.3 Puntuación final y selección del valor de puntuación de rechazo.

La puntuación final, es una estimación de la probabilidad (o posibilidad) de que el edificio colapse si se producen movimientos de tierra que igualan o superan el terremoto máximo considerado (EMC), estas estimaciones de la puntuación final se basan en datos limitados derivados de observaciones y análisis de los resultados obtenidos después de un sismo, por lo tanto son valores aproximados. El resultado final estructural está directamente relacionado con la probabilidad de daño, se plantea como un punto de corte para dividir los edificios en dos categorías, en el cual, el edificio tiene un desempeño sísmico aceptable o por el contrario puede ser sísmicamente peligroso y debe ser estudiado más a fondo. La fórmula para determinar el valor final es la suma algebraica de todos los valores, disminuyendo o aumentando el valor inicial otorgado y por consiguiente la probabilidad de colapso de la estructura.

$$\text{Valor final (del BSH)} = \text{BSH (inicial)} \pm \sum \text{Modificadores}$$

Un tema crítico en la aplicación ha sido la interpretación de la puntuación final estructural, y la selección de un puntuación de corte, sin embargo, tal como lo establece FEMA (2002), en la selección del punto del mismo debe participar consideraciones de los costos y beneficios de la seguridad sísmica, y decidir el más apropiado para cada situación.

El beneficio más evidente es el ahorro de vidas y la prevención de lesiones debido a la reducción de daños en los edificios que se rehabiliten, la cual incluye no sólo un menor daño material, sino también menos interrupciones importantes en la vida diaria. Por lo tanto, la identificación de los edificios peligrosos y la

mitigación de sus riesgos son muy importantes, para evitar sufrir daños graves o un posible colapso en caso de movimientos de diseño, los cuales en un terremoto de gran magnitud el número de muertes podría ascender a miles de personas.

Desde la publicación original del procedimiento FEMA 154 en 1988, este método ha sido ampliamente utilizado por las comunidades locales y agencias gubernamentales para evaluar a más de 70.000 edificios en Estados Unidos (ATC, 2002). En el cual, se utilizó un valor de 2,5 como punto de corte para cualquier tipo de edificación (mampostería reforzada, concreto armado, acero estructural y otros), obteniendo según una conferencia realizada en el año 2000, un cantidad estimada de 11.500 edificios que necesitaban una revisión más detallada, esta cifra elevada causo que se evaluara nuevamente la situación costo-beneficio, lo cual conlleva a la nueva publicación en donde se establece un punto de corte igual a 2.

Cada comunidad tiene que participar en alguna cuenta de estos costos y beneficios de la seguridad sísmica, y decidir cuál es el valor final de BSH o el "Score" para su situación. La decisión final implica muchos factores no técnicos, y no es sencillo. Tal vez la mejor similitud en cuanto a cuantificación de los riesgos inherentes a los códigos de construcción moderna, fue el estudio realizado por la Oficina Nacional de Normas (NBS, 1980), que observó, que existía una relación entre los valores finales "Score" y los valores de diseño, un valor de 3 es adecuado para las cargas estáticas y un valor de 2 se suele utilizar para cargas inesperadas como la acciones sísmicas o de viento.

Basado en esta última recomendación, para este trabajo de grado se va a elegir un valor de 2 (ver tabla 3.24), así se estará garantizando un 1 % de probabilidades que la estructura sea dañada hasta máximo un sesenta por ciento, ante la ocurrencia de la aceleración en roca máxima efectiva, es decir el mayor valor de aceleración calculada en el espectro de diseño.

Tabla 3.26 Interpretación de los valores de probabilidad de daños.

Valores finales	Probabilidad	P (%) > 60% de daños
3	0.001	0,1
2,5	0.003	0,3
Punto de corte=2	0.010	1,0
1,8	0.016	1,6
1,6	0.025	2,5
1,4	0.040	4,0
1,2	0.063	6,3
1	0.100	10,0
0,8	0.158	15,8
0,6	0.251	25,1
0,4	0.398	39,8
0,2	0.631	63,1

La comprensión y apreciación de la esencia física del sistema de puntuación, como se describió anteriormente, facilitará la interpretación de los resultados de la aplicación del procedimiento. En la tabla 3.24, se puede observar físicamente la probabilidad de que ocurran daños mayores al 60%, lo cual, según criterio propio se puede establecer límites de aceptación y rechazo. Para este trabajo se propone un límite de 0,6 en el valor final del BSH como límite para el rechazo, esto se debe, a que una estructura que tenga una probabilidad de 25% de dañarse más del 60 %, está en un estado crítico, y su reparación puede salir más costosa que la construcción del mismo.

Para concluir, estructuras que posean una puntuación menor al mínimo valor de rechazo establecido, se debe hacer un estudio de análisis de costo en primer lugar, debido a que un estudio con programas avanzados para determinar las debilidades solo corroborará las grandes vulnerabilidades que están presentes en la estructura.

III.2.5 ETAPA V

El formato elaborado lleva el nombre de “Planilla para el Análisis de la Vulnerabilidad de Edificaciones Aporticadas Tipo I (PAVETI)”

Para el vaciado de información en la planilla es necesario disponer de una documentación mínima correspondiente a la edificación que será objeto de la evaluación de vulnerabilidad, como lo son: planos de planta y de elevación, un estudio de suelo y data del proyecto y construcción e información de la existencia de alguna incorporación de refuerzos. Con ello se completará la información correspondiente al estudio previo a la visita al lugar donde se encuentra la edificación.

En el estudio pre-campo se llenará la siguiente información:

- Datos de la edificación (Nombre y dirección)
- Fecha de la evaluación y el nombre de la persona que realizó la inspección.

Paso 1

Clasificación de la edificación.

- Estimación del número de ocupantes
- Clasificación de la edificación en un grupo según lo establecido en el capítulo 6 de la norma COVENIN 1756-2001 (este paso es aplicable solo en caso de dar una priorización para mitigación de riesgo)

Paso 2

- Ubicación geográfica de la edificación: en esta sección se coloca una foto satelital obtenida mediante la utilización de la herramienta Google Earth, donde se evidenciará también información aproximada de las coordenadas geográficas de la edificación.

Paso 3

- Recolección de datos de la edificación: se coloca información referente a:
 - o Altura del edificio
 - o Data del proyecto
 - o Número de pisos
 - o Año de construcción
 - o Año en que la estructura fue reforzada (si aplica).

Paso 4

- Zonificación Sísmica: en esta sección se coloca la información referente al estado y municipio para posteriormente designar la zonificación sísmica correspondiente en el material de apoyo que se encuentra en información anexa a las planillas procedentes del capítulo 4 de la norma COVENIN1756-2001, para poder determinar con cual planilla se procederá a realizar la evaluación de vulnerabilidad (baja, moderada y alta).

Paso 5

- Selección del Terreno: Para este paso es necesario apoyarse en la información anexa en la hoja y en la información suministrada de la edificación. Se necesita saber el número de golpes (N) proporcionado por el estudio de suelos, para verificar una correlación correcta entre la velocidad de onda y el tipo de material según la norma COVENIN 1756. con la velocidad de onda y la zona sísmica encontrada en el paso 4, se selecciona el tipo de material correspondiente y se encierra en un círculo la forma espectral correspondiente la cual proporciona una idea de la amplificación de onda asociado al valor de β .

Paso 6

- Esquema del piso con mayor abertura y plano de planta de la edificación: en esta etapa se incorpora a la planilla un plano de planta basado en la documentación de la edificación y se realiza un bosquejo de la planta con mayor abertura donde se identifique el área.

Paso 7

- Inspección de irregularidades en planta: en esta sección se rellenará el recuadro correspondiente a las irregularidades observadas en las plantas de la edificación y se relacionará con las irregularidades ilustradas en la planilla, especificadas en la etapa 3 de la metodología. Existen 3 recuadros identificados con las letras P, I y M, las cuales se refieren a la reincidencia de la irregularidad Poca, Intermedia o Mucha.

Paso 8

- Fotografía y plano vertical de la edificación: en esta etapa se incorpora a la planilla la fotografía tomada en el momento de reconocimiento del lugar a evaluar y, basado en la documentación de la edificación, se coloca un plano de elevación de la estructura.

Paso 9

- Inspección de irregularidades en elevación: en esta sección se rellenará el recuadro correspondiente a las irregularidades verticales observadas en cada piso de la edificación y se relacionará con las ilustraciones presentes en la planilla, especificadas en la etapa 3 de la metodología. Existen 3 recuadros identificados con las letras P, I y M, las cuales se refieren a la reincidencia de la irregularidad: Poca, Intermedia o Mucha.

Paso 10

- Revisar el no cumplimiento de los parámetros mínimos sismorresistente: en esta sección se rellenará el recuadro correspondiente al no

cumplimiento de los requisitos mínimos sismorresistente en cada piso de la edificación y se relacionará con las ilustraciones presentes en la planilla, especificadas en la etapa 3 de la metodología. Existen 3 recuadros identificados con las letras P, I y M, las cuales se refieren a la reincidencia de la irregularidad: Poca, Intermedia o Mucha.

Paso 11

- Aplicación de modificadores: En esta etapa se asignan puntajes modificadores de acuerdo a los datos recolectados en los pasos previos, de acuerdo al grado de incidencia que estos tengan en la vulnerabilidad de la edificación.

Paso 12

- Obtención del valor de puntuación final (P), comparación de resultados y diagnóstico. para obtener el valor de la puntuación final (P) es necesario sumar de forma algebraica los valores modificadores y luego sumar el valor obtenido al valor base inicial correspondiente a cada nivel de riesgo. El valor de la puntuación final (P) se comparará con un puntaje de aceptación, dependiendo de la desviación que ambos valores tengan, se dará un diagnóstico, en el cual, se considerará la edificación como segura o se propondrá una evaluación más exhaustiva, para realizar una comparación de costos entre un reforzamiento o la demolición total de la estructura.

III.2.6 ETAPA VI

Hay varios pasos involucrados en la planificación y la realización de una PAVETI en edificios con riesgos sísmicos. Como primer paso, si se trata de un proyecto público o comunitario, el órgano de gobierno local y los funcionarios locales de la construcción debe aprobar oficialmente el procedimiento general. En segundo lugar, el público o los miembros de la comunidad deben ser informados

sobre el propósito del proceso de selección y la forma en que se llevará a cabo la inspección.

La secuencia de implementación incluye:

- Presupuesto para el desarrollar la inspección, que incluya la estimación de costos con respecto al reconocimiento de la zona y posterior procesamiento de los datos recolectados, así como el material a emplear y honorarios profesionales.

- Planificación pre-campo, que incluye la selección de la zona objeto de la encuesta, la identificación de los tipos de edificios que ameritan una inspección, así como la solicitud de los documentos para realizar los análisis previos a la visita de campo y tomar fotografía de la edificación.

- Selección y revisión del formulario de la recopilación de datos.

- Selección y formación de personal de inspección.

- Procesamiento de los datos de pre-campo que incluye la revisión de los documentos proporcionados correspondientes a la edificación a evaluar, así como la ubicación geográfica, determinación del tipo de suelo, inclusión de fotografía y planos de planta y elevación en la PAVETI para llevarlas al estudio de campo.

- Inspección de campo de la edificación seleccionada, consistirá en:
 - Verificación y actualización de información suministrada.
 - Caminar alrededor del edificio y esbozar una vista en planta y elevación sobre la planilla

- Verificar si la información con respecto al uso de la edificación y la cantidad de personas corresponde a la información suministrada.
 - Identificar la irregularidades y factores que influyan en el aumento de la vulnerabilidad de la edificación, llenado la información correspondiente en la PAVETI
 - Identificar y encerrar en un círculo el puntaje modificador atribuido al desempeño sísmico (por ejemplo, número de pisos, la fecha de diseño y tipo de suelo) en el formulario de recolección de datos.
 - Determinación del puntaje final, S (mediante el ajuste del valor inicial de riesgo estructural con el puntaje modificador identificado en el paso anterior), y decidir si se requiere una evaluación detallada.
-
- Presentar un informe final con el análisis de los datos obtenidos de la edificación evaluada.

La como lo muestra la figura ilustra la secuencia de los pasos a seguir para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de una edificación mediante el empleo de PAVETI.

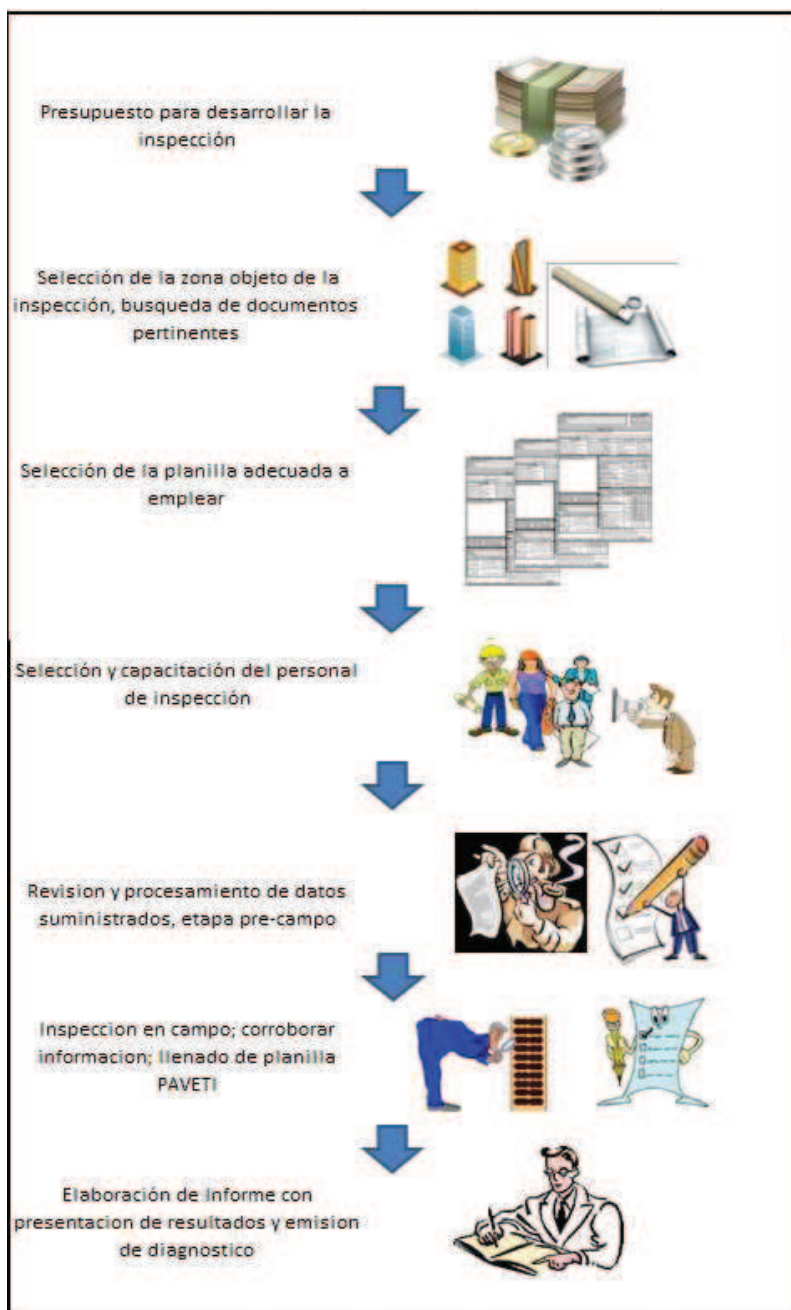


Figura 3.28 Secuencia para realizar una inspección con la PAVETI
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

En el presente capitulo se presentan los resultados obtenidos luego de haber desarrollado los objetivos planteados en el capítulo I, los cuales han dado como resultado la creación de una planilla para el análisis de vulnerabilidad de edificaciones aporricadas tipo I, la cual se ha denominado PAVETI, siendo esta herramienta la aplicada a 2 edificaciones para determinar su riesgo ante la ocurrencia de un sismo, las planillas aplicadas a las edificaciones se presentan en la sección C de anexos. Se procedió de la siguiente manera:

IV.1 Recolección de datos de las edificaciones a evaluar

En la fase de recolección de datos se realizaron visitas previas a la inspección de campo, donde fueron otorgados los permisos para ingresar a las edificaciones, así como planos y estudios de suelo. El mismo día se verificó la ubicación exacta de cada edificación para poder realizar su ubicación geográfica en el proceso pre-campo y se tomaron fotografías de exteriores. La información fuera de la necesaria para incluir en las planillas será presentada en la sección de anexos.

IV.1.1 Edificación 1

Nombre de la Edificación: Edificio AMOCA (Sede CANTV - MOVILNET)

Dirección: calle Nueva York con calle Londres. Urbanización Las Mercedes. Municipio Baruta. Estado Miranda.

El sistema en estudio, inicialmente fue concebido por un proyecto estructural y estudio de suelos, que se obtuvo de la ingeniería Municipal del Municipio Baruta de fecha 19 de julio de 1988, proyectado por el ingeniero José Amato CIV 22.375, el estudio del suelos realizado por “INGENIERIA S.R.L” de fecha mayo 1988, y construido por Constructora AMOCA c.a. Edificación que conforma actualmente la sede de MOVILNET, con la inspección realizada se nota que el proyecto fue modificado para su construcción, situación compleja para poder definir los criterios a seguir para el desarrollo de la evaluación de la estructura construida, sin embargo, la desviación entre el proyecto original y el construido lo constituye el número de niveles de la misma, el tamaño y configuración estructural de los elementos del pórtico (vigas y columnas), es decir, en el proyecto original tal como se definen en los planos de Ingeniería Municipal y estudio de Suelos, el ultimo nivel significativo era el nivel 20,30m. techo) y en lo construido aparecen dos niveles adicionales, de los cuales el más significativo es el nivel 24,15 m. que sirve de techo al penthouse 1 (PH1) para constituirse finalmente por siete niveles en lugar de cinco como era lo original.

Paso 1

Estimación de ocupantes: 300 personas aproximadamente en horario diurno

Clasificación de la edificación: A

Justificación: Se trata de una edificación encargada del procesamiento de datos y de telecomunicaciones, con equipos de gran importancia.

Paso 2

Ubicación Geográfica de la Edificación



Figura 4.1 Ubicación Geográfica Edificación Amoca CANTV
Fuente: Google Earth (octubre 2011)

Coordenadas geográficas:

Latitud: 10°28'52.42"N

Longitud: 66°51'34.95"O

Paso 3

Altura del edificio: 24,15 m

Data del proyecto: 1988

Número de pisos: 6 (7 niveles)

Año de construcción: 1988

Año en que la estructura fue reforzada: No Aplica

Paso 4

Zonificación Sísmica: zona 5 (de acuerdo en lo establecido en la norma 1756-01 en el capítulo 4 según corresponde al Estado Miranda y al municipio Baruta)

De acuerdo a la tabla anexa en la planilla, la zona 5 corresponde peligrosidad sísmica Elevada.

Paso 5

Selección del Terreno:

En el estudio de suelos proporcionado, se evidencian 2 perforaciones obteniendo como resultado el números de golpes $N(60) = 60$ para la perforación 1 y $N(60)=55$ para la perforación 2. Ver anexo E

Con $N(60)=60$ y $N(60)=55$ y utilizando el cuadro de apoyo del paso 5 se obtiene:

$V_s > 400$ (velocidad de onda)

Ingresando al siguiente cuadro del paso 5, con el valor V_s obtenido, sabiendo por el estudio de suelo que las perforaciones se hicieron hasta los 20 metros y tomando en cuenta que la zona de sísmica es 5 se obtiene:

Forma Espectral= S1

Tipo de Suelo= C (Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos)

Paso 6

Plano de planta de la edificación, en la sección de anexos D se reflejan otros planos de Amoca

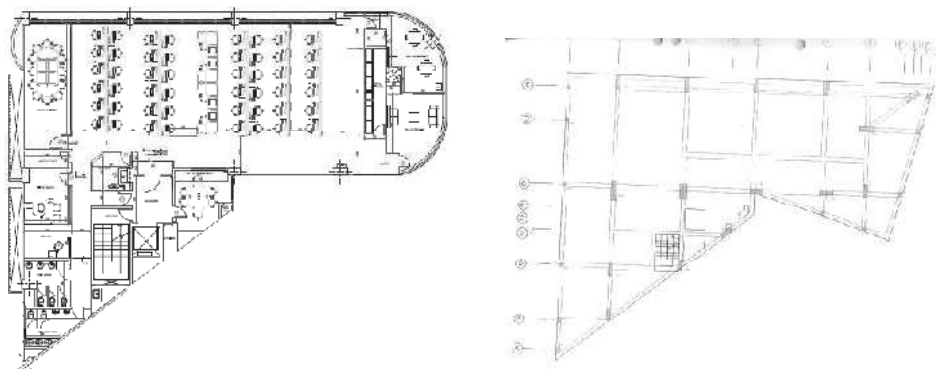


Figura 4.2 planos de planta

Fuente: Proyecto de reestructuración de CANTV-Movilnet (2010)

Paso 7

Inspección de irregularidades en planta

- 7.1 Presencia de pórticos no ortogonales → M

Según se evidencia en la planta la presencia de pórticos ortogonales supera el 60%

- 7.2; 7.3 y 7.4 Gran excentricidad; Diafragma Flexible; y Riesgo torsional elevado y salientes flexibles

Para esta sección ninguna de las condiciones aplica, puesto que no presenta aberturas ni salientes flexibles

Paso 8

Fotografía y plano vertical de la edificación

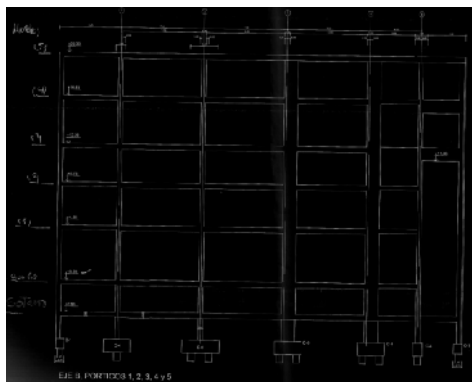


Figura 4.3 Plano de Elevación

Fuente: Proyecto de reestructuración de CANTV-Movilnet (2010)

Paso 9

Inspección de Irregularidades en elevación

- Analizando la estructura se evidencia que existen ventanas que no poseen el debido retiro a las columnas, por consiguiente, se plantea la incertidumbre de la generación de columna corta. El motivo de la duda se presenta porque el efecto se producirá, si la pared por debajo de la ventana posee la resistencia suficiente para considerarse mampostería y no, simple tabiquería que no aporte resistencia. Es necesario para asegurar la existencia de una mampostería que aporte resistencia lateral a la columna, el ensayo del miembro, pero el alcance de este trabajo especial de grado se limita a la inspección visual.
- La presencia del fenómeno de columna corta en la edificación se evidencia en un porcentaje menor del 30% de la edificación, por lo que su incidencia se considera poca.

Paso 10

10.1 Requisito mínimo para vigas

Se evidenció tanto en los planos como en campo que todas las vigas cumplían con la dimensión mínima de 25cm y la relación ancho-alto de las mismas era superior a 0,4

- No se evidenció ninguna viga plana
- La luz mínima existente cumplía con ser mayor a 4 veces la altura de la viga poseía.

10.2 Nodos confinados

Según lo observado en campo y en los planos, se puede decir que si existían nodos no confinados por haber zonas donde se invidencia desproporcionalidad entre las vigas y la columna, pero su incidencia en toda la estructura era poca

10.3 Requisitos mínimos para columnas

- Todas las dimensiones de las columnas son mayores a 30 cm
- Existen columnas que no cumplen con la relación de longitud menor/longitud mayor $> 0,4$, caso de ello son columnas con dimensiones de:

1.50x0.40 m. cuya relación es de 0,26

1.20x0.40 m cuya relación es de 0,33

1.60X0.50 m cuya relación es de 0,31

2.00x0.50 m cuya relación es de 0,25

1.50x0.50 m cuya relación es de 0,33

La presencia de estas columnas en la edificación eran superior al 30% pero inferior al 60% por lo que el grado de incidencia era intermedio.

Paso 11

Aplicación de modificadores: (correspondientes a un Alto grado de sismicidad)

Tabla 4.1 Modificadores de la PAVETI para alta sismicidad Edf. 1

Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2,5		
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN			
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0,4		
Edificios altos (> 7 pisos)	+0,6		
AÑO DE CONSTRUCCION			
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1,2		
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1,4		
TIPO DE MATERIAL			
Suelo Tipo C	-0,4		
Suelo Tipo D	-0,6		
Suelo Tipo E	-1,2		
Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.	Grado de incidencia		
IRREGULARIDADES EN PLANTA	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0,03	-0,06	-0,10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0,30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0,10
IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0,30	-0,60	-1,00
Efecto columna corta	-0,09	-0,18	-0,30
Entrepiso Débil	N/A	N/A	-0,10
Distribución irregular de masas			
Aumento de las masas con la elevación	N/A	N/A	-0,20
Variaciones en la geometría del sistema estructural			
Esbeltez excesiva	N/A	N/A	-0,20
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0,03	-0,06	-0,10

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.			
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana	-0,03	-0,06	-0,10
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0,03	-0,06	-0,10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.			
Relación ancho/largo mayor a 0.4	-0,03	-0,06	-0,10
Efecto de esbeltez en la columna			

Paso 12

Obtención de la puntuación final (P):

Suma algebraica de todos los modificadores:

$$0,4+1,4-0,4-0,10-0,09-0,03-0,06= \mathbf{1,12}$$

Valor inicial de riesgo = **2,5**

Valor de Puntuación Final (P) = $1,12 + 2,5 = \mathbf{3,62}$

Comparación de resultados y diagnostico:

Valor de Corte= **2**

Comparación de valor (P) con Valor de corte

El valor obtenido supera el valor de corte, por lo que se puede decir que la estructura es segura y no necesita un reforzamiento para disminuir su vulnerabilidad ante un evento sísmico.

Si la edificación hubiese tenido un valor muy cercano al valor de corte correspondiente a la zona de sismicidad alta, el cual es 2, se hubiese sugerido una revisión de las paredes, realizando ensayos de resistencia para determinar si las mismas pudieran producir el efecto de columna corta, la cual generó dudas al momento de la inspección, antes de realizar una revisión más detallada en la cual

Por otra parte aplicando los modificadores propuestos por ATC-21 de fecha 2002 se obtiene:

Tabla 4.2 Modificadores de la planilla ATC-21 para alta sismicidad Edf.1

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	2.6	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

Suma de modificadores = $0.4 - 0.5 + 1.4 - 0.4 + 2.5 = 3.4$

Comparando el valor obtenido por PAVETI y los resultados arrojados por la planilla del ATC-21 se evidencia cierta similitud, ya que en ambos caso se puede diagnosticar que la estructura es segura y no necesita una rehabilitación. Por otra parte existió una posibilidad de haber reducido 1,5 a la puntuación generada por el ATC-21, pero no se creyó conveniente, ya que la irregularidad vertical incluiría a varios factores que en la estructura no presentaban debilidad en este sentido, y sancionarlos a todos, significaría no obtener un resultado veraz.

Es importante que se generen estas incongruencias, ya que por esos en esos aspectos en diferencia nació la necesidad de realizar este trabajo de grado con apoyo de los antecedentes mencionados en los capítulos anteriores.

IV.1.2 Edificación 2

La segunda edificación a evaluar se trata de la sede de una entidad bancaria, por lo que los datos correspondientes a su nombre y ubicación serán reservados por motivos de seguridad.

Nombre de la Edificación: Entidad Bancaria

Dirección: -----

El edificio en estudio, ha experimentado cambios significativos tanto en su uso como en su intervención estructural, situación esta que se puede observar en los niveles 9,15 al 13,25 m, en donde se nota el refuerzo estructural a un sistema de columnas y las aberturas de losas en el nivel 13,25, esta rehabilitación fue ejecutada por GELCA Ingenieros consultores, en el año 2002 con el propósito de bajar la vulnerabilidad del sistema existente y permitir el programa funcional de arquitectura de la empresa. La data de construcción del proyecto original es del año 1945.

Paso 1

Estimación de ocupantes: 400 personas aproximadamente en horario diurno

Clasificación de la edificación: A

Justificación: Se trata de una edificación encargada del procesamiento de datos y resguardo valores.

Paso 2

Ubicación Geográfica de la Edificación

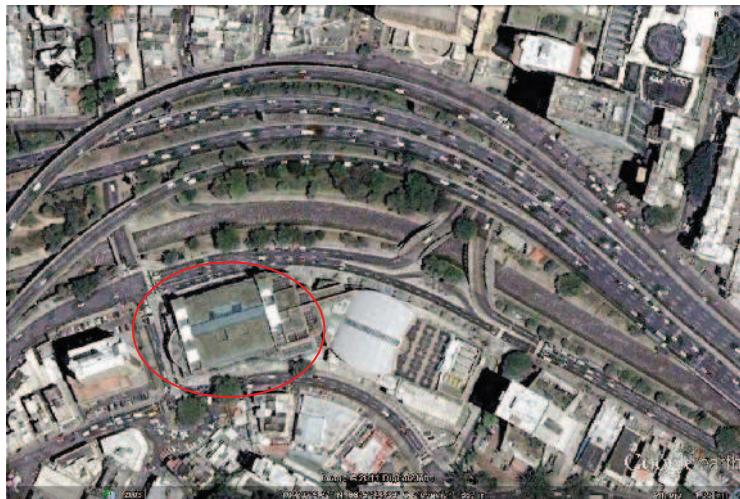


Figura 4.4 Ubicación Geográfica Entidad Bancaria
Fuente: Google Earth (octubre 2011)

Coordenadas geográficas: (se reserva la ubicación por medida de seguridad)

Latitud: -°-'-''N

Longitud: -°-'-''O

Paso 3

Altura del edificio: 30,05m

Data del proyecto: 1949/2002

Número de pisos: 6 pisos

Año de construcción: 1949/2002

Año en que la estructura fue reforzada: 2002 rehabilitación

Paso 4

Zonificación Sísmica: zona 5 (de acuerdo en lo establecido en la norma 1756-01 en el capítulo 4 según corresponde al Distrito Federal)

De acuerdo a la tabla anexa en la planilla, la zona 5 corresponde a peligrosidad sísmica Elevada.

Paso 5

Selección del Terreno:

En el estudio de suelos proporcionado, da como resultado un $N(60)=45$ (promedio) para distintas perforaciones

Con $N(60)=45$ corresponde a un velocidad de onda entre $250 \leq V_s \leq 400$

Ingresando al siguiente cuadro del paso 5, con el valor V_s obtenido, sabiendo por el estudio de suelo que las perforaciones se hicieron hasta los 20 metros y tomando en cuenta que la zona de sísmica es 5 se obtiene:

Forma Espectral= S2

Tipo de Suelo= D (Suelos duros o densos)

Paso 6

Plano de planta de la edificación



Figura 4.5 Plano de planta Entidad Bancaria
Fuente: Rehabilitación Entidad Bancaria. GELCA 2002

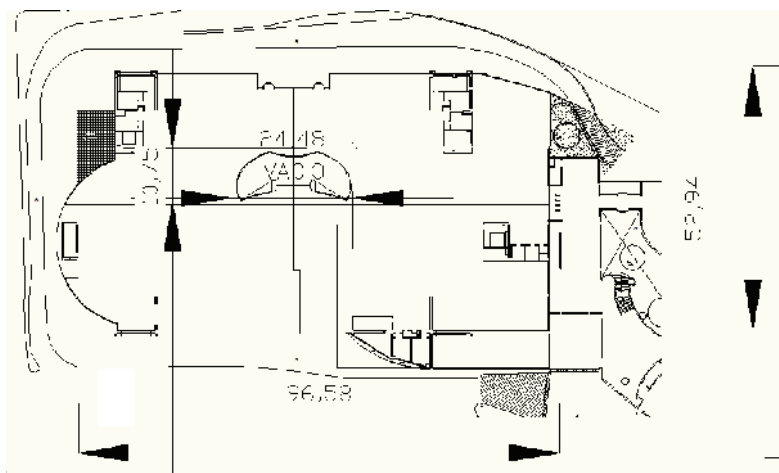


Figura 4.6 plano del 3er piso con abertura
Fuente: Rehabilitación Entidad Bancaria. GELCA 2002

Área de abertura= 263 m² aprox.

Área de planta= 5390 m² aprox.

Paso 7

Inspección de irregularidades en planta

- Presencia de pórticos no ortogonales → I

Según se evidencia en las planta la presencia de pórticos ortogonales supera el 30% pero no el 60%

- El diafragma no es Flexible

Según la estimación de la abertura con respecto al área total de la planta

La abertura de 263 m² corresponde sólo al 4,87%

- La abertura no se encuentra adyacente a los planos sismorresistente tal como se evidencia en la figura 4.6
- La relación largo ancho es de 1,82 aproximadamente
- La excentricidad no tiene incidencia si se considera el área total de la planta y se compara con las fosas de los ascensores
- No se evidencia un riesgo torsional elevado debido a salientes

Paso 8:

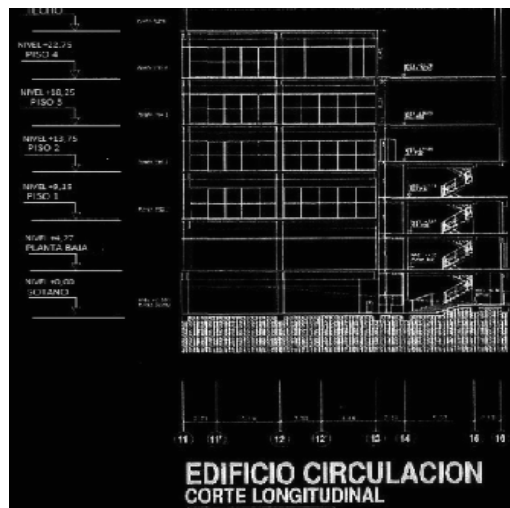


Figura 4.7 Plano de elevación

Fuente: Rehabilitación Entidad Bancaria. GELCA 2002



Figura 4.8 Imagen Entidad Bancaria
Fuente: propia

Paso 9

Inspección de Irregularidades en elevación

Analizando las irregularidades de elevación en el recorrido por la sede, se evidencia que existe una distribución irregular de las masas, motivado a equipos de grandes dimensiones.

Paso 10

10.1 Requisito mínimo para vigas

Se evidenció tanto en los planos como en campo que todas las vigas cumplían con la dimensión mínima de 25cm y la relación ancho-alto de las mismas era superior a 0,4.

- No se evidenció ninguna viga plana
- La luz mínima existente cumplía con ser mayor a 4 veces la altura de la viga que poseía.

10.2 Nodos confinados

Según lo observado en campo y en los planos, se puede decir que si existían nodos no confinados por haber zonas donde se evidencia desproporcionalidad entre las vigas y la columna, pero su incidencia en toda la estructura era poca.

10.3 Requisitos mínimos para columnas

- Todas las columnas son mayores a 30 cm
- Existen columnas que no cumplen con la relación de longitud menor/longitud mayor $> 0,4$, por el número tan extenso de columnas y por tratarse de una entidad bancaria, donde no se poseía acceso a diversos lugares, se pudo observar que el nivel de incidencia de los casos donde no se cumplía la relación era poco, menor al 30 %.
- No se evidencia esbeltez en las columnas observadas.

Paso 11

Aplicación de modificadores: (correspondientes a un Alto grado de sismicidad)

En primera instancia se realizará una evaluación de forma teórica a la estructura antes de la rehabilitación del 2002 con el apoyo de los planos suministrados para poder comparar los valores obtenidos con la estructura actual

Tabla 4.3 Modificadores de la PAVETI para alta sismicidad Edf.2

Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2,5
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0,4
Edificios altos (> 7 pisos)	+0,6
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1,2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1,4
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0,4
Suelo Tipo D	-0,6
Suelo Tipo E	-1,2

Cap. 6 de la Norma COVENIN
1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0,03	-0,06	-0,10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0,30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0,10

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0,30	-0,60	-1,00
Efecto columna corta	-0,09	-0,18	-0,30
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0,10
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0,20
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0,03	-0,06	-0,10

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0,03	-0,06	-0,10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0,03	-0,06	-0,10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0,03	-0,06	-0,10
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Paso 12

Obtención de la puntuación final (P):

Suma algebraica de todos los modificadores:

$$+0,4+1,4-0,6-0,06-0,1-0,03-0,03= \mathbf{0,98}$$

Valor inicial de riesgo = **2,5**

$$\text{Valor de Puntuación Final (P)} = 0,98 + 2,5 = \mathbf{3,48}$$

Comparación de resultados y diagnóstico:

Valor de Corte= **2**

Comparación de valor (P) con Valor de corte

El valor obtenido supera el valor de corte, por lo que se puede decir que la estructura es segura y no necesita un reforzamiento para disminuir su vulnerabilidad ante un evento sísmico.

Realizando un análisis de vulnerabilidad teórico a la estructura sin que se hiciera la rehabilitación del año 2002 se puede apreciar que el valor final (P) disminuiría de la siguiente forma:

Tabla 4.4 Modificadores aplicados a la entidad bancaria previos al año 2002

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)	
Estudio Campo	
Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.	
Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2.5
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.4
Edificios altos (> 7 pisos)	+0.6
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1.2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	-1.4
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.4
Suelo Tipo D	-0.6
Suelo Tipo E	-1.2
Sub-Total de las variables exógenas	

En vez de sumar 1,4 asignado a una construcción concebida bajo normativa sismo resistentes, se le restaría 1.2 como consecuencia de haberse construido en el año 1949. Lo que daría un puntaje final (P2) de:

$$3.48-1.4-1.2=0.88 \text{ (P2)}$$

Valor con el cual efectivamente se sugiere una rehabilitación. Este resultado es compatible con los estudios realizados por la empresa GELCA Ingenieros Consultores, en el cual, con ayuda de programas avanzados, demostró que la estructura no estaba adecuada para soportar cargas sísmicas, motivo por el cual se justificó la rehabilitación hecha en el 2002.

Por otra parte aplicando los modificadores propuestos por ATC-21 de fecha 2002 se obtiene:

Tabla 4.5 Modificadores de la planilla ATC-21 para alta sismicidad Edf.2

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

$$\text{Suma de modificadores} = 0,6-0,5+1.4-0,6 = 3,4$$

El valor obtenido mediante la planilla del ATC-21 se asemeja de gran forma al alcanzado mediante la aplicaron de la PAVETI, sin embargo, si se quisiera ser riguroso en su aplicación, se debería penalizar también la irregularidad vertical con su respectivo valor de -1,5, debido a que existe distribución irregular de las masas, obteniendo así un valor final de 1,9, lo que se traduce en que la estructura

necesite una evaluación, este valor no es objetivo según lo planteado en este trabajo, puesto que la irregularidad vertical se divide en varios aspectos, de los cuales la distribución de masas no debe ser penalizado tan severamente como se penaliza, por ejemplo, los cambios de rigideces.

Para el caso de que una estructura necesite rehabilitación, porque su puntaje quedó por debajo de la puntuación de corte, se sugeriría realizar una evaluación más detallada de carácter cuantitativo para corroborar los resultados obtenidos. Para el caso de este trabajo especial de grado, no se pueden presentar recomendaciones detalladas para la rehabilitación motivado al nivel de conocimientos que se posee, sin embargo se plantean recomendaciones generales de rehabilitación, de acuerdo a la debilidad que posea la estructura

IV.2 Rehabilitaciones propuestas

Para la rehabilitación de la edificación no se puede plantear una solución específica, ya que esto ameritaría una evaluación, más detallada y más conocimientos al respecto, lo cual escapa al alcance de esta investigación, motivo por el cual se presentan soluciones generales de rehabilitación, con la que se persiguen los siguientes objetivos:

1. Las medidas de rehabilitación no darán lugar a una reducción en el nivel de rendimiento de la edificación existente.
2. Las medidas de rehabilitación no podrán crear una nueva irregularidad estructural o hacer que una irregularidad estructural existente actúe de forma más perjudicial.
3. Las medidas de rehabilitación no darán lugar a un aumento de las fuerzas sísmicas a cualquier componente que no esté en capacidad para resistir las mismas.

Estrategias de rehabilitación

La estrategia ideal, debe contemplar la modificación de los componentes que no son adecuados para el buen comportamiento de la edificación, manteniendo la configuración básica del sistema de resistencia a cargas laterales de la estructura. Modificaciones locales que pueden ser consideradas incluyen la mejora de la conectividad entre los componentes, para aumentar su resistencia y/o su capacidad de deformación. Esta estrategia tiende a ser el enfoque de rehabilitación más económico cuando sólo unos pocos de los componentes de la edificación presentan debilidades.

Entre las medidas para rehabilitar componentes, se podría incluir para en caso de columnas y vigas, un recubrimiento de acero enchapado, el cual mejora la capacidad de deformación o ductilidad del componente, permitiendo resistir grandes niveles de deformación con cantidades reducidas de daño, sin necesidad de aumentar su fuerza.

Remoción o reducción de las irregularidades actuales

Remover o disminuir irregularidades existentes puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva, si una evaluación de vulnerabilidad muestra que el resultado de irregularidades incide significativamente en el desempeño estructural.

Las irregularidades no siempre son causadas por la presencia de una discontinuidad en la estructura, como por ejemplo, la terminación de un muro perimetral de corte por encima del primer piso. La simple retirada de la irregularidad puede ser suficiente para reducir la demanda prevista por el análisis a un nivel aceptable. Sin embargo, la eliminación de discontinuidades puede ser inadecuada en el caso de edificios históricos, y el efecto de alteraciones en las características del mismo debe ser considerado cuidadosamente.

Medidas correctivas para la eliminación o reducción de las irregularidades, tales como un piso blando o débil, incluye la adición de pórticos arriostrados o

muros de corte en el piso blando o débil. Irregularidades de torsión se puede corregir mediante la adición de pórticos, pórticos arriostrados o muros de corte para equilibrar la distribución de la rigidez y la masa en un piso.

La parcial demolición también puede ser una medida efectiva corrección de las irregularidades, aunque esto, tiene un impacto significativo en la apariencia y utilidad del edificio, y esto puede no ser una alternativa adecuada para las estructuras históricas.

Para irregularidades que causen riesgo torsional elevado a consecuencia de salientes flexibles, se sugieren juntas de dilatación, las mismas se crean para transformar un edificio irregular en múltiples estructuras regulares, sin embargo, se debe tener cuidado para evitar los problemas potenciales asociados a golpeteos entre sí.

Rigidez estructural

Rigidizar la estructura puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva si los resultados de una evaluación sísmica muestran deficiencias atribuibles a la flexión lateral excesiva del edificio, y los componentes críticos no tienen la ductilidad adecuada para resistir las deformaciones resultantes.

Construcción de los nuevos pórticos arriostrados o muros de corte dentro de una estructura existente son medidas eficaces para añadir rigidez.

Refuerzo estructural

El fortalecimiento de la estructura puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva si los resultados de una evaluación sísmica muestran un desempeño inaceptable atribuible a una deficiencia de la resistencia en la estructura.

El refuerzo de una estructura se puede realizar por una gran cantidad de procedimientos, siendo algunos de los más comunes, la incorporación de perfiles de acero, la adición de armadura de acero, la incorporación de elementos

prefabricados de concreto o chapas de acero.

Para verificar la seguridad de la estructura reforzada, hay que tener en cuenta que las características mecánicas de los materiales compuestos pueden variar con el tiempo debido a fenómenos tales como el envejecimiento, lo que provoca que se tenga que aplicar serias restricciones en las tensiones de trabajo en el largo plazo respecto del corto.

Reducción de masa

La reducción de masa puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva si los resultados de una evaluación sísmica muestran deficiencias atribuibles a una construcción excesiva. La masa y la rigidez afectan de forma negativa al comportamiento de la estructura ante el movimiento del suelo. Reducciones en la masa puede resultar en una reducción directa tanto en la cantidad de fuerza y la demanda de deformación producidas por los terremotos. La masa puede ser reducida por la demolición de pisos, tomando en cuenta que no se produzca con esto entre pisos blandos o débiles, generalmente se sugiere demoliciones de niveles de techo.

Aislamiento sísmico.

El aislamiento sísmico puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva si los resultados de una evaluación sísmica muestran deficiencias atribuibles a un exceso de fuerzas sísmicas o bien si se desea proteger el contenido importante y componentes no estructurales dentro de la edificación.

Cuando una estructura es sísmicamente aislada, los rodamientos se incorporan entre la superestructura y su fundación. Esto produce que la superestructura permanezca casi rígida por encima de los rodamientos. La mayoría de las deformaciones inducidas en el sistema aislado por el movimiento del suelo se produce dentro de los rodamientos, que están específicamente diseñados para resistir estos desplazamientos concentrados. La mayoría de los

rodamientos también tienen excelentes características de disipación de energía (amortiguación). En síntesis, esto se traduce en reducción de demandas en los elementos existentes de la estructura. Por esta razón, el aislamiento sísmico es a menudo una estrategia más adecuada para alcanzar los objetivos de rehabilitación, donde se busque proteger una edificación histórica, protección de contenido valioso o de las edificaciones que cumplan funciones importantes. Esta técnica es más eficaz para edificios relativamente rígidos con perfiles bajos y gran masa y es menos efectiva para estructuras ligeras y flexibles.

Disipación de energía

La instalación de dispositivos suplementarios de disipación de energía puede ser una estrategia de rehabilitación efectiva si los resultados de una evaluación sísmica muestran deficiencias atribuibles a deformaciones excesivas debido a la flexibilidad estructural global de un edificio.

Muchas de las tecnologías disponibles permiten que la energía suministrada por el suelo luego de un movimiento sísmico, se disipe en forma controlada a través de la acción de dispositivos especiales de amortiguamiento (cilindros hidráulicos con fluidos viscosos o aislantes de gomas de neopreno con núcleos de plomo, entre otros). Estos elementos suelen sufrir deformaciones considerables, por lo que es recomendable implementar este dispositivo a estructuras relativamente flexibles y con cierta capacidad de deformación inelástica. En algunos casos, aunque los desplazamientos estructurales se reducen, las fuerzas de suministradas a la estructura en realidad pueden ser mayores.

En la sección F se reflejan imágenes de rehabilitaciones propuestas, indicando la manera incorrecta de realizarla.

CONCLUSIONES

Una vez logrado alcanzar los objetivos planteados para este trabajo especial de grado se logra concluir lo siguiente:

Hoy Venezuela cuenta con normas de construcción que contemplan aspecto de vital importancia en cuando a la reducción de riesgos se refiere. El mejoramiento de las normas nacionales ha ido en progreso de forma gradual, lamentablemente por eventos catastróficos, que han ayudado a mejorar las técnicas y métodos que se empleaban en el pasado. Por otra parte los acontecimientos devastadores ocurridos fuera de nuestras fronteras también han ayudado de una forma indirecta a que Venezuela tome medidas con respecto a la modificación de sus códigos.

En vista de la necesidad de realizar evaluaciones a estructuras en funcionamiento, para verificar que el nivel de vulnerabilidad no compromete a la estructura al momento de la ocurrencia de un sismo, se configuró una planilla para el análisis de la vulnerabilidad de edificaciones aporticadas tipo I (PAVETI), apoyados en trabajo similares realizados dentro y fuera de Venezuela. La aplicación de este formulario proporciona información acerca del comportamiento de la edificación evaluada ante la ocurrencia de un sismo característico de la zona donde se encuentre, así mismo, proporciona un valor que permite decidir la aplicación de un método más preciso, que permita realizar un mejor diagnostico, donde se puedan realizar cálculos referentes a la rentabilidad de realizar modificaciones, que garanticen un refuerzo de la estructura con respecto a una demolición que daría pie a una nueva construcción concebida bajo las normativas vigentes y que si garantice un alto grado de seguridad.

El método aplicado por el ATC-21 mediante la FEMA-154 es el producto de varios años de investigación por diversos órganos encargados de la prevención ante desastres naturales, motivo por el cual se revisaron las directrices empleadas

en su método de Detección Visual Rápida (RVS siglas en inglés) para poder adecuarla a nuestras normas agregándoles algunos tópicos propios de la situación actual de Venezuela con respecto a la prevención de desastre, en la cuales tienen un papel importante las normas COVENIN 1756 y FONDONORMA 1753. También fueron de gran aporte los estudios realizados por Corsanego y Petrini (1990) y por Venezuela avances realizados por FUNVISIS, Marinilli (2009) y Vera (2011) entre otros.

Estos antecedentes y revisiones dieron lugar a una matriz de vulnerabilidad de fácil y rápida aplicación donde se toman en campo solo aspectos geométricos, no necesitando la realización de ningún cálculo estructural complejo, basta sólo que la persona encargada de la inspección posea conocimientos básicos de Ingeniería y disponga de una documentación mínima correspondiente a la edificación a evaluar para poder llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad de una estructura aporticada ante la ocurrencia de un sismo.

Las Planillas de análisis de vulnerabilidad fueron empleadas a dos edificaciones, a una de ellas también se le aplicó la planilla propuesta por el ATC-21, llegando a valores similares en cuanto vulnerabilidad se refiere, constatando con esto, que el método desarrollado en este trabajo especial de grado tiene validez y puede ser aplicado, dejando en claro, que toda evaluación realizada de forma cualitativa puede ser respaldada por métodos más complejos para corroborar los resultados y en ningún momento el diagnóstico emitido debe ser determinante.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones obtenidas se pueden realizar las siguientes recomendaciones a futuras generaciones que deseen seguir con esta rama de investigación:

Expandir el alcance de la inspección a edificaciones de otro tipo, tomando como base la investigación hecha en este trabajo especial de grado e ir incorporando avances que realicen otras personas.

Ir creando una base de datos donde se almacene la información referente a los tipos de suelo existentes en Venezuela, con el fin de ir creando una microzonificación que sirva de apoyo a la realización otras investigaciones.

Incluir en la medida de lo posible un método cuantitativo al procedimiento planteado en este trabajo especial de grado, que sirva de apoyo para obtener un resultado más preciso.

Se pueden ajustar los valores modificadores del suelo usando factores correspondientes a estudios que se realicen para distintos periodos de respuestas espectrales. Ya que las probabilidades de colapso se pueden calcular utilizando curvas de fragilidad para así evitar sobreestimar los efectos del suelo, ya que afectan de una manera importante al valor inicial.

REFERENCIAS

1. Arnal E. Espelboim, S. (1985) Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificios. Ministerio del desarrollo Urbano. Caracas, Venezuela.
2. Arias, F. (1999). El proyecto de investigación: Guía para su elaboración. Caracas, Venezuela:
3. Briceño E., Félix (1997) Seminario sobre el terremoto de caracas del 29 de julio de 1997: 30 años después. Caracas, Venezuela.
4. BSSC (1991). "NEHRP Recommended provisions for the development of seismic regulations for new buildings". Parte 1, Provisions y Parte 2, Comentarios. Consejo de Seguridad de Edificaciones Sísmicas. USA.
5. Cardona, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
6. COVENIN (1987). *Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones; Análisis y Diseño*. Norma COVENIN MINDUR 1753:87. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
7. COVENIN (2001). *Edificaciones Sismorresistentes*. Norma COVENIN 1756:01.
8. Corsanego, A. Petrini, V. (1990). Seismic vulnerability of buildings. SEISMED 3. Trieste. Italia.
9. Dowrick, D. (1984). Diseño de Estructura Resistente a Sismos para Ingenieros y Arquitectos. Editorial LIMUSA. México D.F.
10. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1988a, Rapid visual screening of building for potential seismic hazards: Manual. FEMA 154
11. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1988b, Rapid visual screening of building for potential seismic hazards: Documento de Soporte. FEMA 155.

12. Federal Emergency Management Agency, 2002a, Rapid visual screening of building for potential seismic hazards: Manual. FEMA 154, Segunda Edición
13. Fratelli M. (1990) Diseño Estructural en Concreto Armado. Caracas, Venezuela.
14. FUNVISIS (2010). *Glosario sismológico*. <http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php>.
15. Gil, H. (s/f). Fundamentos de la investigación científica .Disponible desde internet en: <http://inicia.es/de/maricg/fund_enf.htm#1.%20Introducción%20y%20desarrollo>[con acceso el 17/10/2011].
16. Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación. Caracas, Venezuela.
17. MOP (1955). Norma para el Cálculo de Edificios. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.
18. IMME, FUNVISIS y FEDE, (2009). *Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela (FONACIT N° 2005000188)*. Informe Técnico, Segundo Avance. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas, Caracas, Venezuela.
19. Norma Venezolana 1753-2006. *Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural*. Caracas, Venezuela.
20. Richter C. (1958) Sismología elemental. San Francisco U.S.A
21. Sabino, E (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Madrid.
22. Wakabayashi., M., Martínez, E. Diseño de Estructuras Sismoresistentes. Ediciones Mcgraw-Hill. 1988
23. Yumei Wang y Kenneth A. Goettel (2007). Método de priorización para la modernización sísmica en Oregón. Departamento de Geología e Industrias minerales.

ANEXOS

Anexo A – Imágenes de irregularidades

Anexo B – Imágenes de Planillas ATC-21

Anexo C – Imágenes de PAVETI empleadas

Anexo D – Planos de planta de Amoca CANTV

Anexo E – Estudios de suelo de Amoca CANTV

Anexo F – Imágenes de rehabilitación adecuada

Anexo G – Años de referencia para la Inspección Visual Rápida según los tipos de edificación.

Anexo H – Compendio de planillas PAVETI.

Imágenes de irregularidades



. Edificación con esbeltez excesiva

Fuente: Torre estudio Mor (Argentina)



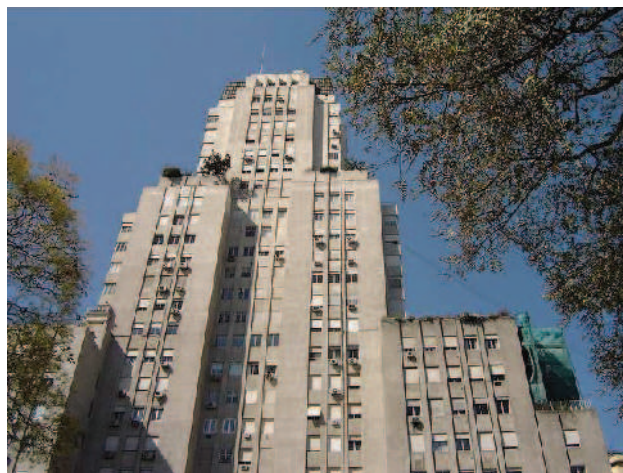
. Edificación con entrepiso débil

Fuente: Micasa Comercial S.A., Managua, Nicaragua, terremoto de 1972.



Edificación con aumento de masas con la altura. (CCCT)

Fuente propia.



Edificación con variación de geometría.

Fuente: Edificio Kavanagh, ciudad de Buenos Aires.



Columna aparentemente aislada del sistema.

Fuente: Desconocida.



.Efecto de columna corta.

Fuente: Managua, Terremoto Nicaragua en 1972.

Anexo B

Imágenes de Planillas ATC-21

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

MODERATE 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
Assembly Commercial Emer. Services	Govt Historic Industrial Office Residential School	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 (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	5.2 4.8	3.6 3.6 3.8 3.6	3.6 3.0 3.8 3.2 3.2 3.2 3.6 3.4 3.4
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A N/A	+0.4 +0.4 N/A +0.4	+0.2 +0.4 +0.2 N/A +0.4 +0.4 +0.4 -0.4 -0.4
High Rise (>7 stories)	N/A N/A	+1.4 +1.4 N/A +1.4	+0.8 +0.6 +0.8 +0.4 N/A +0.6 N/A +0.6 N/A
Vertical Irregularity	-3.5 -3.0	-2.0 -2.0 N/A -2.0	-2.0 -2.0 -2.0 -2.0 N/A -1.5 -2.0 -1.5 -1.5
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 -0.2	-0.4 -0.4 -0.4 -0.4	-0.2 -1.0 -0.4 -1.0 -0.2 -0.4 -0.4 -0.4 -0.4
Post-Benchmark	+1.6 +1.5	+1.4 +1.4 N/A +1.2	N/A +1.6 N/A +1.8 N/A 2.0 +1.5 N/A
Soil Type C	-0.2 -0.8	-0.6 -0.6 -0.6 -0.6	-0.6 -0.6 -0.6 -0.6 -0.6 -0.6 -0.6 -0.6 -0.4
Soil Type D	-0.6 -1.2	-1.0 -1.2 -1.0 -1.2	-1.2 -1.0 -1.2 -1.0 -1.0 -1.0 -1.2 -1.2 -0.8
Soil Type E	-1.2 -1.8	-1.6 -1.6 -1.6 -1.6	-1.6 -1.6 -1.6 -1.6 -1.6 -1.6 -1.6 -1.6 -1.6
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 = Tilt up
 URM INF = Unreinforced masonry infill

Planilla del ATC-21 año 2002

ATC-21/ (NEHRP Map Areas 3,4, Moderate)		STRUCTURAL SCORES AND MODIFIERS												
Rapid Visual Screening of Seismically Hazardous Buildings														
<div style="border: 1px dashed gray; width: 100%; height: 100%;"></div>		INSTANT PHOTO												
		(Peel-off label)												
		Address _____ Zip _____												
		Other Identifiers _____												
		No. Stories _____ Year Built _____												
		Inspector _____ Date _____												
		Total Floor Area (sq. ft) _____												
		Building Name _____												
		Use _____												
		Scale: _____												
OCCUPANCY														
Residential	No. Persons	BUILDING TYPE	W	S1 (MRF)	S2 (SR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3/S5 (LRM NP)	PC1 (TL)	PC2	RM	LRM
Commercial	0-10	Basic Score	6.0	4.0	3.0	6.0	4.0	3.0	3.5	2.0	3.5	2.0	3.5	2.0
Office	11-100	High Rise	N/A	-1.0	-0.5	N/A	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	N/A	0	-0.5	-0.5
Industrial	100+	Poor Condition	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pub. Assem.		Vert. Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	-1.0
School		Soft Story	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0
Govt. Bldg.		Torsion	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Emer. Serv.		Plan Irregularity	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Historic Bldg.		Pounding	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A
		Large Heavy Cladding	N/A	-2.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A
		Short Columns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	N/A	N/A
		Post Benchmark Year	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	N/A	+2.0	+2.0	+2.0	N/A
		SL2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
		SL3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
		SL3 & 8 to 20 stories	N/A	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.6	-0.6
		FINAL SCORE												
Non Structural Falling Hazard <input type="checkbox"/> DATA CONFIDENCE <small>* = Estimated, Subjective, or Unreliable Data</small> <small>D/NK = Do Not Know</small>														
COMMENTS												Detailed Evaluation Required? YES NO		

Figure B3b

Anexo C Imágenes de PAVETI empleadas

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Datos de la edificación		Fecha de estudio de campo	
Nombre: <i>Edificio Amoca (Sede CANTV - MOVILNET)</i>		21	10
Dirección: <i>Calle Nueva York con calle Londres</i>			11
		Inspector(es):	

Estudio Pre-Campo

Marcar con una "x" y completar la información según corresponda:

Paso 1: Clasificación de la edificación (este paso es aplicable solo en caso de dar una priorización para mitigación de riesgo)

Estimación de ocupantes:

Grupo A <input checked="" type="checkbox"/>	Grupo B1 <input type="checkbox"/>	Grupo B2 <input type="checkbox"/>	Grupo C <input type="checkbox"/>
Hospitales, planteles educativos, centrales eléctricas y de bombeo, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, estación de bomberos cuarteles y policía, edificios gubernamentales, bibliotecas, centro de tráfico aéreo y todas aquellas que coloquen en peligro este Grupo.	Edificaciones publicas o privadas densamente ocupadas, tales como: Ocupación mayor a 3000 personas Área techada mas de 20000 m2 Centro de salud tipo ambulatorios con una capacidad total de 20 a 60 camas.	Edificaciones de baja ocupación, tales como: Vivienda, apartamentos, oficinas, hoteles, restaurantes, entidades bancarias, cines, teatros, almacenes y depósitos.	Edificaciones no destinada a la habitación o uso publico y cuyo derrumbe no causa daños a otro Grupo.

Paso 2: Ubicación geográfica



Referencia para determinar velocidades de onda y la resistencia a la penetración del ensayo SPT (1)

Descripción del material	N1 (60)	Vs
Roca dura	---	Vs > 700
Roca blanda	---	Vs > 400
Suelos muy duros o muy densos (rígidos)	<u>N1 (60) > 50</u>	<u>Vs > 400</u>
Suelos duros o densos (medianamente rígidos)	20 ≤ N1 (60) ≤ 50	250 ≤ Vs ≤ 400
Suelos firmes o medio densos (Baja rigidez)	10 ≤ N1 (60) ≤ 20	170 ≤ Vs ≤ 250
Suelos blandos o sueltos (Muy baja rigidez)	N1 (60) < 10	Vs < 170

Paso 3: Recolección de datos de la edificación. m.

Altura del edificio	<i>24,15</i>	Numero de pisos	<i>6</i>
Data del proyecto	<i>1988</i>	Año de construcción	<i>1988</i>
Año en que la estructura fue reforzada (si aplica)			

Paso 5: Seleccionar el material y marcar con un circulo el tipo de suelo

Tipo	Material	Vsp (m/s)	H (m)	Zona 1-4	Zona 5-7
C	Roca sana/fracturada	>500	-	S1	S1
	Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<u><30</u>	S1	<u>S1</u>
D	Suelos duros o densos	250-400	<15	S1	S1
			15-50	S2	S2
			>50	S3	S2
E	Suelos firmes/ medio densos	170-250	≤50	S3	S2
			>50	S3 (a)	S3
F	Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	S3	S2
			>15	S3 (a)	S3
G	Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos mas rígidos	---	H1	S2 (c)	S2

Paso 4: Zonificación sísmica (1)

Estado: *Miranda*
Municipio: *Baruta*

Encerrar en un circulo zona sísmica y selección de planilla

Zona sísmica	Selección de planilla
1	Sismicidad baja <input type="checkbox"/> BS <input type="checkbox"/>
2	
3	Sismicidad intermedia <input type="checkbox"/> IS <input type="checkbox"/>
4	
<u>5</u>	Sismicidad elevada <input checked="" type="checkbox"/> ES <input checked="" type="checkbox"/>
6	
7	

- a) Si se encuentra zona sísmica 1 ó 2 úsese S4
 - b) El espesor de los estratos con Vsp < 170 m/s debe ser mayor que 0,1 H
 - c) Si H1 ≥ H/4 y con zona sísmica 1,2 ó 3, úsese S3
- H: Prof. a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte Vs >500 m/s

1: Norma COVENIN 1756.

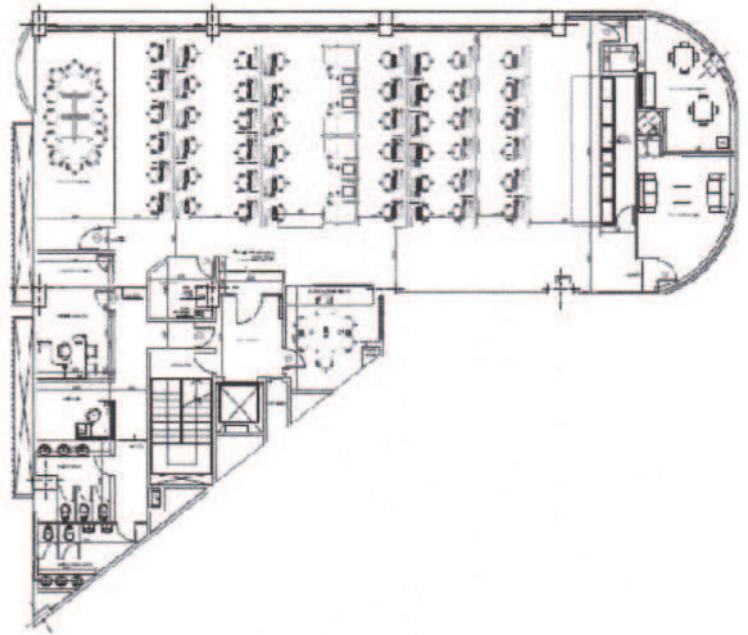
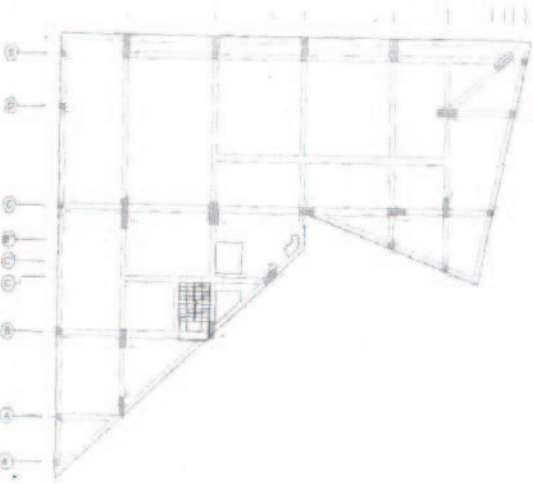
Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 6: Esquema del piso con mayor abertura y plano de planta de la edificación.

Esquema con dimensiones de planta

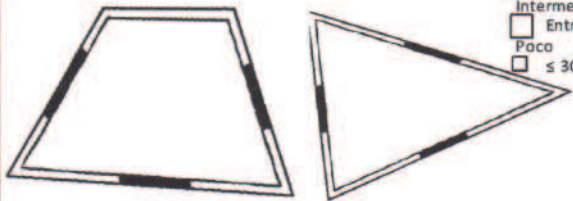
Área de planta Área total de aberturas



Marcar con una "x" (solo si aplica), según el porcentaje aprox. de presencia de la irregularidad en comparación a toda la estructura:

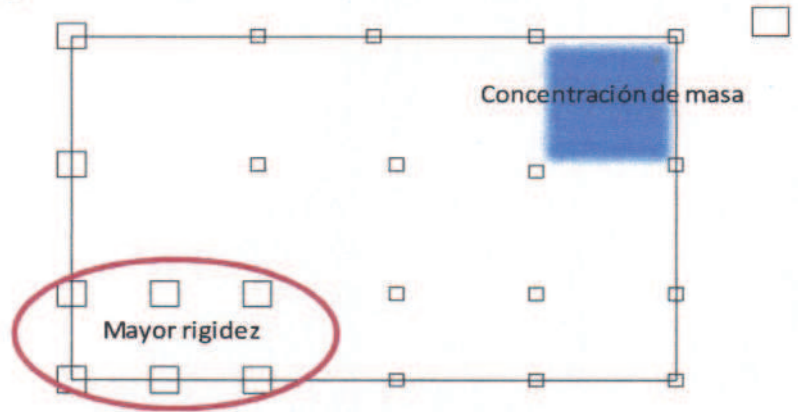
Paso 7: Inspección de irregularidades en planta.1

7.1) Sistema con pórticos no ortogonales.



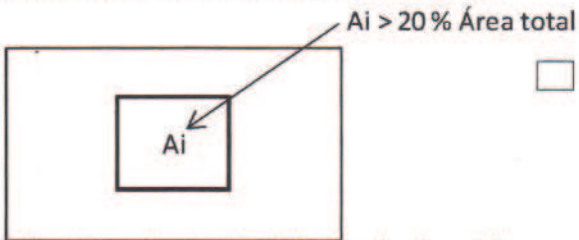
Mucho $\geq 60\%$
 Intermedia Entre 30-60
 Poco $\leq 30\%$

7.2) Gran excentricidad.

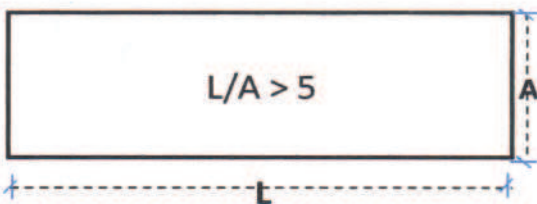


7.3) Diafragma flexible

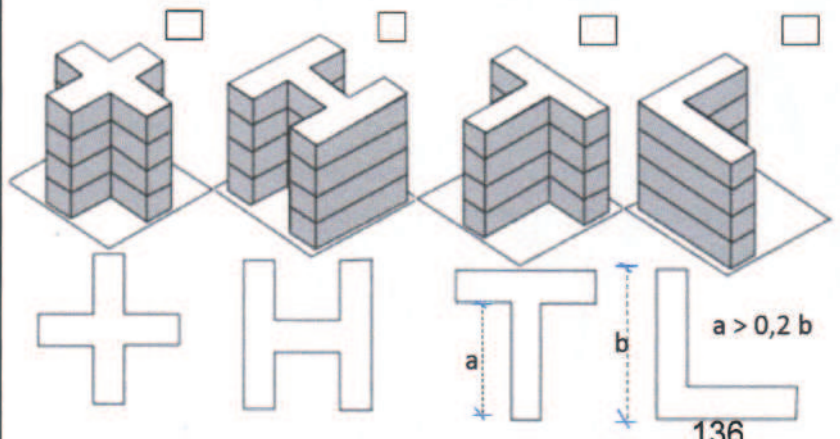
Abertura mayores al 20% del área de la planta



Excesiva long. de planta o Esbeltez horizontal



7.4) Riesgo torsional elevado y salientes flexibles.

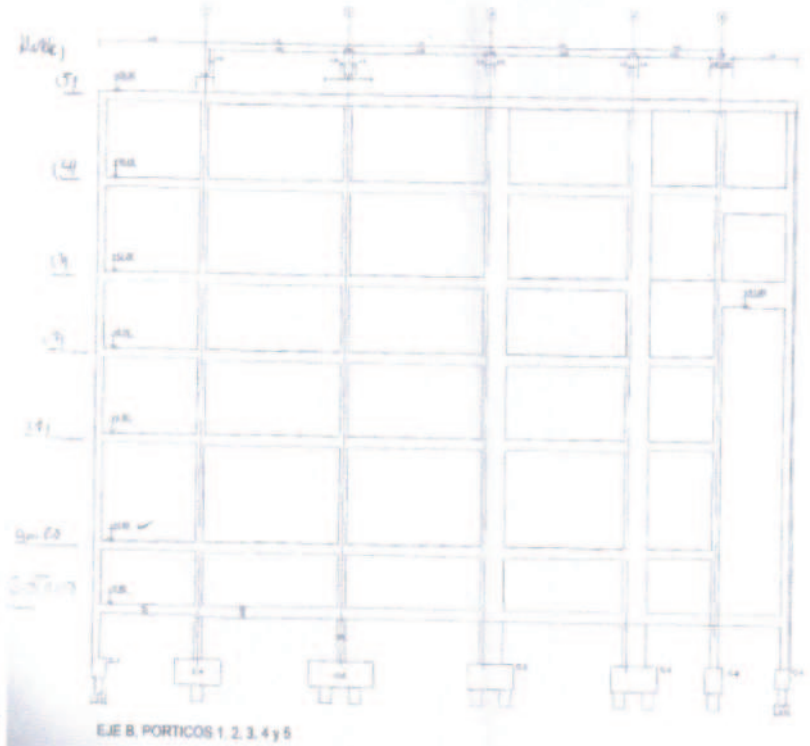


136

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 8: Fotografías y plano vertical de la edificación.

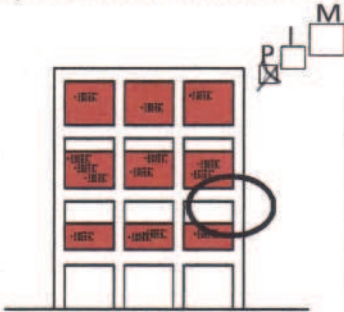


Paso 9: Inspección de irregularidades en elevación.

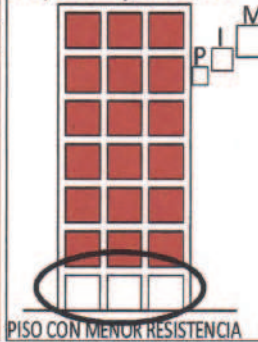
9.1) Entrepiso blando



9.2) Efecto columna corta.



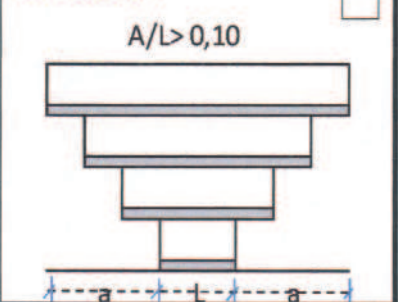
9.3) Entrepiso débil



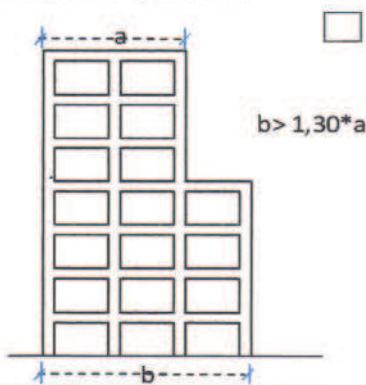
9.4) Distribución irregular de masas



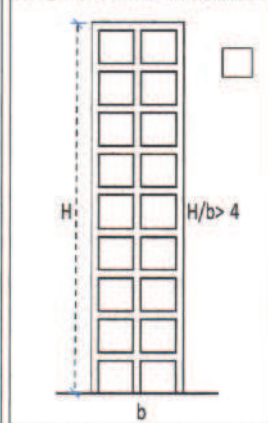
9.5) Aumento de las masas con la elevación



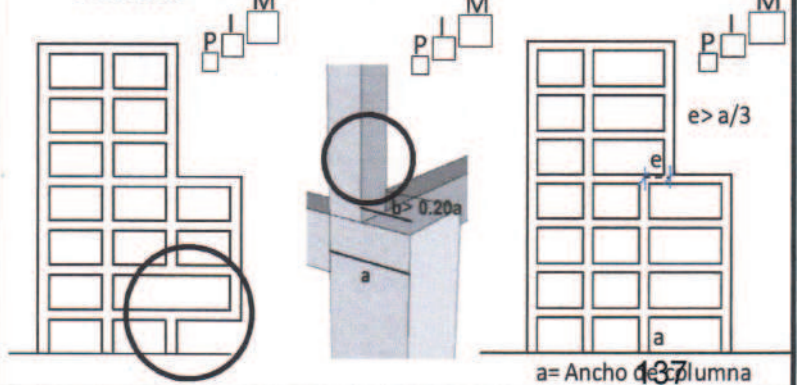
9.6) Variaciones en la geometría del sistema estructural



9.7) Esbeltez excesiva



9.8) Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales.



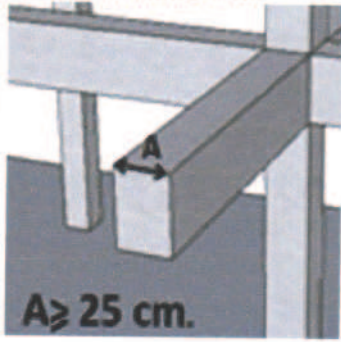
Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Paso 10: Revisar el NO cumplimiento de los parámetros mínimos sismorresistentes. Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

Marcar con una "x" sí no cumple, según el grado de incidencia aproximado con respecto a toda la edificación. (solo aplica para ND2 y ND3)

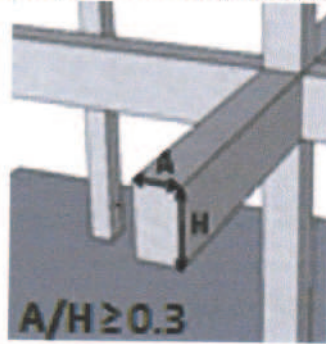
10.1) Requisitos mínimos para vigas

10.1.1) Ancho mínimo 25 cm



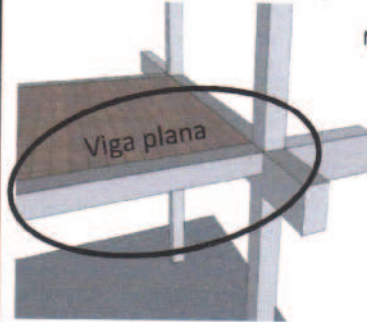
No cumple.
Grado de incidencia

10.1.2) Relación Ancho/Alto mayor a 0,3



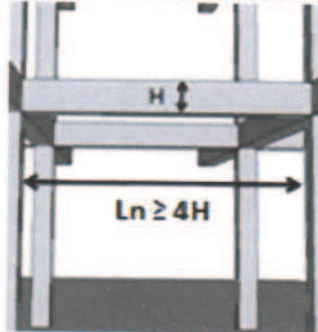
No cumple.

10.1.2) Evitar presencia de vigas planas



No cumple.

10.1.4) Luz libre mayor a 4 veces la altura



No cumple.

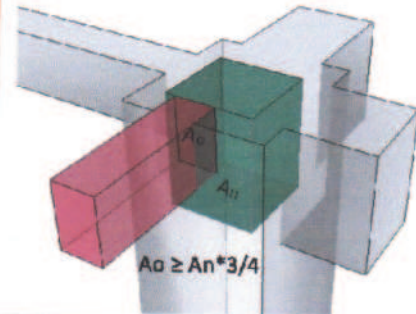
Referencia del nivel de diseño

Grupo	ZONA SÍSMICA		
	1 y 2	3 y 4	5, 6 y 7
A; B1	ND2 ND3	ND3	ND3
B2	ND1 (*)	ND2	ND3
	ND2 ND3	ND3 (*)	ND2 (**)

(*) Válido para edificaciones de hasta de 10 pisos ó 30 m de altura
(**) Válido para edificaciones de hasta 2 pisos u 8 m de altura

10.2) Nodos confinados

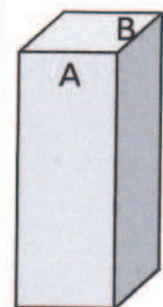
10.2.1) Los miembros que llegan al nodo debe cubrir por lo menos 3/4 partes de la cara del mismo.



No cumple.

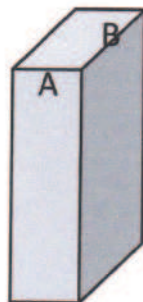
10.3) Requisitos mínimos para columnas

10.3.1) Ancho de columna mayor a 30 cm



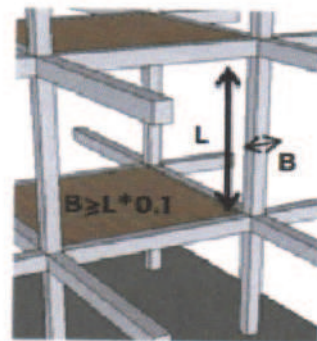
No cumple.

10.3.2) Relación Ancho/Largo mayor a 0,4



No cumple.

10.3.3) Efecto de esbeltez en la columna



No cumple.

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.

Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2.5
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.4
Edificios altos (> 7 pisos)	+0.6
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1.2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1.4
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.4
Suelo Tipo D	-0.6
Suelo Tipo E	-1.2
Sub-Total de las variables exógenas	+1.4

Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0.03	-0.06	-0.10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0.30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles	N/A	N/A	-0.10
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0.10

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0.30	-0.60	-1.00
Efecto columna corta	-0.09	-0.18	-0.30
Entrepiso Débil	N/A	N/A	-0.10
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0.10
Aumento de las masas con la elevación	N/A	N/A	-0.20
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0.20
Esbeltez excesiva	N/A	N/A	-0.10
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0.03	-0.06	-0.10

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0.03	-0.06	-0.10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Sub-Total de las variables endógenas

-0.28

Paso 12: Realizar una sumatoria de todos los modificadores seleccionados y sumarlo a la puntuación inicial.

Puntaje Final (Sumatoria global)	3.62	
Puntaje mínimo de aceptación o punto de corte	2	
Requiere una evaluación detallada	NO	SI

Diagnostico: La edificación no posee vulnerabilidad geométrica

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Datos de la edificación

Fecha de estudio de campo

Nombre: *Entidad Bancaria*

Dirección: *Confidencial*

19 10 11

Inspector(es):

Estudio Pre-Campo

Marcar con una "x" y completar la información según corresponda:

Paso 1: Clasificación de la edificación (este paso es aplicable solo en caso de dar una priorización para mitigación de riesgo)

Estimación de ocupantes:

Grupo A <input checked="" type="checkbox"/>	Grupo B1 <input type="checkbox"/>	Grupo B2 <input type="checkbox"/>	Grupo C <input type="checkbox"/>
Hospitales, planteles educativos, centrales eléctricas y de bombeo, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, estación de bomberos cuarteles y policía, edificios gubernamentales, bibliotecas, centro de tráfico aéreo y todas aquellas que coloquen en peligro este Grupo.	Edificaciones publicas o privadas densamente ocupadas, tales como: Ocupación mayor a 3000 personas Área techada mas de 20000 m2 Centro de salud tipo ambulatorios con una capacidad total de 20 a 60 camas.	Edificaciones de baja ocupación, tales como: Vivienda, apartamentos, oficinas, hoteles, restaurantes, entidades bancarias, cines, teatros, almacenes y depósitos.	Edificaciones no destinada a la habitación o uso publico y cuyo derrumbe no causa daños a otro Grupo.

Paso 2: Ubicación geográfica



Referencia para determinar velocidades de onda y la resistencia a la penetración del ensayo SPT (1)

Descripción del material	N1 (60)	Vs
Roca dura	---	Vs > 700
Roca blanda	---	Vs > 400
Suelos muy duros o muy densos (rígidos)	N1 (60) > 50	Vs > 400
Suelos duros o densos (medianamente rígidos)	20 ≤ N1 (60) ≤ 50	250 ≤ Vs ≤ 400
Suelos firmes o medio densos (Baja rigidez)	10 ≤ N1 (60) ≤ 20	170 ≤ Vs ≤ 250
Suelos blandos o sueltos (Muy baja rigidez)	N1 (60) < 10	Vs < 170

Paso 5: Seleccionar el material y marcar con un circulo el tipo de suelo

Tipo	Material	Vsp (m/s)	H (m)	Zona 1-4	Zona 5-7
C	Roca sana/fracturada	>500	-	S1	S1
	Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	S1	S1
			>50	S3	S2
D	Suelos duros o densos	250-400	<15	S1	S1
			15-50	S2	S2
			>50	S3	S2
E	Suelos firmes/ medio densos	170-250	≤50	S3	S2
			>50	S3 (a)	S3
F	Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	S3	S2
			>15	S3 (a)	S3
G	Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos mas rígidos	---	H1	S2 (c)	S2

Paso 3: Recolección de datos de la edificación.

Altura del edificio	<i>30.05</i>	Numero de pisos	<i>6</i>
Data del proyecto	<i>1944</i>	Año de construcción	<i>1944</i>
Año en que la estructura fue reforzada (si aplica)	<i>2002</i>		

Paso 4: Zonificación sísmica (1)

Estado: *Distrito Capital*

Municipio: *Libertador*

Encerrar en un circulo zona sísmica y selección de planilla

Zona sísmica	Selección de planilla
1	Sismicidad baja <input type="checkbox"/> BS <input type="checkbox"/>
2	
3	Sismicidad intermedia <input type="checkbox"/> IS <input type="checkbox"/>
4	
5	Sismicidad elevada <input checked="" type="checkbox"/> ES <input checked="" type="checkbox"/>
6	
7	

a) Si se encuentra zona sísmica 1 ó 2 úsese S4

b) El espesor de los estratos con Vsp < 170 m/s debe ser mayor que 0,1 H

c) Si H1 ≥ H/4 y con zona sísmica 1,2 ó 3, úsese S3

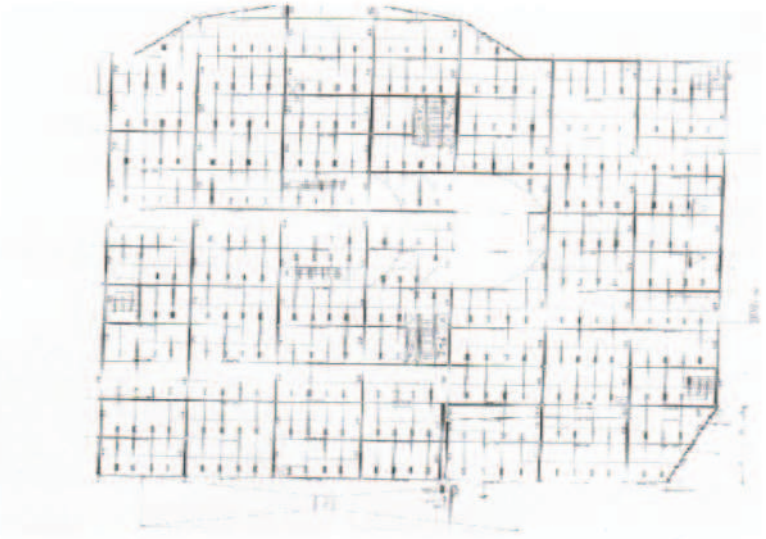
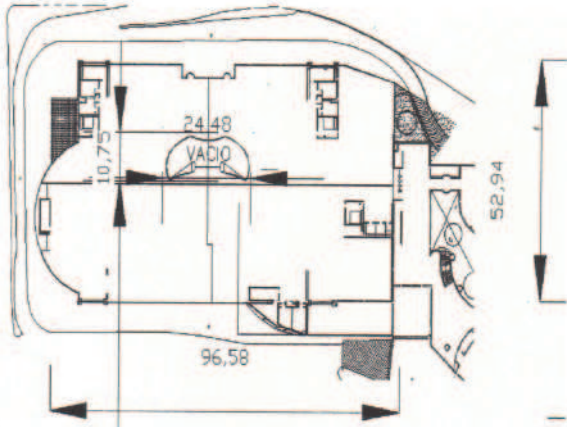
140

H: Prof. a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte Vs >500 m/s

Paso 6: Esquema del piso con mayor abertura y plano de planta de la edificación.

Esquema con dimensiones de planta

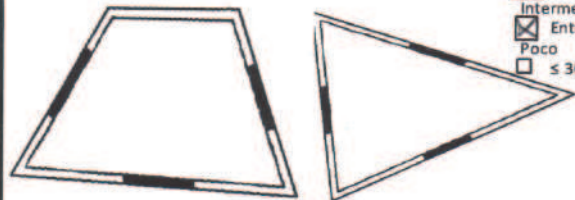
Área de planta **5390** Área total de aberturas **263**



Marcar con una "x" (solo si aplica), según el porcentaje aprox. de presencia de la irregularidad en comparación a toda la estructura:

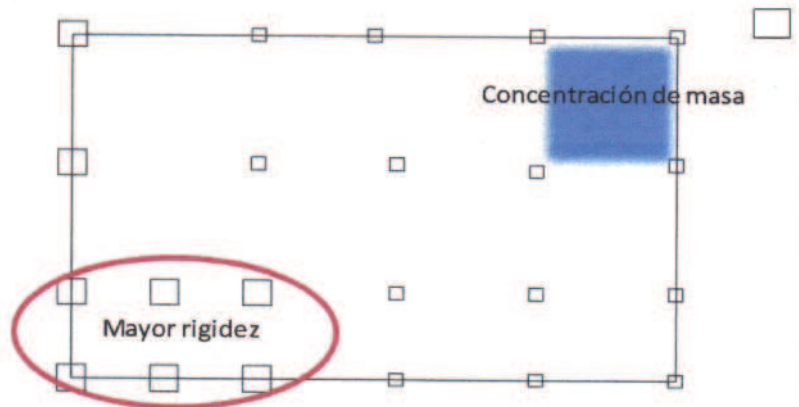
Paso 7: Inspección de irregularidades en planta.1

7.1) Sistema con pórticos no ortogonales.



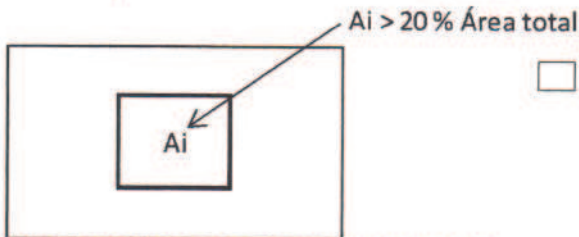
Mucho $\geq 60\%$
Intermedio Entre 30-60
Poco $\leq 30\%$

7.2) Gran excentricidad.

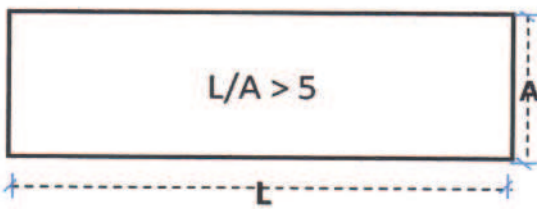


7.3) Diafragma flexible

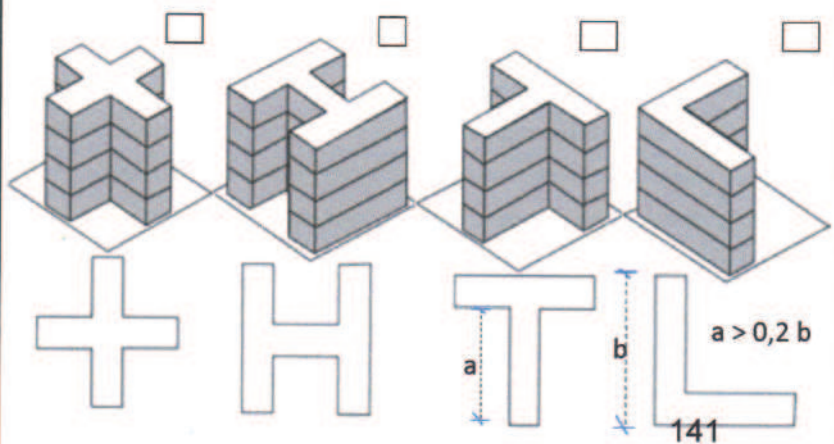
Abertura mayores al 20% del área de la planta



Excesiva long. de planta o Esbeltez horizontal



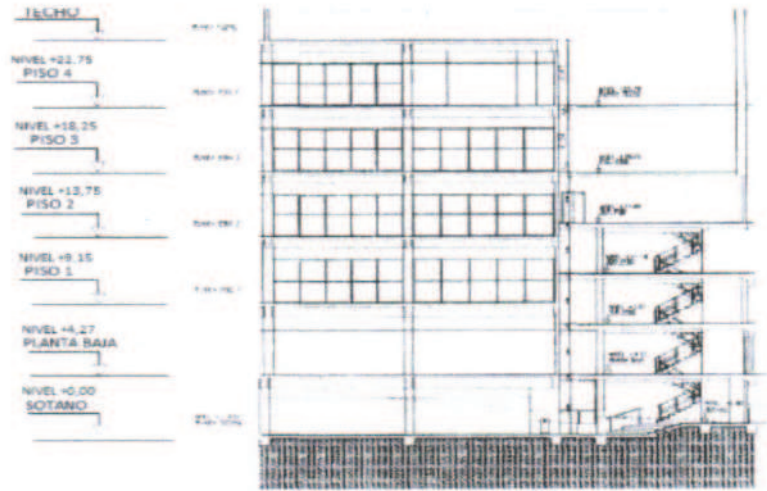
7.4) Riesgo torsional elevado y salientes flexibles.



Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 8: Fotografías y plano vertical de la edificación.



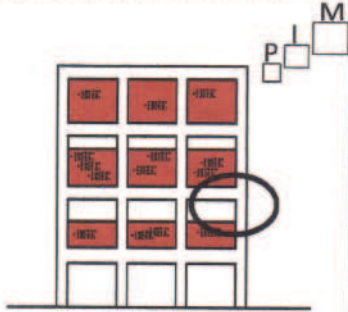
EDIFICIO CIRCULACION
CORTE LONGITUDINAL

Paso 9: Inspección de irregularidades en elevación.

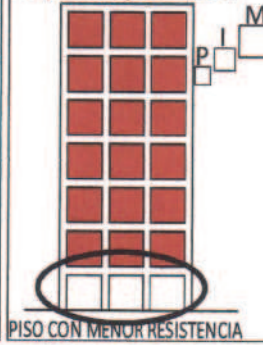
9.1) Entrepiso blando



9.2) Efecto columna corta.



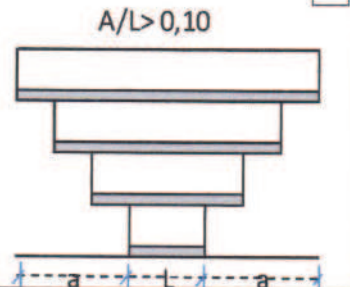
9.3) Entrepiso débil



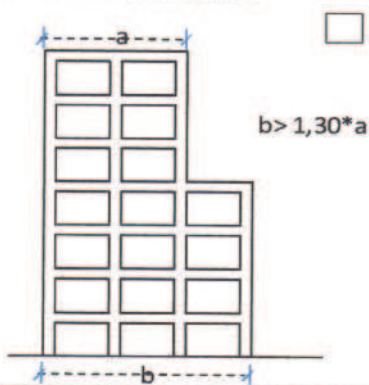
9.4) Distribución irregular de masas



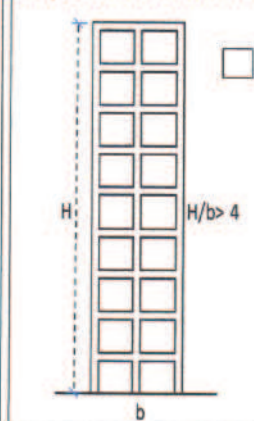
9.5) Aumento de las masas con la elevación



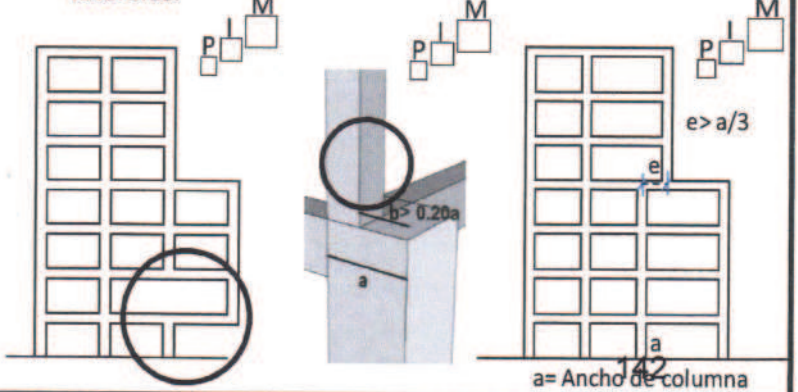
9.6) Variaciones en la geometría del sistema estructural



9.7) Esbeltez excesiva



9.8) Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales.



Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Paso 10: Revisar el NO cumplimiento de los parámetros mínimos sismorresistentes. Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

Marcar con una "x" si no cumple, según el grado de incidencia aproximado con respecto a toda la edificación. (solo aplica para ND2 y ND3)

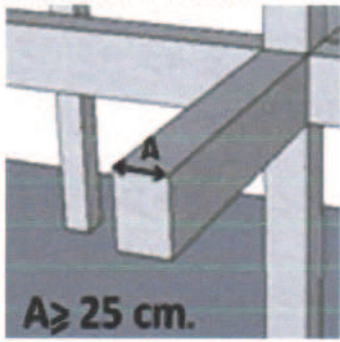
Referencia del nivel de diseño

Grupo	ZONA SÍSMICA		
	1 y 2	3 y 4	5, 6 y 7
A; B1	ND2	ND3	ND3
	ND3		
B2	ND1 (*)	ND2	ND3
	ND2	ND3 (*)	ND2 (**)
	ND3		

(*) Válido para edificaciones de hasta de 10 pisos ó 30 m de altura
 (**) Válido para edificaciones de hasta 2 pisos u 8 m de altura

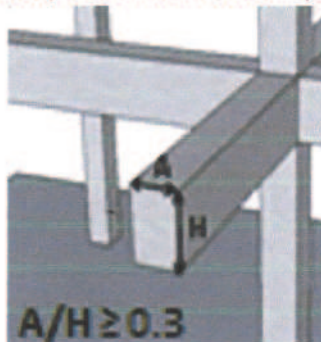
10.1) Requisitos mínimos para vigas

10.1.1) Ancho mínimo 25 cm



No cumple.
Grado de incidencia

10.1.2) Relación Ancho/Alto mayor a 0,3

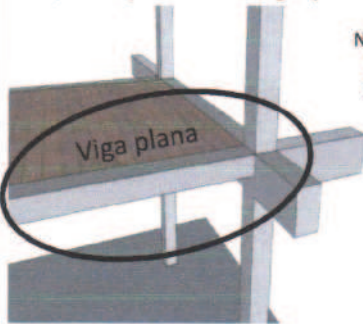


No cumple.

$$A \geq 25 \text{ cm.}$$

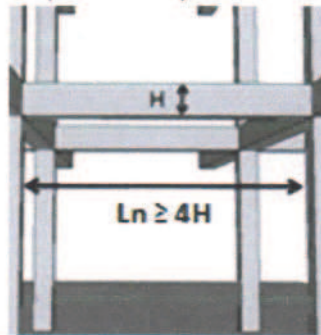
$$A/H \geq 0.3$$

10.1.2) Evitar presencia de vigas planas



No cumple.

10.1.4) Luz libre mayor a 4 veces la altura

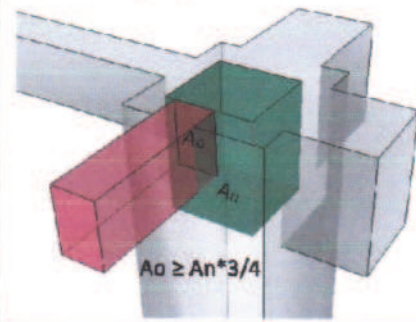


No cumple.

$$L_n \geq 4H$$

10.2) Nodos confinados

10.2.1) Los miembros que llegan al nodo debe cubrir por lo menos 3/4 partes de la cara del mismo.

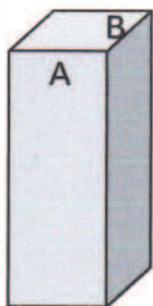


No cumple.

$$A_0 \geq A_n * 3/4$$

10.3) Requisitos mínimos para columnas

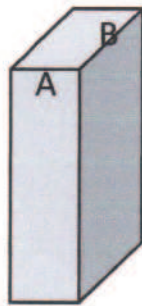
10.3.1) Ancho de columna mayor a 30 cm



$$A \text{ ó } B \geq 30 \text{ cm}$$

No cumple.

10.3.2) Relación Ancho/Largo mayor a 0,4

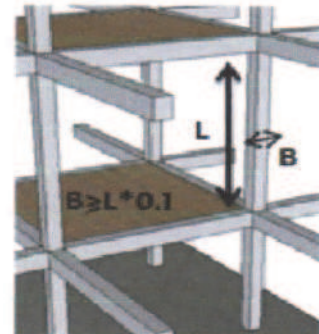


$$A/B \geq 0,4$$

Siendo "A" la menor dimensión.

No cumple.

10.3.3) Efecto de esbeltez en la columna



$$B \geq L * 0.1$$

No cumple.

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.

Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2.5
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.4
Edificios altos (> 7 pisos)	+0.6
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1.2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1.4
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.4
Suelo Tipo D	-0.6
Suelo Tipo E	-1.2
Sub-Total de las variables exógenas	+1.2

Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0.03	-0.06	-0.10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0.30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles	N/A	N/A	-0.10
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0.10
IRREGULARIDADES EN ELEVACION			
Entrepiso blando	-0.30	-0.60	-1.00
Efecto columna corta	-0.09	-0.18	-0.30
Entrepiso Débil	N/A	N/A	-0.10
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0.10
Aumento de las masas con la elevación	N/A	N/A	-0.20
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0.20
Esbeltez excesiva	-0.03	-0.06	-0.10
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0.03	-0.06	-0.10

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS			
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0.03	-0.06	-0.10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS			
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Sub-Total de las variables endógenas

-0.22

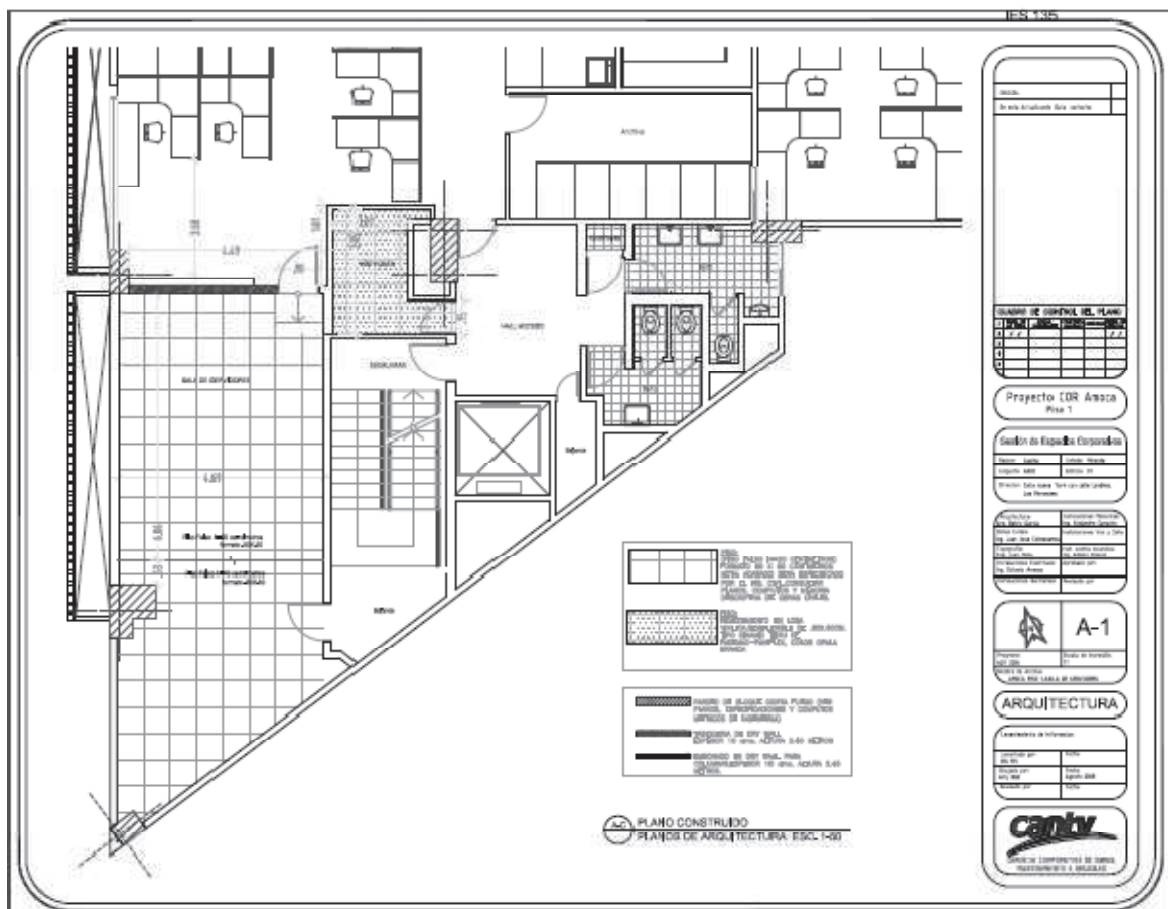
Paso 12: Realizar una sumatoria de todos los modificadores seleccionados y sumarlo a la puntuación inicial.

Puntaje Final (Sumatoria global)	+ 3.48
Puntaje mínimo de aceptación o punto de corte	2
Requiere una evaluación detallada	NO SI

Diagnostico: La estructura no presenta vulnerabilidad

ANEXO D

Planos de planta de Amoca CANTV



Plano de planta de CANTV

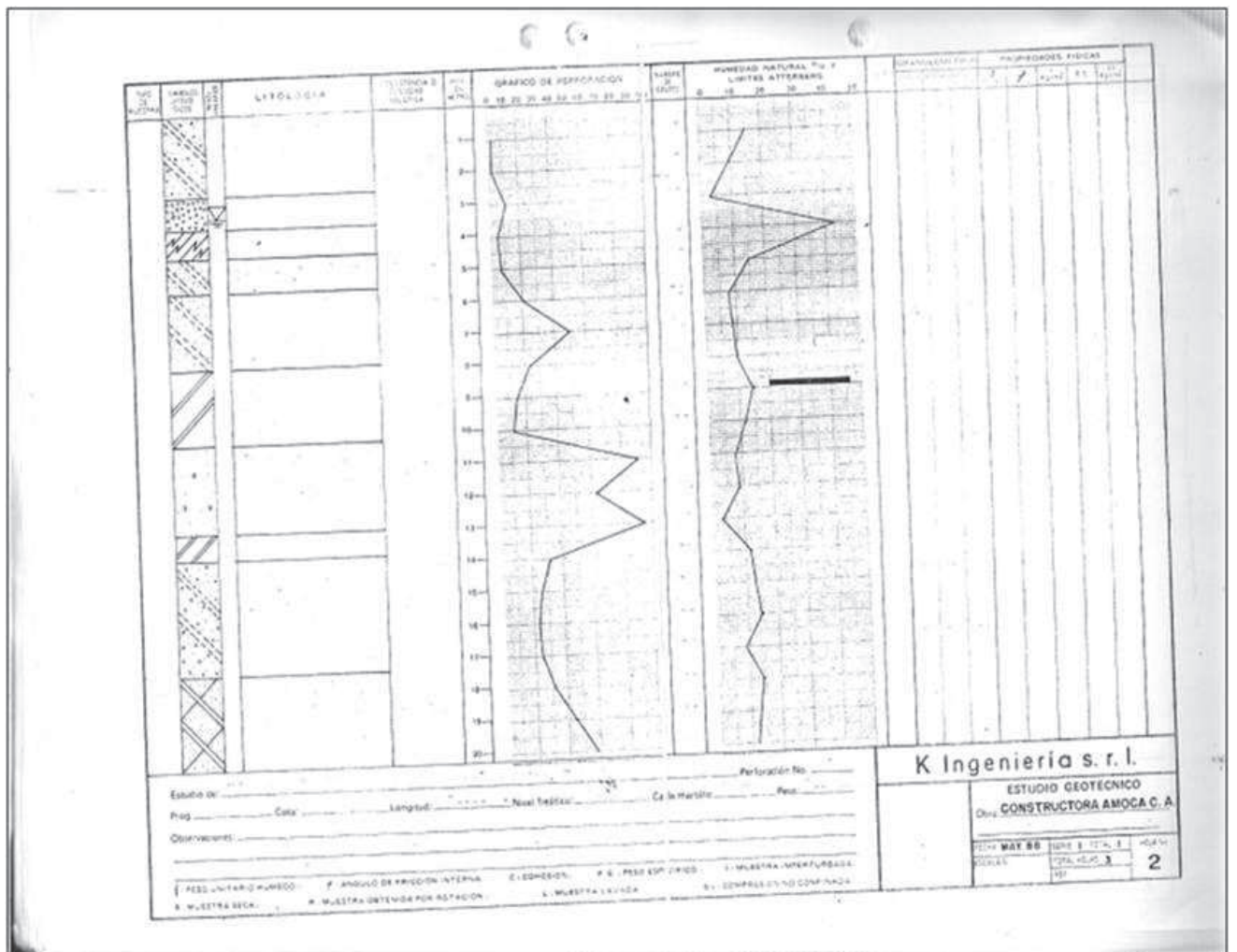
Fuente GELCA 2010

Estudios de suelo de Amoca CANTV



Ubicación de las perforaciones

Fuente: Alcaldía del Municipio Baruta



Estudio Geotécnico, perforación 1

Fuente: Alcaldía del Municipio Baruta

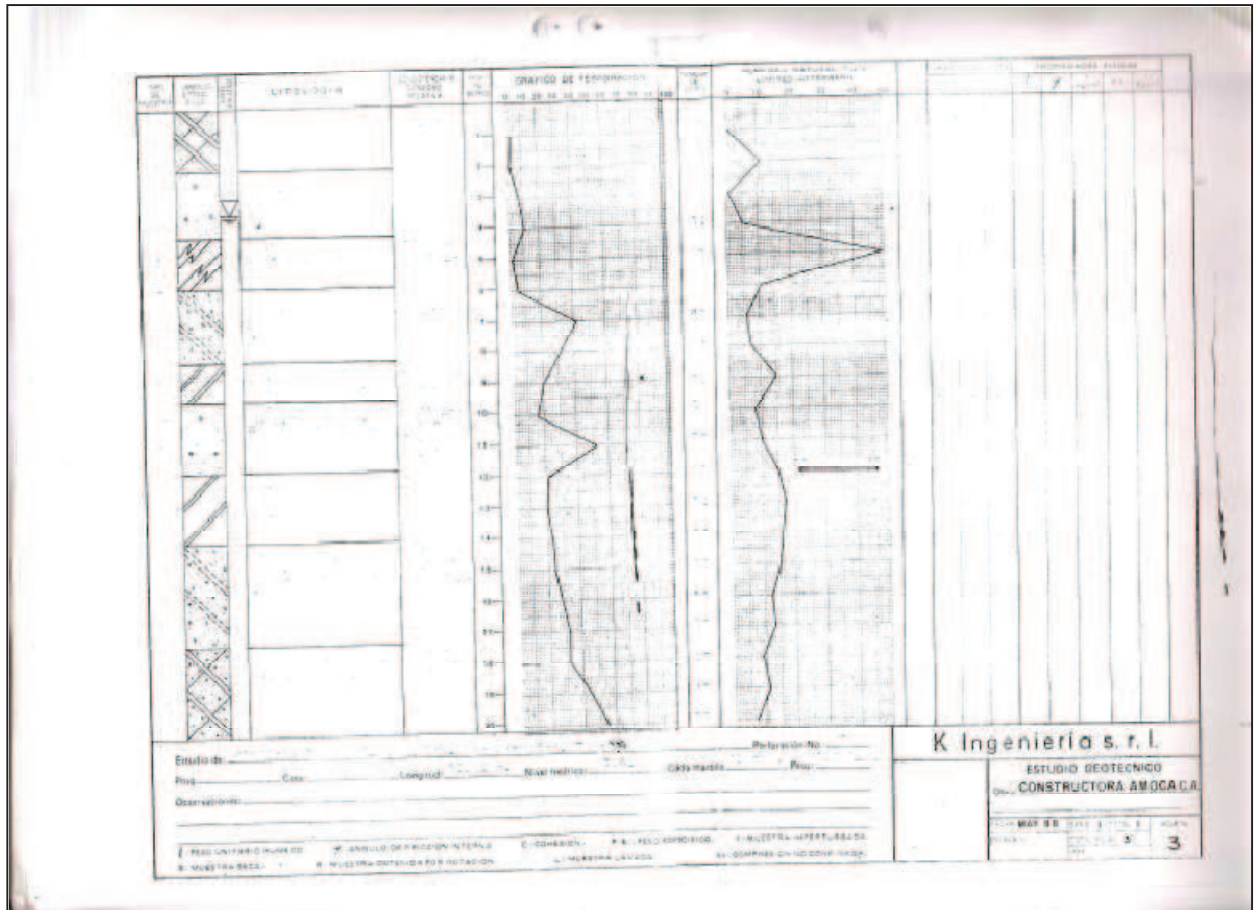
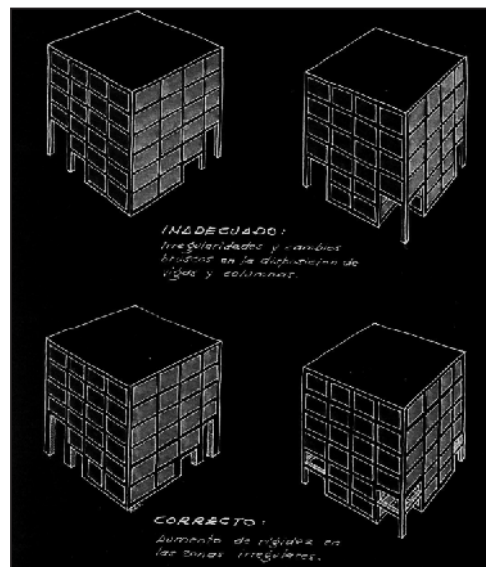


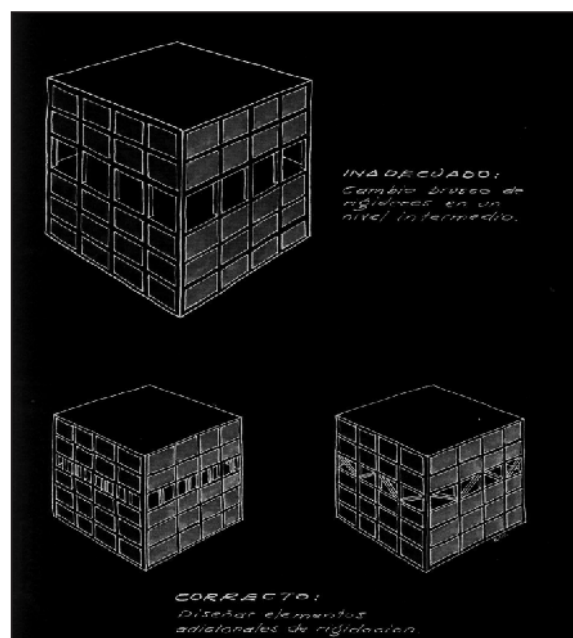
Figura 4.5 Estudio Geotécnico perforación 2

Fuente: Alcaldía del Municipio Baruta

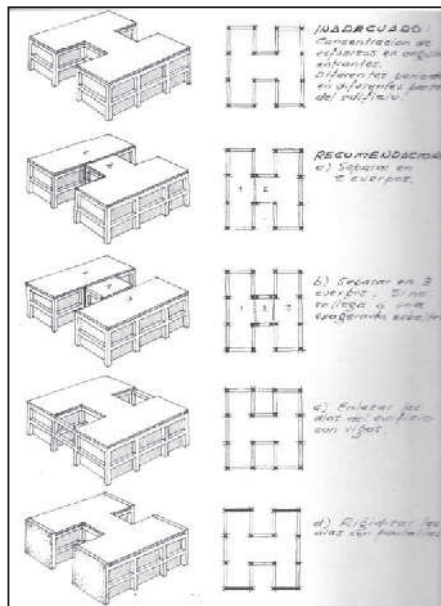
Imágenes de rehabilitación adecuada



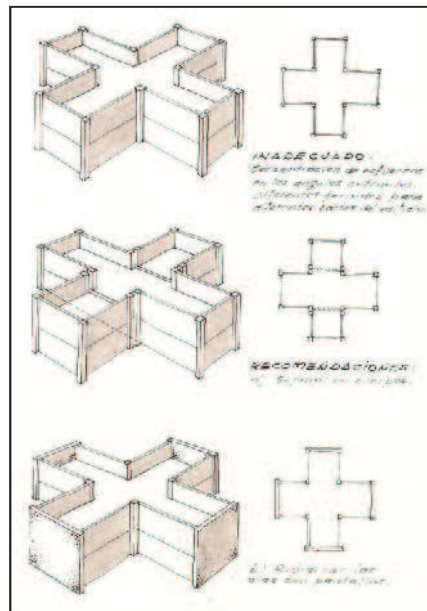
Corrección de Irregularidades
Fuente: E. Arnal (1985)



Corrección de Irregularidades
Fuente: E. Arnal (1985)



Corrección de Irregularidades
Fuente: E. Arnal (1985)



Corrección de Irregularidades
Fuente: E. Arnal (1985)

Anexo G

Años de referencia para la Inspección Visual Rápida según los tipos de edificación.

Tipo de edificación	BOCA	SBCC	UBC	NEHRP
W1: Edificaciones residenciales y comerciales con estructuras ligeras de madera de hasta 5000 pies cuadrados	1992	1993	1976	1985
W2: Edificios con estructuras ligeras de madera con más de 5000 pies cuadrados	1992	1993	1976	1985
S1: Edificios con estructuras de acero resistente a momentos	**	**	1994	**
S2: Edificios arriostrados de estructuras de acero	1992	1993	1988	1991
S3: Edificios de metal Ligero	*	*	*	*
S4: Edificios con estructuras de acero con muro corte vaciado en sitio	1992	1993	1976	1985
S5: Edificios de estructuras de acero con paredes de mampostería no reforzada	*	*	*	*
C1: Edificios con estructuras de concreto resistentes a momento	1992	1993	1976	1985
C2: Edificios de concreto con muros de corte	1992	1993	1976	1985
C3: Edificios resistente de mampostería	*	*	*	*
PC1: Edificios con paneles pre-fabricados	*	*	1997	*
PC2: Edificios de concreto prefabricados	*	*	*	*
RM1: Edificios de mampostería estructural con diafragma flexible	*	*	1997	*
RM2: Edificios de mampostería estructural con diafragma rígido	1992	1993	1976	1985
MUR: Edificios sin mampostería reforzada con muro de carga	*	*	1991	*

* No hay años de referencia

** contactar al departamento local de construcción para el año de referencia

BOCA (siglas en Ingles): Oficiales de Construcción y Administrador de Códigos

SBCC (siglas en Ingles): Congreso del Código de Construcción del Sur

UBC (siglas en Ingles): Conferencia Internacional de la Construcción

NEHRP (siglas en Ingles): Programa Nacional de Reducción de Riesgo ante Terremotos.

Anexo H – Compendio de planillas PAVETI.

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Datos de la edificación

Fecha de estudio de campo

Nombre:

Dirección:

Inspector(es):

Estudio Pre-Campo

Marcar con una "x" y completar la información según corresponda:

Paso 1: Clasificación de la edificación (este paso es aplicable solo en caso de dar una priorización para mitigación de riesgo)

Estimación de ocupantes:

Grupo A <input type="checkbox"/>	Grupo B1 <input type="checkbox"/>	Grupo B2 <input type="checkbox"/>	Grupo C <input type="checkbox"/>
Hospitales, planteles educativos, centrales eléctricas y de bombeo, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, estación de bomberos cuarteles y policía, edificios gubernamentales, bibliotecas, centro de tráfico aéreo y todas aquellas que coloquen en peligro este Grupo.	Edificaciones publicas o privadas densamente ocupadas, tales como: Ocupación mayor a 3000 personas Área techada mas de 20000 m2 Centro de salud tipo ambulatorios con una capacidad total de 20 a 60 camas.	Edificaciones de baja ocupación, tales como: Vivienda, apartamentos, oficinas, hoteles, restaurantes, entidades bancarias, cines , teatros, almacenes v depósitos.	Edificaciones no destinada a la habitación o uso publico y cuyo derrumbe no causa daños a otro Grupo.

Paso 2: Ubicación geográfica

Referencia para determinar velocidades de onda y la resistencia a la penetración del ensayo SPT (1)

Descripción del material	N1 (60)	Vs
Roca dura	---	Vs > 700
Roca blanda	---	Vs > 400
Suelos muy duros o muy densos (rígidos)	N1 (60) > 50	Vs > 400
Suelos duros o densos (medianamente rígidos)	20 ≤ N1 (60) ≤ 50	250 ≤ Vs ≤ 400
Suelos firmes o medio densos (Baja rigidez)	10 ≤ N1 (60) ≤ 20	170 ≤ Vs ≤ 250
Suelos blandos o sueltos (Muy baja rigidez)	N1 (60) < 10	Vs < 170

Paso 5: Seleccionar el material y marcar con un circulo el tipo de suelo

Tipo	Material	Vsp (m/s)	H (m)	Zona 1-4	Zona 5-7
C	Roca sana/fracturada	>500	-	S1	S1
	Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	S1	S1
			>50	S3	S2
D	Suelos duros o densos	250-400	<15	S1	S1
			15-50	S2	S2
			>50	S3	S2
E	Suelos firmes/ medio densos	170-250	≤50	S3	S2
			>50	S3 (a)	S3
E	Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	S3	S2
			>15	S3 (a)	S3
E	Suelos blandos o sueltos intercalados con suelos mas rígidos	---	H1	S2 (c)	S2

Paso 3: Recolección de datos de la edificación.

Altura del edificio	Numero de pisos
Data del proyecto	Año de construcción
Año en que la estructura fue reforzada (si aplica)	

Paso 4: Zonificación sísmica (1)

Estado:	
Municipio:	
Encerrar en un circulo zona sísmica y selección de planilla	
Zona sísmica	Selección de planilla
1	Sismicidad baja <input type="checkbox"/> BS <input type="checkbox"/>
2	
3	Sismicidad intermedia <input type="checkbox"/> IS <input type="checkbox"/>
4	
5	Sismicidad elevada <input type="checkbox"/> ES <input type="checkbox"/>
6	
7	

a) Si se encuentra zona sísmica 1 ó 2 úsese S4

b) El espesor de los estratos con Vsp < 170 m/s debe ser mayor que $0.1 \cdot H$

c) Si $H1 \geq H/4$ y con zona sísmica 1,2 ó 3, úsese S3

H: Prof. a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte Vs > 500 m/s

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 6: Esquema del piso con mayor abertura y plano de planta de la edificación.

Esquema con dimensiones de planta

Área de planta

Área total de aberturas



Marcar con una "x" (solo si aplica), según el porcentaje aprox. de presencia de la irregularidad en comparación a toda la estructura:

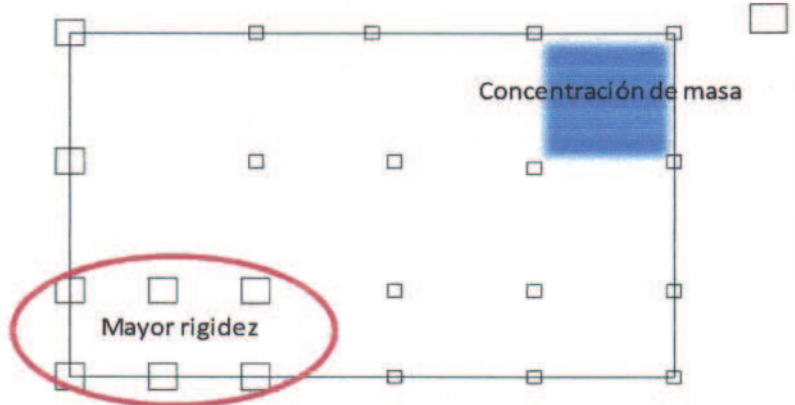
Paso 7: Inspección de irregularidades en planta.1

7.1) Sistema con pórticos no ortogonales.



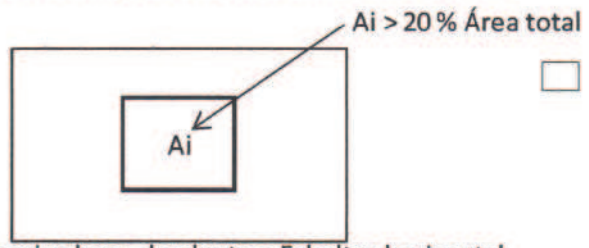
- Mucho $\geq 60\%$
- Intermedio Entre 30-60
- Poco $\leq 30\%$

7.2) Gran excentricidad.

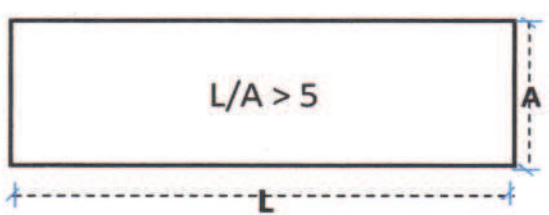


7.3) Diafragma flexible

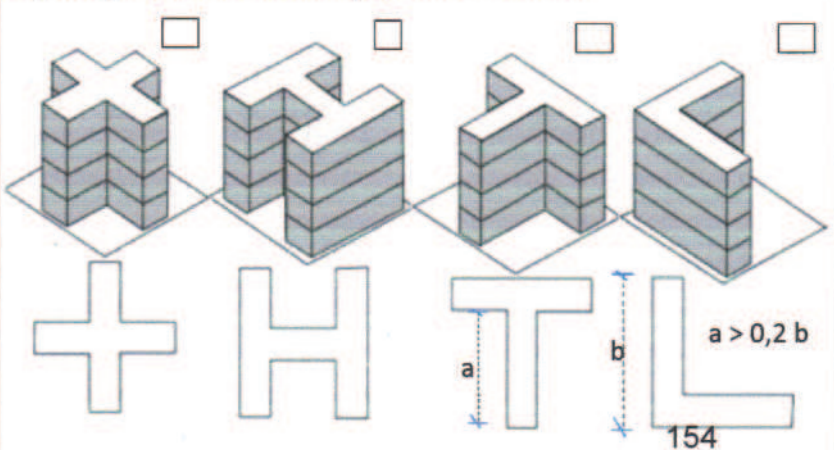
Abertura mayores al 20% del área de la planta



Excesiva long. de planta o Esbeltez horizontal



7.4) Riesgo torsional elevado y salientes flexibles.



1: Norma COVENIN 1756:2001.

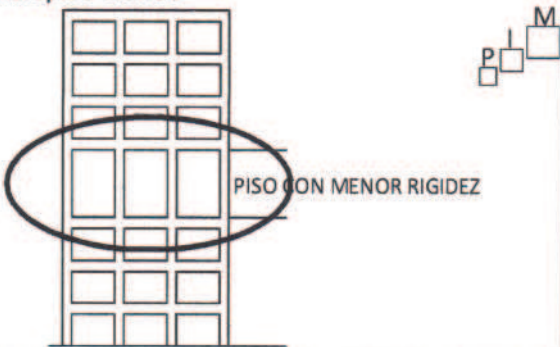
Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

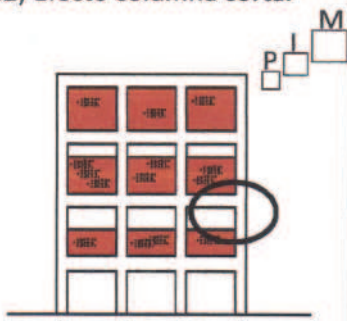
Paso 8: Fotografías y plano vertical de la edificación.

Paso 9: Inspección de irregularidades en elevación.

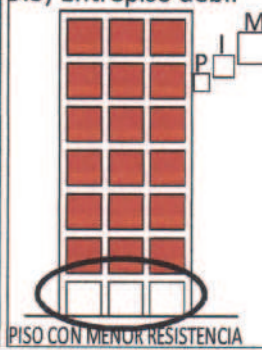
9.1) Entrepiso blando



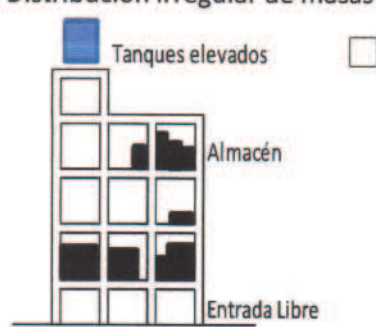
9.2) Efecto columna corta.



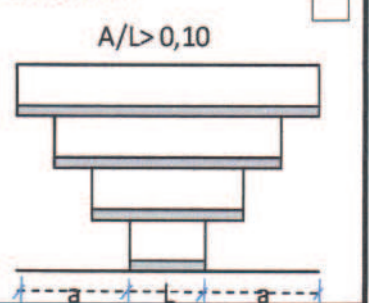
9.3) Entrepiso débil



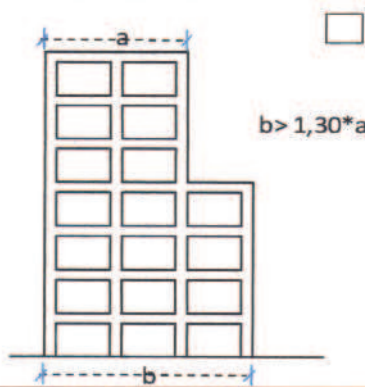
9.4) Distribución irregular de masas



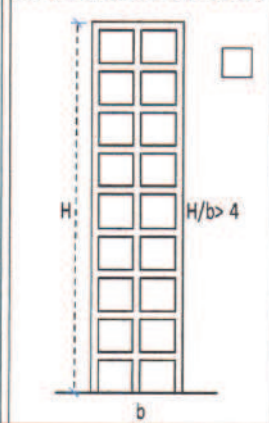
9.5) Aumento de las masas con la elevación



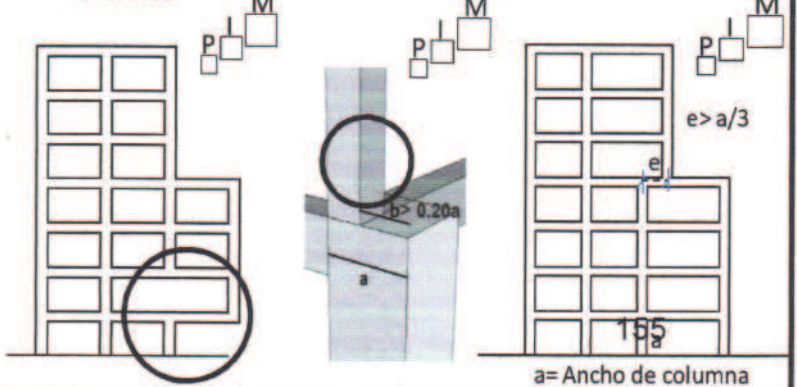
9.6) Variaciones en la geometría del sistema estructural



9.7) Esbeltez excesiva



9.8) Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales.



Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Paso 10: Revisar el NO cumplimiento de los parámetros mínimos sismorresistentes. Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

Marcar con una "x" si no cumple, según el grado de incidencia aproximado con respecto a toda la edificación. (solo aplica para ND2 y ND3)

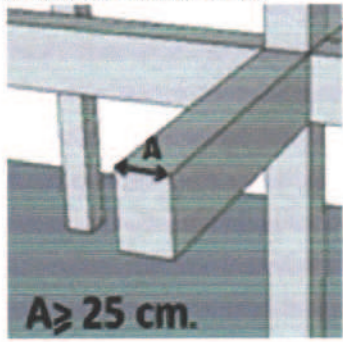
Referencia del nivel de diseño

Grupo	ZONA SÍSMICA		
	1 y 2	3 y 4	5, 6 y 7
A; B1	ND2	ND3	ND3
	ND3		
B2	ND1 (*)	ND2	ND3
	ND2		
	ND3	ND3 (*)	ND2 (**)

(*) Válido para edificaciones de hasta de 10 pisos ó 30 m de altura
 (**) Válido para edificaciones de hasta 2 pisos u 8 m de altura

10.1) Requisitos mínimos para vigas

10.1.1) Ancho mínimo 25 cm



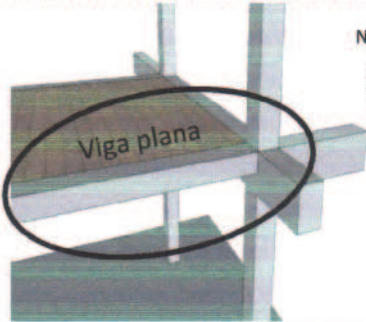
No cumple.
Grado de incidencia

10.1.2) Relación Ancho/Alto mayor a 0,3



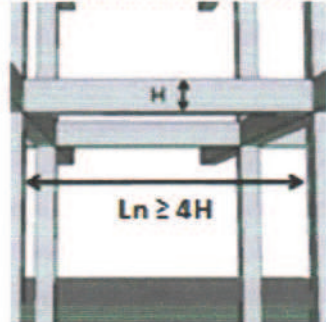
No cumple.

10.1.2) Evitar presencia de vigas planas



No cumple.

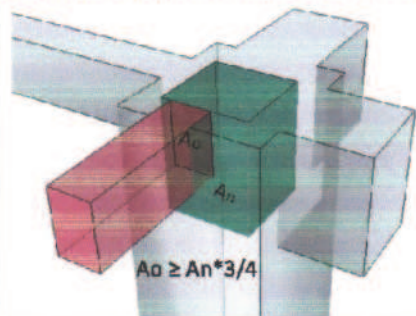
10.1.4) Luz libre mayor a 4 veces la altura



No cumple.

10.2) Nodos confinados

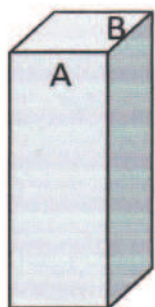
10.2.1) Los miembros que llegan al nodo debe cubrir por lo menos 3/4 partes de la cara del mismo.



No cumple.

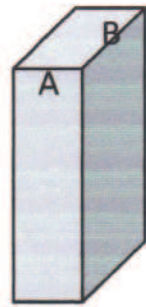
10.3) Requisitos mínimos para columnas

10.3.1) Ancho de columna mayor a 30 cm



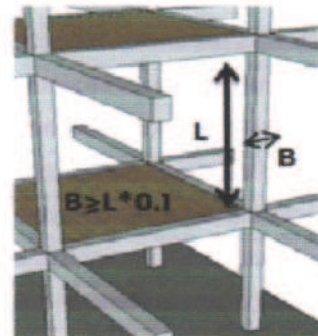
No cumple.

10.3.2) Relación Ancho/Largo mayor a 0,4



No cumple.

10.3.3) Efecto de esbeltez en la columna



No cumple.

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.

Peligro Estructural inicial para BAJA actividad sísmica	4.4
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.4
Edificios altos (> 7 pisos)	+1
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	N/A
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+0,6
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.6
Suelo Tipo D	-1.4
Suelo Tipo E	-2

Sub-Total de las variables exógenas

Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0.05	-0.10	-0.16
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0.48
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles	N/A	N/A	-0.16
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0.16

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0.30	-0.60	-1.00
Efecto columna corta	-0.09	-0.18	-0.30
Entrepiso Débil	N/A	N/A	-0.10
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0.20
Aumento de las masas con la elevación	N/A	N/A	-0.10
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0.10
Esbeltez excesiva	-0.03	-0.06	-0.10
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0.03	-0.06	-0.10

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0.03	-0.06	-0.10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Sub-Total de las variables endógenas

Paso 12: Realizar una sumatoria de todos los modificadores seleccionados y sumarlo a la puntuación inicial.

Puntaje Final (Sumatoria global)		
Puntaje mínimo de aceptación o punto de corte	2	
Requiere una evaluación detallada	NO	SI

Diagnostico: _____

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.

Peligro Estructural inicial para MODERADA actividad sísmica	3
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.2
Edificios altos (> 7 pisos)	+0.5
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1.2
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.6
Suelo Tipo D	-1
Suelo Tipo E	-1.6
Sub-Total de las variables exógenas	

Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0.03	-0.06	-0.10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0.30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0.10
IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0.40	-0.80	-1.33
Efecto columna corta	-0.12	-0.24	-0.40
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0.13
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0.27
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0.04	-0.08	-0.13

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Poco	Intermedio	Mucho
Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0.03	-0.06	-0.10
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Sub-Total de las variables endógenas

Paso 12: Realizar una sumatoria de todos los modificadores seleccionados y sumarlo a la puntuación inicial.

Puntaje Final (Sumatoria global)	
Puntaje mínimo de aceptación o punto de corte	2
Requiere una evaluación detallada	NO SI

Diagnostico: _____

Planilla para el Análisis de Vulnerabilidad de Estructuras Tipo I (PAVETI)

Estudio Campo

Paso 11: Encerrar en un círculo el puntaje modificador correspondiente según la información previamente recolectada.

Peligro Estructural inicial para ALTA actividad sísmica	2.5
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	
Edificios medianos (comprendido entre 4 y 7 pisos)	+0.4
Edificios altos (> 7 pisos)	+0.6
AÑO DE CONSTRUCCION	
Antes de la existencia de una normativa en Venezuela (< 1967)	-1.2
Después de la Norma Sismorresistente (≥ 1982)	+1.4
TIPO DE MATERIAL	
Suelo Tipo C	-0.4
Suelo Tipo D	-0.6
Suelo Tipo E	-1.2
Sub-Total de las variables exógenas	

Cap. 6 de la Norma COVENIN 1756:2001.

IRREGULARIDADES EN PLANTA	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Sistema con pórticos no ortogonales	-0.03	-0.06	-0.10
Diafragma flexible	N/A	N/A	-0.30
Riesgo torsional elevado y salientes flexibles			
Gran excentricidad	N/A	N/A	-0.10

IRREGULARIDADES EN ELEVACION	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Entrepiso blando	-0.30	-0.60	-1.00
Efecto columna corta	-0.09	-0.18	-0.30
Entrepiso Débil			
Distribución irregular de masas	N/A	N/A	-0.10
Aumento de las masas con la elevación			
Variaciones en la geometría del sistema estructural	N/A	N/A	-0.20
Esbeltez excesiva			
Discontinuidad en los planos resistentes a cargas laterales	-0.03	-0.06	-0.10

Cap. 18 de la Norma FONDONORMA 1753:2006.

REQUISITOS MÍNIMOS EN VIGAS	Grado de incidencia		
	Poco	Intermedio	Mucho
Ancho mínimo 25 cm.	-0.03	-0.06	-0.10
Relación ancho/alto mayor a 0.3			
Evitar presencia de vigas plana			
Luz libre mayor a 4 veces la altura			
REQUISITOS MÍNIMOS NODOS	Poco	Intermedio	Mucho
	Cubre por los menos 3/4 partes de la cara del nodo	-0.03	-0.06
REQUISITOS MÍNIMOS COLUMNAS	Poco	Intermedio	Mucho
	Ancho de columna mayor a 30 cm.	-0.03	-0.06
Relación ancho/largo mayor a 0.4			
Efecto de esbeltez en la columna			

Sub-Total de las variables endógenas

Paso 12: Realizar una sumatoria de todos los modificadores seleccionados y sumarlo a la puntuación inicial.

Puntaje Final (Sumatoria global)	
Puntaje mínimo de aceptación o punto de corte	2
Requiere una evaluación detallada	NO SI

Diagnostico: _____