



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA OBTENIDA MEDIANTE  
MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE DOS  
ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO  
ESTRUCTURAL UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO  
COJEDES.**

**Autores:**

Colina F Paola A  
Giménez F Ana C

Urb. Yuma II, calle N. ° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8770975



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA  
OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE  
DOS ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO ESTRUCTURAL  
UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO COJEDES.”**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:** Colina Paola

C.I.: 21.054.516

Ana Giménez

C.I.: 20.473.386

**Tutor:** Ing. Joel Curreri

San Diego, Abril de 2019



FI-CV-016-2019-ICR

Valencia, 13 de Marzo de 2019

Ciudadano:  
Paola Colina  
C.I: 21.054.516  
Ana Giménez  
C.I: 20.473.386

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 13-03-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE DOS ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO ESTRUCTURAL UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO COJEDES**. Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Joel Curreni, C.I: 17.338.221 y la Ing. Alicia De Pizzella, C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/lc.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Joel Curreri portador de la cédula de identidad N°17.338.221, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Ana Giménez y Paola Colina, portadores de la cédula de identidad N° 20.473.386 y N° 21.054.516 respectivamente, titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE DOS ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO ESTRUCTURAL UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO COJEDES.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 9 días del mes de mayo del 2019.

Ing. Joel Curreri

C.I.: 17.338.221

## **DEDICATORIA**

A Dios y mi Divina Pastora, que mediante la oración y la fe me brindaron entendimiento, fortaleza y sabiduría para poder culminar con éxito esta etapa.

A mis padres, Madelein Figueroa y José Giménez quienes siempre dieron todo por mí, brindándome su apoyo incondicional y motivándome a seguir y persistir en este camino, son la principal fuente de inspiración y de orgullo en mi vida.

A mi hermano, Pedro Giménez, que aunque a veces no sabía mucho lo que hacía, cuando podía aportar lo hizo y también fue fundamental en este proceso.

A mis amigas incondicionales, quienes me dieron suficiente apoyo cuando pensaba que no podía más, gracias por siempre estar, escucharme y apoyarme, infinitas gracias...Beatriz, Andrea, Deydre, Mariale, Claudia y Yahí ¡LAS ADORO!

A mi compañera de tesis Paola, quien fue parte fundamental en este camino y estuvo a mi lado para poder alcanzar esta meta, con paciencia, cariño y compañerismo, ambas sabemos por todo lo que pasamos en este proceso.

Por último, a nuestro tutor Joel Curreri por su dedicación, orientación y tiempo en la realización de este Trabajo de grado.

Ana Giménez

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi virgencita Divina Pastora, por darme la fortaleza y el entendimiento necesario para poder culminar mi carrera y lograr cada meta que me he propuesto.

A mis Padres, Rafael Honorio y Olga; que con todo el sacrificio y el hecho de estar lejos por muchos años me apoyaron desde la distancia para alcanzar este logro, sin el apoyo de ustedes esto no hubiese sido posible, son mi pilar fundamental. Los amo!

A mi hermana, María Claudia; gracias por tu amor y tu motivación, sabes todo lo el sacrificio y las noches de desvelo que implica esta carrera porque también te estas formando para ser una Ingeniero Civil. Te amo!

A mi compañera de Tesis, Ana Carolina; juntas nos propusimos iniciar este camino y salir de nuestra zona de confort, y después de tantos obstáculos en nuestra contar y creer que iba a ser casi que imposible pudimos lograrlo, Gracias por tanto!

A mis amigas y hermanas, Karla, Andre e Isa; Gracias por apoyarme y llenarme de sus buenas vibras, después de muchos años de amistad por fin ya somos Ingenieros. Las adoro!

A Luis Pastrán y Jesús López; Gracias por tanto, los extrañare mucho, sin duda alguna me quedo corta con lo agradecida que estoy con ustedes por ser como fueron conmigo hasta el último momento. Los quiero mucho!

Por último, a nuestro tutor Joel Curreri por su tiempo y orientación, gracias por tu apoyo.

Paola Colina



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

### ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE DOS ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO ESTRUCTURAL UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO COJEDES." ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Joel Curreri.  
Tutor Académico

  
Firma

3-6-19  
Fecha

Ing. Alicia Yáñez de Pizzella  
Tutor Metodológico

  
Firma

3-6-19  
Fecha

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	Pág.
<b>I EL PROBLEMA</b>	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación.....	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Alcance y limitaciones.....	6
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Vulnerabilidad sísmica.....	10
2.2.2 Tipos de vulnerabilidad.....	10
2.2.2.1 Vulnerabilidad física.....	10
2.2.2.2 Vulnerabilidad funcional.....	11
2.2.3 Métodos empleados para evaluar la vulnerabilidad sísmica en estructuras.....	11
2.2.3.1 Método empírico.....	11
2.2.3.2 Métodos cualitativos o subjetivos.....	17
2.2.4 Riesgo Sísmico.....	18
2.2.5 Amenaza o peligro sísmico.....	18
2.2.6 Índice de vulnerabilidad.....	18
2.2.7 Daño sísmico.....	18
2.2.8 Acero Estructural.....	19
2.2.9 Tipos de pórticos en acero.....	20
2.2.10 Comportamiento sismorresistente de sistemas a momentos.....	24
2.2.11 Conexiones.....	26
2.2.12 Tipos de conexiones.....	27
2.2.13 Pasadores.....	31
2.2.14 Pernos o tornillos.....	31
2.2.15 Soldaduras.....	31
2.2.15.1 Según el tipo de juntas.....	32
2.2.15.2 Según el tipo de soldadura.....	32

2.2.15.3	Según la posición para soldar.....	34
2.2.16	Corrosión.....	34
2.2.17	Tipos de corrosión.....	35
2.2.18	Pandeo.....	36
2.2.19	Tipos de pandeo.....	37
2.2.20	Aplicación de la metodología de FUNVISIS “Planilla de Inspección de Edificaciones”	40
2.2.21	Aplicación de la metodología del manual Fema 154 “Planilla ATC-21”	43
2.2.22	Índice de Priorización de Edificaciones	60
2.3	Definición de términos básicos.....	60
 <b>III MARCO METODOLÓGICO</b>		
3.1	Tipo de la investigación.....	62
3.2	Diseño de la investigación.....	63
3.3	Nivel de la investigación.....	63
3.4	Población y muestra.....	63
3.4.1	Población.....	63
3.4.2	Muestra.....	64
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
3.6	Fases metodológicas.....	65
 <b>IV RESULTADOS</b>		
4.1	Recopilar información estructural en etapa de proyecto y construcción de dos estructuras construidas en acero estructural ubicadas en Tinaquillo, Edo. Cojedes.....	67
4.1.1	Edificación Supermercado Doce 24.....	67
4.1.1.1	Calidad y estado de la construcción.....	67
4.1.1.2	Configuración y forma de la edificación:.....	73
4.1.1.3	Tipo de estructura.....	75
4.1.1.4	Tipo de suelo y cimentación.....	78
4.1.2	Estructura: Galpón Industrial dentro de las instalaciones de Planta Baruta.....	80
4.1.2.1	Calidad y estado de la construcción.....	80
4.1.2.2	Configuración y forma de la edificación.....	82
4.1.2.3	Tipo de estructura.....	82
4.1.2.4	Características del suelo y la cimentación.....	83
4.2	Analizar la información más relevante obtenida mediante la inspección visual que afecte la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras	83

construidas	en	acero	
estructural.....			
4.2.1	Aplicación de la metodología de FUNVISIS “Planilla de Inspección de Edificaciones”.....		84
4.3	Identificar las condiciones de Riesgo Sísmico cualitativa en las estructuras de acero mediante el Método de Priorización de Edificios para la Gestión de Riesgo Sísmico (FUNVISIS-FONACIT-N° 2007000939, 2014).....		93
4.3.1	Identificar las condiciones de Riesgo Sísmico cualitativa en las estructuras de acero mediante el Método de Priorización de Edificios para la Gestión de Riesgo Sísmico (FUNVISIS-FONACIT-N° 2007000939, 2014).....		93
4.3.1.1	Estructura: SUPERMERCADO DOCE 24.....		93
4.3.1.2	Estructura: Galpón Industrial dentro de las instalaciones de Planta Baruta.....		98
4.3.2	Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona (1989).....		103
4.4	Comparar la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando varios métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.....		105
<b>CONCLUSIONES.....</b>			<b>110</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>			<b>112</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>			<b>113</b>
<b>ANEXOS.....</b>			<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>Pág</b>
1	Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona....	48
2	Matriz SUPERMERCADO DOCE24.....	104
3	Matriz GALPÓN PLANTA BARUTA.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>Pág.</b>
1	Sistemas resistentes a fuerzas laterales.....	13
2	Significado de las nomenclaturas formato FEMA 154.....	14
3	Ilustraciones de irregularidades verticales en edificaciones.....	15
4	Irregularidades en planta en edificaciones.....	16
5	Estructura de pórticos no arriostrados.....	21
6	Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricamente.....	22
7	Configuraciones típicas para pórticos arriostrados excéntricamente.....	23
8	Planchas de continuidad.....	25
9	Deformación del panel nodal por acción del sismo.....	26
10	Conexión WUF-W.....	28
11	Conexión RBS.....	29
12	Conexión BUEP y BSEP.....	30
13	Conexión BFP.....	30
14	Soldadura de penetración.....	32
15	Soldadura de filete.....	33
16	Soldadura de tapón o canal.....	32
17	Elemento en presencia de pandeo.....	36
18	Pandeo Flexional.....	36
19	Pandeo Torsional.....	37
20	Pandeo Flexo Torsional.....	38
21	Pandeo Local.....	38
22	Planilla de inspección de edificaciones.....	40
23	Parte de la planilla de inspección de edificaciones.....	41
24	Planilla De Inspección Visual Rápida FEMA.....	43
25	Espacio De Recolección De Datos FEMA.....	44
26	Espacio para el tipo de ocupación y número de ocupantes.....	44
27	Recuadro Para La Selección De Tipo De Suelo.....	45

28	Respaldo del método Cardona, Recuadro Para La Selección De Peligro No Estructural.....	45
29	Recuadro Para La Selección De Tipología Estructural.....	46
30	Recuadro Para La Selección De Modificadores De La Cuenta Básica.....	47
31	Respaldo del método Cardona .....	48
32	Índice de vulnerabilidad (Ii) específica y peso relativo ( $\alpha_i$ ).....	49
33	Valores Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad (I1)...	50
34	Valores Índice de vulnerabilidad asociado con el tipo estructural (I2).....	50
35	Valores Índice de vulnerabilidad asociado a las irregularidades (I3).....	51
36	Valores Índice de vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito.....	51
37	Valores Índice de vulnerabilidad con la topografía y los drenajes (I5).....	52
38	Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada con la topografía.....	53
39	Valores Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6).....	54
40	Grupo según el uso de la edificación.....	54
41	Índice de importancia (Ii).....	55
42	Zonificación Sísmica de Venezuela.....	55
43	Valores de Índice de Amenaza (IA).....	56
44	Zonas donde se consideran los efectos topográficos en el Índice de Amenaza.....	56
45	Valoración de Índice de vulnerabilidad (Iv).....	57
46	Valoración de Índice de Riesgo (Ir).....	58
47	Valoración de los índices de priorización (IP).....	59
48	Calidad y estado de la construcción supermercado doce24.....	76
49	Apreciación de barras lisas en la construcción del supermercado doce24.....	76
50	Falta de ortogonalidad en construcción del supermercado doce24.	77
51	Configuración y forma de la edificación supermercado doce24....	78
52	Forma de la edificación del supermercado doce24.....	78
53	Reforzamiento del ala con planchas- tipo de estructura.....	80
54	Correas -Tipo de estructura.....	80
55	Conexión de viga y columna por eje débil.....	81

56	Ausencia de plancha de continuidad.....	82
57	Tipo de suelo y cimentación supermercado doce24.....	83
58	Fundación del supermercado doce24.....	83
59	Calidad y estado de la construcción galpón Baruta.....	84
60	Planchas Gusset Plate.....	85
61	Ejes de planchas base para columnas no alineados.....	85
62	Configuración y forma de la edificación galpón Baruta.....	86
63	Tipo de estructura galpón Baruta.....	86
64	Tipo de estructura pórticos arriostrados.....	87

## ÍNDICE DE CUADRO

<b>CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
1 Supermercado doce 24. Viga. Planta baja.....	73
2 Supermercado doce 24. Estructura completa. Planta.....	74
3 Supermercado doce 24. Viga y columna. Planta.....	75
4 Inspección Visual. Supermercado doce 24.....	76
5 Galpón Planta Baruta. Conexiones y soldaduras.....	77
6 Galpón Planta Baruta. Conexiones.....	78
7 Galpón Planta Baruta. Rigidizador.....	79
8 Galpón Planta Baruta. Inspección visual.....	80
9 Características de los métodos.....	105
10 Indicadores para evaluar cada método cualitativo y empírico...	106
11 Matriz de comparación de los métodos.....	107



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA  
OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS CUALITATIVOS Y EMPÍRICOS DE  
DOS ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN ACERO ESTRUCTURAL  
UBICADAS EN TINAQUILLO, EDO COJEDES.**

**Autores:** Colina F Paola A.

Giménez F Ana C.

**Tutor:** Ing. Joel Curreri.

**Fecha:** Abril, 2019

**RESUMEN INFORMATIVO**

La presente investigación comprende el estudio de un análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica obtenida mediante métodos cualitativos y empíricos de dos estructuras construidas en acero estructural ubicadas en Tinaquillo, Edo Cojedes. Actualmente, existen ciertos métodos para la evaluación de una estructura, los cuales se apoyan básicamente en la observación detallada y en la opinión de ingenieros calificados, en algunos casos si se requiere se puede complementar con estudios más detallados como lo es un estudio cuantitativo. En este caso, se busca la determinación de los síntomas de fallas presentes en las estructuras a partir de la inspección visual, a través de los métodos FEMA 154-ATC 21, EMPÍRICO de CARDONA y la planilla de inspección de edificaciones FUNVISIS, los resultados proporcionados por el estudio, servirán de aporte para decisiones futuras sobre la estructura además de que aportaran un nivel de confianza en los que habitan sobre la edificación.

**Descriptor:** vulnerabilidad, falla, cualitativo, empírico, acero

## INTRODUCCIÓN

Los fenómenos sísmicos son uno de los principales peligros naturales, causantes de innumerables pérdidas humanas y económicas que por su naturaleza son imposibles de predecir tanto en tiempo como en magnitud para evitar daños. Por esto, resulta de vital importancia el constante estudio de diferentes formas de mejorar el comportamiento ante un sismo de las estructuras próximas a construir.

Las estadísticas confirman según FUNVISIS que en Venezuela casi el 80% de la población vive en zonas de acción sísmica fuerte debido a un sistema de fallas que se extiende a lo largo de un cinturón de aproximadamente entre 100 y 150km, definido por los sistemas montañosos de los Andes Venezolanos, La Cordillera Central y Oriental.

Es por ello que en este estudio se pretende comparar la vulnerabilidad sísmica de dos (2) estructuras de acero estructural obtenidas mediante la aplicación métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales, ubicados en Tinaquillo, estado Cojedes, las cuales son de uso comercial.

En esta investigación se evaluarán los resultados obtenidos de las estructuras, tomando en cuenta el método cualitativo FUNVISIS y los métodos FEMA154- ATC 21 y método EMPÍRICO de CARDONA con el propósito de evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante un posible evento sísmico. De tal manera, la presente investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

**CAPÍTULO I:** Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance.

**CAPÍTULO II:** Antecedentes de la investigación, bases teóricas, y definición de términos.

**CAPÍTULO III:** Tipo de Investigación, nivel de la investigación, diseño de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases metodológicas.

**CAPÍTULO IV:** Resultados, Referencias bibliográficas, conclusiones y recomendaciones

## **CAPÍTULO I EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Un sismo es un fenómeno que produce sacudidas o movimientos bruscos en el terreno generalmente producido por actividad tectónica siendo impredecible tanto en tiempo como en magnitud pudiendo causar un gran desastre natural, daños de gravedad en las edificaciones y un impacto desfavorable a la población.

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 venezolana vive en zonas de alta amenaza sísmica, aumentando el nivel de riesgo si se eleva el índice demográfico, así como también, el incumplimiento de los requisitos normativos para el diseño y construcción de estructuras. En tal sentido, existen factores como la buena elección de materiales bajo un estricto proceso de fabricación, construcción y el adecuado mantenimiento de las estructuras, los cuales permiten disminuir los niveles de riesgo al momento de presentarse un sismo.

Es necesario evaluar una condición importante en las edificaciones como la vulnerabilidad sísmica, entendiéndose como la pérdida de la capacidad de los edificios, a resistir las cargas horizontales originadas por un sismo específico.

Las estructuras de acero ocupan un lugar importante en las construcciones civiles. Por ello al igual que las edificaciones de concreto, su comportamiento debe ser analizado al momento de ocurrir un sismo. Estas estructuras metálicas tienen un buen desempeño durante la ocurrencia de un evento sísmico, esto debido a su ligereza, ductilidad, desplazamiento y resistencia. Sin embargo, no están exentas de sufrir daños importantes ya que dependerá de las condiciones en las que se encuentre la estructura.

De este modo, se considera reducir la vulnerabilidad de la estructura tomando en cuenta el sitio donde ésta será fundada, la tipología y el diseño estructural de la edificación, este último parámetro es el único que le compete al ingeniero calculista y por ende es la única oportunidad que tiene para reducir los daños ocasionados por los movimientos sísmicos

Existen métodos asociados a la vulnerabilidad como lo son los métodos cualitativos y empíricos, los cuales permiten identificar las causas que la generan, además de dar un aporte eficiente a la creación y aplicación de medidas de prevención y mitigación de desastres, de acuerdo a las condiciones naturales, sociales, culturales y políticas de una comunidad.

Los métodos cualitativos y empíricos, ocasionan discrepancias a la hora de inspeccionar o de realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica y en ocasiones no se adaptan a la realidad observada en campo. Aunado a esto, las planillas pueden variar de acuerdo a un país o región, además de presentar ciertas diferencias en la información reflejada.

Es necesario resaltar que los mismos, provienen de una serie de verificaciones que se le han realizado a estructuras con métodos cuantificables permitiendo así clasificar o determinar el índice de preocupación de la edificación. Es por ello que se pretende llevar a cabo esta investigación, donde se aplicaran una variedad de métodos empíricos y cualitativos a estructuras de acero y además de propiciar información relevante los cuales servirán de apoyo para futuras decisiones e investigaciones, ya que dichos métodos no consideran suficientes variables relacionadas a estructuras metálicas.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Existen diferencias al obtener la vulnerabilidad sísmica en estructuras de acero aplicando métodos cualitativos y empíricos?

### **1.3 Objetivo de la Investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Comparar la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras construidas en acero estructural obtenidas mediante la aplicación de métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales, ubicados en Tinaquillo, Edo. Cojedes.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información estructural en etapa de proyecto y construcción de dos estructuras construidas en acero estructural ubicadas en Tinaquillo, Edo. Cojedes.
- Analizar la información más relevante obtenida mediante la inspección visual que afecten la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras construidas en acero estructural.
- Obtener la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando varios métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.
- Comparar la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando varios métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.

### **1.4 Justificación de la investigación**

En la actualidad, la ingeniería busca la manera de aplicar herramientas para facilitar y disponer de soluciones que permitan diseñar y mejorar estructuras sismorresistentes adecuadas para su utilización.

El acero es un material caracterizado por tener una elevada resistencia, rigidez, ductilidad y ligereza por lo cual su uso es recomendado para edificaciones sismorresistentes.

Es por esta razón que al requerirse estructuras con un buen desempeño al momento de presentarse un sismo, se pretenda minimizar la vulnerabilidad sísmica,

identificando las zonas de la estructura que serían más propensas a dañarse o a colapsar durante un evento sísmico.

Es así como a partir de los métodos cualitativos y empíricos, acompañados de la opinión de expertos y apoyada en estudios anteriores se pretenda realizar inspecciones visuales las cuales pueden arrojar resultados que conlleven a crear estrategias preventivas que beneficien la estructura en estudio. El procedimiento no pretende cuantificar en forma absoluta los niveles de vulnerabilidad y riesgo de la edificación, sino más bien suministrar índices que permitan comparar una edificación con otra por medio de los métodos y de la visualización, a fin de definir prioridades hacia estudios posteriores más detallados que permitan la toma de decisiones y eventuales intervenciones para su mejoramiento, bajo el marco de la prevención ante la futura ocurrencia de terremotos.

Los resultados de la aplicación de los métodos cualitativos y empíricos propuestos servirán para proporcionar un nivel de seguridad y confianza hacia la edificación, sin embargo, también puede aportar un aviso en aquellas edificaciones críticas que requieran evaluaciones estructurales más detalladas y apuntar las decisiones hacia una gestión integral del riesgo sísmico.

Por lo tanto, se debe exigir el diseño de estructuras de calidad donde el daño que se pueda sufrir, sea un daño planificado, es decir, un daño calculado. Para ello existen diversos sistemas constructivos que le pueden brindar fortaleza a las estructuras al momento de un terremoto, reduciendo la afectación del sismo y aportando a la edificación un buen proceso de fabricación y construcción, acompañado de una inspección cuidadosa de cada detalle.

Finalmente, la investigación se fundamentara en un análisis comparativo realizado a estructuras metálicas basados en que tan vulnerable resultan luego de construidas, apoyándose en la observación detallada junto con la aplicación de métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.

## **1.5 Alcance y limitaciones**

La investigación que se desarrollara tendrá lugar en el Estado Cojedes, específicamente en la comunidad de Tinaquillo, tomando como objeto de estudio dos estructuras metálicas las cuales se encuentran inconclusas y en proceso de culminación; la visita a campo, inspección visual, planos estructurales, informe geotécnico y memoria fotográfica, además del recorrido por la instalaciones permitirán la identificación detallada de las manifestaciones patológicas existentes en dichas estructuras, para esto se plantea la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante una serie métodos cualitativos y empíricos como lo son FEMA 154-ATC 21, CARDONA y la PLANILLA de inspección de edificaciones FUNVISIS basados en códigos nacionales e internacionales, los cuales permitirán dar un pre diagnóstico y posteriormente una decisión más precisa y arrojando resultados que luego podrán compararse y contribuir a identificar detalles relevantes o carencias de dichos métodos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Es probable que el ser humano al entender que los sismos no pueden ser controlados por el hombre pero si las formas de construcción, ya sea modificando o corrigiendo algunas acciones del hombre logre tomar medidas a tiempo para crear, reforzar o reconstruir estructuras sismo resistentes de manera que se logre reducir dicha vulnerabilidad y así minimizar el grado de fragilidad de las estructuras, evitando pérdidas humanas y/o materiales.

Para el desarrollo de esta investigación, la información fue recopilada apoyándose en investigaciones y antecedentes que se consideraron necesarios como fundamento para la explicación e interpretación de la vulnerabilidad sísmica mediante métodos cualitativos y empíricos.

Caballero, A. (2007) , en su trabajo de grado titulado **“Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica”** realizado en Colombia, para optar al título de ingeniero civil, planteó como objetivo hallar la vulnerabilidad sísmica del centro de Sincelejo y sus alrededores, por medio del método del índice de vulnerabilidad, para así determinar el daño esperado para diferentes aceleraciones sísmicas, utilizando como herramienta principal la tecnología del sistema de información geográfica SIG, acompañado de un estudio de zonificación geotécnica, un análisis cualitativo y una completa información de las edificaciones a estudiar.

Se elaboró una base de datos para los diferentes tipos de edificios existentes, para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se tomaron en cuenta las características geotécnicas debido a su importancia en el comportamiento de la estructura. El autor concluyó que una parte de las edificaciones antiguas presentan un buen comportamiento debido a la calidad de los materiales con que fueron

construidas, mientras que otro grupo de las edificaciones fueron construidas sin ninguna normativa sísmica, lo que la convierte en una estructura alta en vulnerabilidad. Esta investigación aporta fundamentos teóricos del análisis cualitativo, los cuales ayudaran en el trabajo que se está ejecutando.

Así mismo, López O. (2010), en su artículo **“Evaluación Sismorresistente de edificios escolares en Venezuela”**, publicado por la **Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 25, No 4, Universidad Central de Venezuela, IMME**, el evento sísmico ocurrido en Cariaco (Estado Sucre) en 1997, donde 4 edificaciones escolares colapsaron dio inicio a una investigación sobre este tema, pues muchas edificaciones a lo largo del país presentan características geométricas similares no adaptadas a la región y zona sísmica donde se encuentran ubicadas. Esto genera gran preocupación por la alta vulnerabilidad sísmica de las mismas, esta investigación hace un estudio profundo en la evaluación del riesgo sísmico que presentan dichas edificaciones, especialmente las de tipología similar a las colapsadas en el evento sísmico y las de mayor antigüedad. La metodología empleada fue una planilla de diseño propio donde se plasmaron las características geométricas de las estructuras, recolectadas en una inspección visual; en conclusión obtuvieron que aproximadamente el 70% de la edificaciones escolares del país están en amenaza sísmica. El aporte para esta investigación fue significativo, específicamente en la toma de decisiones para la recuperación o reforzamiento de estructuras en base a la vulnerabilidad sísmica de la estructura estudiada.

También, Lozada E. y Villareal M. (2013), Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Lara, realizaron una tesis titulada **“Caracterización de la sintomatología de fallas e identificación de condiciones de riesgo en el liceo Bolivariano Mario Briceño Iragorry y U.E.N. República de Costa Rica en Barquisimeto – Estado Lara”**, para optar al título de ingeniero civil. Una de las edificaciones estudiadas en este caso es de concreto armado (liceo Bolivariano Mario Briceño Iragorry), la otra edificación es de mampostería armada (U.E.N. República de Costa Rica), por tal razón solo se considera la mencionada primero, allí se deseaba

conocer las fallas que presentaba y las condiciones de riesgo; mediante la recolección de datos en una inspección visual se caracterizaron las diferentes fallas que presentaba como fisuras, grietas, desprendimientos y otras, de igual forma por medio de la metodología Hassan y Sozen determinaron la vulnerabilidad sísmica de la edificación. Se obtuvo como resultado que en comparación con las edificaciones colapsadas en el sismo de Cariaco 1997, la edificación estudiada presentó menor riesgo sísmico. La investigación es de importancia, pues aporta la aplicación del método de comparación y la recolección de información visual, la cual se aplicará en esta investigación.

Por último, Díaz M. y Rodríguez Y. (2013), titulado **“Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones escolares situadas en la ciudad de Cabudare, Estado Lara y divulgación de información sobre recomendaciones en zonas sísmicas”**, realizado para optar por su título a ingeniero civil en Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” en el estado Lara, las edificaciones escolares además de representar gran importancia para el desarrollo social del país, también a la hora de un desastre natural sirven de refugios o centros de acopio para los habitantes de la zona, por ello es fundamental determinar la vulnerabilidad sísmica de las mismas, en este caso se realizó una evaluación cualitativa en edificaciones situadas en zona sísmica 5, zona de mediana-alta intensidad, para conocer el grado de vulnerabilidad que presentaban. Utilizando dos métodos: “Método Hassan A. y Sozen M. (1997) usado por la Universidad de los Andes (U.L.A) y el método de Índices de Riesgo Sísmico que permite determinar los índices de Riesgo y Vulnerabilidad en edificaciones escolares”. En los resultados arrojados se obtuvo que las edificaciones estudiadas presentan un riesgo severo ante la vulnerabilidad sísmica.

## **2.2 Bases Teóricas.**

El comienzo de cualquier investigación requiere del conocimiento de ciertos conceptos, que sustenten teóricamente el trabajo investigativo, es mediante la respuesta sísmica de una estructura que se toma en consideración el diseño sismorresistentes para mejorar las estructuras luego de suceder el terremoto. Con el

pasar del tiempo se han desarrollado diversos métodos que permiten evaluar la vulnerabilidad y daño causado por los sismos en las estructuras, considerando ciertos criterios observados en el lugar y estudiados a través del tiempo.

### **2.2.1 Vulnerabilidad Sísmica.**

Es el nivel de daño que resulta de la ocurrencia de un sismo de cierta magnitud o de la predisposición propia de los elementos expuestos (estructuras, elementos arquitectónicos y personas) a la amenaza de sufrir daños o pérdidas.

Está directamente relacionada con la calidad del diseño y construcción de las estructuras, la cual depende en gran medida del nivel técnico de las normativas; también obedece a la ubicación de la estructura y al mantenimiento que se le aplique, de tal manera, resulta bastante difícil predecir su comportamiento ante un determinado terremoto, debido en gran parte a que las fuentes sísmicas son particulares de cada parte del mundo y a que las formas y técnicas de construcción varían de un país a otro.

### **2.2.2 Tipos de vulnerabilidad.**

La vulnerabilidad se refiere a la predisposición de un elemento, en este caso una estructura, a sufrir algún tipo de daño, lo que puede referirse no sólo a daños de tipo físico, sino también a daños que repercutan en el uso que preste la edificación, por lo tanto existen dos tipos de vulnerabilidad, siendo estas:

#### **2.2.2.1 Vulnerabilidad física.**

La Vulnerabilidad física, se refiere a la capacidad que tiene la estructura para soportar las solicitaciones a las que se somete en el momento de un sismo, es decir, la manera como responde a los desplazamientos y esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante la vida útil de la edificación. Dentro de la vulnerabilidad física se pueden considerar dos tipos: la estructural y la no-estructural.

##### **➤ Vulnerabilidad estructural**

Se refiere al grado en el que pueden verse afectados los componentes estructurales de una edificación; entendiéndose por componentes estructurales, aquellas partes de la edificación encargadas de resistir y transmitir a la fundación y

luego al suelo, las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como también las cargas provocadas por sismos, huracanes y otros fenómenos naturales.

➤ **Vulnerabilidad no estructural.**

Se refiere al grado en el que pueden verse afectados los sistemas arquitectónicos de las edificaciones; un edificio que sufra daños no estructurales severos puede ser tan mortal como uno que sufra daños estructurales. La falla en dichos elementos, puede causar la inhabilitación del edificio para su funcionamiento o para su ocupación temporal y puede llegar a causar gran cantidad de pérdidas humanas, además de materiales.

**2.2.2.2 Vulnerabilidad funcional.**

Se da en términos de los efectos que produce un desastre en el buen funcionamiento de una edificación para el fin que tiene propuesto. Una escuela, por ejemplo, tiene como función primordial la de ser centro de enseñanza, pero en casos de desastre también puede servir como centro de ayuda; razón por la cual la vulnerabilidad funcional debe ser incluida en una evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.

Este tipo de vulnerabilidad está relacionada no solamente con la seguridad de la estructura sino que además tiene en cuenta el comportamiento de los elementos no estructurales, como por ejemplo, muros, equipos, instalaciones, divisiones, etc., lo cual es de suma importancia para el continuo funcionamiento de las edificaciones ante eventos de una magnitud importante.

**2.2.3 Métodos empleados para evaluar la vulnerabilidad sísmica en estructuras.**

Existen diversos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras, los cuales se basan fundamentalmente en dos parámetros: índices de vulnerabilidad e índices de daño.

En esta investigación, buscaremos enfocarnos específicamente en dos metodologías como lo son la empírica y la cualitativa.

### **2.2.3.1 Método empírico**

Los métodos empíricos son aquellos que buscan evaluar las condiciones de una estructura, en función del daño que sufriera ese tipo de estructura ante la acción de sismos pasados. Se establece entonces, una clasificación de las estructuras según diferentes criterios, relacionando el porcentaje de daño para cada uno de los grupos con alguna medida del movimiento del suelo.

Estos estudios se basan en estadísticas de falla y en probabilidades de ocurrencia de terremotos, empleándose para la elaboración o revisión de normas de construcción, en el establecimiento de planes de recuperación en caso de sismo y/o en la planificación de zonas urbanas.

Una ventaja que presenta este tipo de metodologías, es que son muy fáciles de aplicar pues no requieren información de la capacidad de la estructura a evaluar, ya que se apoyan en una gran cantidad de datos de estructuras dañadas y de lo observado en campo; siendo entonces una desventaja el hecho de que no toman en cuenta factores tan importantes como la resistencia, la rigidez, las características de esfuerzo – deformación o la interacción de la estructura con elementos no estructurales, entre otros. Existe una variedad de métodos empíricos, en esta investigación se utilizaran dos de ellos, el Método FEMA 154 (ATC-21) y el método EMPIRICO realizado por CARDONA, los cuales se presentaran a continuación:

➤ **FEMA 154 (ATC-21):**

Este manual fue preparado por el Consejo Aplicado de la Tecnología (ATC) por encargo de la Agencia Federal del Manejo de Emergencias (FEMA) y publicado en su Primera Edición en 1988 en los EE.UU. El Procedimiento de Investigación Visual Rápida (RVS, Rapid Visual Screening) ha sido desarrollado hacia una amplia audiencia, para ser implementado de una manera rápida y económica con la finalidad de identificar, inventariar, y clasificar edificios que son potencialmente peligrosos ante un sismo.

Este método se basa en una inspección de corta duración, donde se observan los detalles tanto internos como externos de la estructura, la cual apoyada por el formato y la recolección de datos es completado por la persona que dirige la investigación.

El formato de Recolección de Datos se elige de acuerdo a la amenaza sísmica de la zona: alta, moderada o baja, e incluye espacios para documentar la información que identifica la edificación, su uso y altura, una fotografía de la edificación, bosquejos y la documentación pertinente relacionada al comportamiento sísmico, lo que lleva al desarrollo de un Puntaje Final.

El método maneja un formulario que contempla una descripción de la edificación que incluye diversos ítems, y todo esto respecto a su región y su zona sísmica respectivamente.

Esta metodología formula 15 tipos de sistemas estructurales que se distinguen por el sistema de resistencia a carga lateral, (ver figura 1)

Nº	Nomenclatura	Descripción
1	<i>W1</i>	Edificaciones residenciales y comerciales con pórticos de madera ligera con un área igual o menor a 5000 pies cuadrados (465m).
2	<i>W2</i>	Edificaciones con pórticos de madera ligera con un área mayor a 5000 pies cuadrados (465m).
3	<i>S1</i>	Edificaciones con pórticos de acero resistentes a momento.
4	<i>S2</i>	Edificaciones con pórticos de acero arriostrados.
5	<i>S3</i>	Edificaciones con metal ligero.
6	<i>S4</i>	Edificaciones con pórticos de acero con muros de corte de concreto.
7	<i>S5</i>	Edificaciones con pórticos de acero rellenos de albañilería no reforzada.
8	<i>C1</i>	Edificaciones con pórticos de concreto
9	<i>C2</i>	Edificaciones con muros de corte de concreto.
10	<i>C3</i>	Edificaciones con pórticos de concreto rellenos con muros de albañilería no reforzada.
11	<i>PC1</i>	Edificaciones prefabricadas con estructuras aligeradas inclinadas en su parte superior.
12	<i>PC2</i>	Edificaciones con pórticos de concreto prefabricado.
13	<i>RM1</i>	Edificaciones de albañilería reforzada con diafragma rígido.
14	<i>RM2</i>	Edificaciones de albañilería reforzada con diafragma rígido.
15	<i>URM</i>	Edificaciones con muros portantes de albañilería no reforzada.

**Figura 1.** Sistemas resistentes a fuerzas laterales.

**Fuente:** Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards (A. handbook-FEMA 154)

Además cuenta con una serie de nomenclaturas para la clasificación de la estructura, como se muestra en la figura 2

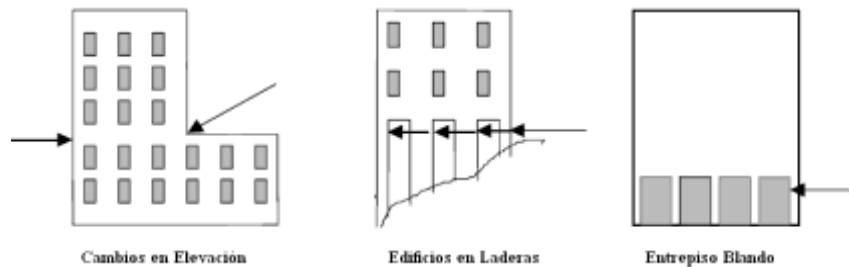
Nomenclatura	Nombre en Inglés	Nombre en español
BR	<i>Braced frame</i>	Estructura de acero arriostrado
FD	<i>Flexible diaphragm</i>	Diafragma flexible
LM	<i>Light metal</i>	Metal ligero
MRF	<i>Moment-resisting frame</i>	Estructura resistente a momento (pórtico)
RC	<i>Reinforced concrete</i>	Concreto Reforzado
RD	<i>Rigid diaphragm</i>	Diafragma rígido
SW	<i>Shear Wall</i>	Muro de corte
TU	<i>Tilt up</i>	Estructura prefabricada hecha en el suelo y levantada con equipos
URM	<i>Unreinforced masonry infill</i>	Mampostería de relleno no reforzada.

**Figura2.**Significado de las nomenclaturas que aparecen en el formato FEMA 154.  
**Fuente:** Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards (A. handbook-FEMA 154)

El formato también cuenta con una serie de modificadores del comportamiento sísmico, los cuales son:

- **Mediana Altura:** Edificios entre 4 a 7 pisos
- **Gran Altura:** Edificios de 8 o más pisos
- **Irregularidad vertical:** Este atributo de desempeño se aplicará a todos los tipos de edificio, por ejemplos, la irregularidad vertical incluye edificios con reveces, edificios ubicados en colinas y edificios con pisos blandos. La irregularidad vertical es una característica difícil de definir, se requiere de considerable juicio y experiencia para los propósitos de identificación.(ver figura 3)

En el caso de no poseer este tipo de irregularidad, no se marca y no se tomará en cuenta para la determinación de la puntuación final.



**Figura 3.** Ilustraciones de irregularidades verticales en edificaciones.

**Fuente:** Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards (A. handbook-FEMA 154)

**Irregularidades en planta:** La irregularidad en planta puede afectar a cualquier tipo de edificación. Las irregularidades en planta pueden propiciar una respuesta sísmica poco conveniente, y deben evitarse. Entre estos aspectos se encuentra:

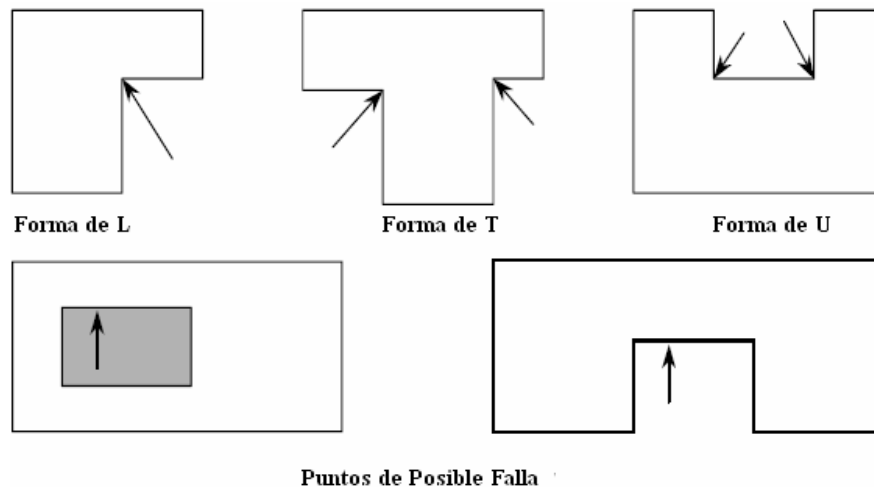
- La asimetría de la planta puede tender a provocar vibraciones torsionales en el edificio, una manera de evitar la asimetría es colocando una distribución apropiada de elementos rigidizantes para hacer coincidir el centro de masa y el centro de torsión, otra posible solución podría ser la separación del edificio en cuerpos independientes y regulares mediante juntas sísmicas y otra opción de remediar dicha asimetría es mediante elementos estructurales exteriores que ligen las distintas partes del edificio y que lo vuelvan más simétrico.

- Las alas muy alargadas pueden producir vibración en direcciones diferentes, generando fuertes concentraciones de solicitaciones en las esquinas interiores de la planta, para evitarlo se recomienda subdividir la estructura en cuerpos regulares simétricos o proporcionar gran rigidez a los extremos de las alas y reforzar las esquinas interiores.

- Las plantas muy alargadas causan una flexibilidad del sistema de piso que puede provocar vibraciones importantes aumentando las solicitaciones en la parte

central del edificio, esto se puede evitar mediante la separación por juntas sísmicas, distribuyendo uniformemente los elementos resistentes transversales y sistemas de pisos rígidos en planta o reforzando zonas débiles en particular las esquinas.

- Y por último, no se recomiendan edificios con esquinas entrantes, entre los edificios con esquinas entrantes incluyen aquellos con alas que son con forma de E, L, T, U o +. Se busca que la planta sea lo más compacta posible evitando así concentraciones de esfuerzos en las esquinas entrantes.(ver figura 4)



**Figura 4.** Irregularidades en planta en edificaciones.

**Fuente:** Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards (A. handbook-FEMA 154)

En el caso de no poseer este tipo de irregularidad, no se marca y no se tomará en cuenta para la determinación de la puntuación final.

- **Pre-Código:** En el caso de determinar el año que se empleará para el parámetro pre-código encontrado en la planilla, en nuestro país tenemos normas que se aplican desde los años 1939 con sus continuaciones 1947 y 1955, pero estas podríamos valorarlas a criterio, como sísmicamente deficientes, para el año 1967, se dispone de una norma sísmicamente confiable, la norma provisional MOP-1967.

Es por ello que las edificaciones construidas hasta 1967 tendrán el pre-código

como modificador de puntuación.

• **Post –Código:** En cuanto al parámetro post-código, que define el año en el que se aplicaron mejoras sustanciales que definieron una mayor calidad en la construcción de edificaciones, corresponde al año de 1985, porque no fue hasta éste año que se hizo obligatoria en todo el territorio Nacional, la norma COVENIN 1756-82 “Edificaciones Antisísmica”, en la cual, el comportamiento dinámico e inelástico de las estructuras fue tomado en cuenta en todas las instancias en las fuerzas de análisis.

Este modificador de puntuación se utilizará cuando el edificio a inspeccionar haya sido diseñado y construido después de que se adoptaran los códigos sísmicos de construcción, es decir, en el año de 1985.

• **Tipo de Suelo C, D o E:** Existen modificadores de puntuación para el tipo de suelo C, D y E. Se deben encerrar en un círculo el modificador apropiado si existe uno de estos tipos en el lugar.

➤ **METODO EMPÍRICO (CARDONA, 1989)**

Plantea un método empírico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, pre-evento, de una manera rápida y preliminar.

Puede ser desarrollado por personas no versadas en el tema de la ingeniería sísmica o por ingenieros con poca experiencia, llevando a cabo un análisis cualitativo de las características de la construcción, tales como la calidad y estado de la misma, configuración y forma, tipo de estructura, características del suelo y de la fundación, estabilidad de componentes no estructurales. Estos aspectos se califican subjetivamente como Vulnerabilidad Alta (A), Media (M) y Baja (B), con un criterio riguroso y conservador.

El método conlleva a un resultado, que mediante él, se tomaran decisiones futuras, sobre el estado de su vulnerabilidad y si requiere un análisis más profundo.

### **2.2.3.2 Métodos cualitativos o subjetivos**

Los Métodos Cualitativos son aquellos que se basan en los conocimientos y la pericia de expertos al evaluar daños causados por sismos, quienes a partir de la información de los factores que afectan la vulnerabilidad sísmica de una estructura,

proporcionan una medida cualitativa del daño estructural asignándole posteriormente valores numéricos, transformando una medida cualitativa en cuantitativa.

Los métodos cualitativos se diseñan con la finalidad de evaluar de una manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones, para luego seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado. El principal uso que se le da a estos métodos es el de la evaluación de un número masivo de edificios, con fines de cuantificar el riesgo sísmico en una región amplia de una ciudad o la evaluación de edificaciones antiguas que no cuentan con información detallada acerca de su diseño estructural.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de estos métodos, no pueden tomarse realmente como concluyentes en ningún caso particular, pues la desventaja que presentan es que se basan en la apreciación personal de un experto.

En Venezuela, existe un método ampliamente usado y del cual hablaremos a continuación:

➤ **FUNVISIS “Planilla de Inspección de Edificaciones”**

Se propone un procedimiento para la asignación de Índices de Vulnerabilidad, Riesgo y Priorización sísmica para edificaciones existentes ubicadas en cualquier lugar de Venezuela. Los Índices son calculados a partir de información básica obtenida de una visita e inspección visual a la edificación.

La metodología propuesta considera las tipologías constructivas típicas del país, incluyendo viviendas populares, e incorpora las experiencias de los sismos destructores de Caracas en 1967 y Cariaco en 1997.

Los resultados de la aplicación de esta metodología sirven para seleccionar aquellas edificaciones críticas que requieran evaluaciones estructurales más detalladas para poder tomar decisiones sobre su mejoramiento.

#### **2.2.4 Riesgo Sísmico**

El riesgo sísmico, puede interpretarse como una medida de las pérdidas potenciales (económicas, sociales, ambientales, etc.) que pueden originar los sismos en un periodo de tiempo especificado.

Desde un punto de vista más técnico, el riesgo sísmico surge como resultado de la interacción de dos variables principales: la amenaza sísmica y la vulnerabilidad.

### **2.2.5 Amenaza o Peligro Sísmico**

Probabilidad que se presente un sismo potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Representa un factor de riesgo externo al elemento expuesto, un peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico, capaz de producir efectos adversos a las personas, los bienes y/o el medio ambiente.

### **2.2.6 Índice de vulnerabilidad**

La probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos, pueda sufrir daños humanos y/o materiales.

### **2.2.7 Daño sísmico.**

Es el grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso, desde el punto de vista estructural, se relaciona con deformaciones irreversibles (inelásticas), por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación.

### **2.2.8 Acero Estructural**

Se define como acero estructural a la aleación de hierro con un contenido de carbono entre 0,1 y 0,3 % y una pequeña cantidad de otros elementos como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, los cuales le atribuyen un conjunto de propiedades determinadas.

El acero de uso estructural es un material de fabricación industrializada, lo que asegura un adecuado control de calidad. Este material se caracteriza por una elevada resistencia, rigidez y ductilidad, por lo cual su uso es muy recomendable para construcciones sismorresistentes.

El acero es un material ventajoso por su adecuada resistencia a tracción y ductilidad. El mayor desafío en el diseño de estructuras de acero consiste en limitar o

controlar los problemas en miembros o zonas localizadas sometidas a compresión. Es el material más dúctil entre aquellos de uso estructural.

Otras bondades del acero estructural es la gran facilidad para unir diversos miembros por medio de distintos tipos de conectores como la soldadura, los pernos o los remaches. Además presenta la capacidad de laminarse y conformarse en gran cantidad de tamaños y formas.

### **2.2.9 Tipos de pórticos en acero**

Las estructuras aporticadas consisten en un conjunto de columnas y vigas generalmente de forma ortogonal dispuestas entre sí, y conectadas rígidamente en los nodos estas estructuras son capaces de resistir cargas gravitacionales y laterales, de viento, sismo, y su rigidez depende de la rigidez de los miembros y conexiones.

De acuerdo a la investigación, los tipos más comunes son:

#### **➤ Pórticos no arriostrados**

Los pórticos no arriostrados o pórticos resistentes a momento son ensambles rectilíneos de vigas y columnas conectadas entre sí mediante soldaduras, pernos o ambos, es decir por medio de nodos rígidamente. Los miembros componentes de estos pórticos quedan sometidos principalmente a momentos flectores y esfuerzos de corte, que controlan su diseño, razón por la que también se los denomina “pórticos a momentos”.

Este tipo estructural se caracteriza por su elevada capacidad de disipación de energía, cuando se diseña y construye para tal fin. Las especificaciones ANSI/AISC 341-16 consideran tres niveles de desempeño, esto es: pórticos especiales, intermedios u ordinarios.

Un aspecto fundamental en el diseño de los pórticos no arriostrados son las conexiones viga-columna, las que son necesarias desde el punto de vista constructivo y deben asegurar que las vigas pueden desarrollar su capacidad a flexión para así lograr la resistencia a las cargas laterales de los elementos. (Ver figura 5)



**Figura 5.** Estructura de pórticos no arriostrados.

**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

➤ **Pórticos arriostrados concéntricamente**

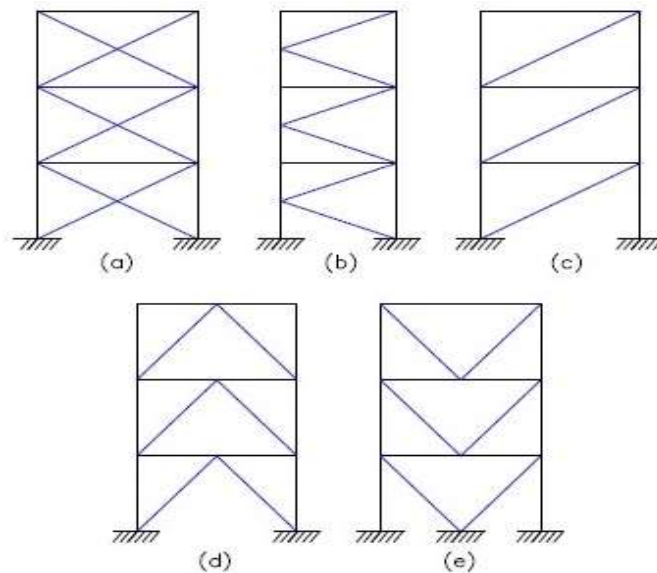
Los pórticos arriostrados surgieron como una alternativa estructural para edificios de mediana y baja altura, construcciones industriales, etc. La presencia de las barras diagonales o riostras modifica significativamente el comportamiento del pórtico, dado que se forma una estructura reticulada, con triangulaciones.

La denominación de pórticos arriostrados concéntricamente se debe a que las conexiones de las riostras se diseñan de modo tal de evitar (o reducir al mínimo posible) las excentricidades, por lo que los ejes de las barras que llegan al nudo deben cortarse en un punto. Esta es una condición de diseño usual en cualquier estructura reticulada para evitar que se generen esfuerzos de flexión y corte en las barras que la componen.

Las riostras se pueden disponer según diferentes configuraciones, de acuerdo a cada caso en particular según consideraciones estructurales, funcionales y eventualmente por aspectos estéticos.

Las acciones laterales de viento y sismo inducen en la estructura principalmente esfuerzos axiales de tracción y compresión. (Ver figura 6)

Este tipo estructural se caracteriza por una elevada rigidez lateral, lo que permite un adecuado control de los desplazamientos. Es por ello que hoy presentan ventajas significativas, desde el punto de vista estructural y constructivo, para la rehabilitación sísmica de estructuras, por lo cual se han empleado extensivamente para tal fin.



**Figura 6** Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricos.  
**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

### ➤ Pórticos arriostrados excéntricamente

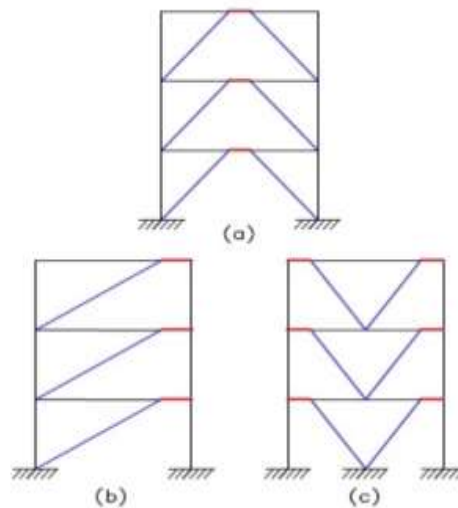
Los pórticos arriostrados excéntricamente, en los cuales las riostras se disponen deliberadamente de forma tal de generar una excentricidad en la viga donde se inducen esfuerzos de corte y momentos flectores elevados. Estas zonas, llamadas enlaces se diseñan especialmente para disipar energía en forma estable, mientras el resto de los componentes se diseñan para responder esencialmente en rango elástico.

No es recomendable generar la zona de enlace en las columnas, debido a que en ese caso el esfuerzo axial (variable por efecto de la acción sísmica) dificulta la determinación precisa de la resistencia a flexión y corte. Además, la falla no deseada del enlace en la columna tendría consecuencias mucho más graves que si el mismo se dispusiera en las vigas.

Los pórticos arriostrados con conexiones excéntricas constituyen un buen ejemplo de aplicación del diseño por capacidad, procedimiento que permite al diseñador definir un mecanismo de deformación plástica (fluencia por flexión y/o corte en el enlace) y evitar así los modos de falla no deseados (pandeo de las riostras y columnas).

Estas estructuras representan una solución excelente para el diseño sismorresistente debido a que combinan una elevada rigidez lateral, por efecto de las riostras, y una muy adecuada capacidad de disipación de energía.

Por estas razones, fueron adoptados rápidamente como sistema estructural en distinto tipo de construcciones sismorresistentes, incluso en casos de rehabilitación de estructuras existentes. (Ver figura 7)



**Figura 7.** Configuraciones típicas para pórticos arriostrados excéntricamente.  
**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

### **2.2.10 Comportamiento sismorresistente de sistemas a momentos.**

#### **➤ Relación Ancho- Espesor:**

En un sistema aporticado a momento se debe cumplir con la relación ancho/espesor, teniendo como objetivo evitar el pandeo local.

Estos valores limites se encuentran tabulados en el capítulo B4.1., en la norma ANSI/ AISC 360-16 para elementos rigidizados y no rigidizados, considerando además el tipo de sollicitación actuante en los elementos.

#### **➤ Arriostramiento lateral de la viga:**

Las vigas deberán tener ambas alas soportadas lateralmente, bien sea directa o indirectamente. La longitud no arriostrada entre los apoyos laterales no excederá de  $0.084 (E/F_y) r_y$ . Adicionalmente se colocarán arriostramientos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, de cambios de sección transversal y donde el análisis indique que se formará una rótula plástica durante las deformaciones inelásticas del pórtico dúctil resistente a momentos.

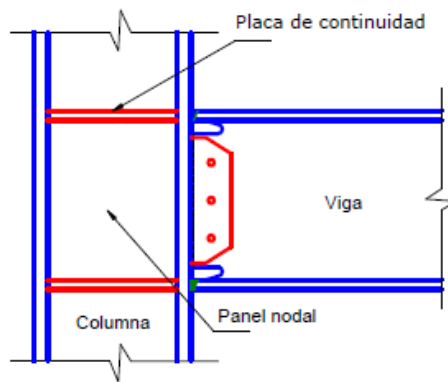
#### **➤ Relación de momentos en los nodos:**

Esta Sección se fundamenta en la filosofía de columnas fuertes – vigas débiles, donde se deben conectar las vigas por el lado fuerte de la columna, es decir por el alma.

#### **➤ Planchas de continuidad:**

Las placas de continuidad son rigidizadores que se disponen entre las alas de la columna, en niveles correspondientes a las alas de las vigas que llegan al nudo, con el objeto de asegurar una adecuada transferencia de las cargas de tracción y compresión que generan sobre la columna, rigidizar la zona panel de la columna y de minimizar la concentración de tensiones generada por la diferencia de rigidez entre los elementos de la junta.

Además, las placas de continuidad sirven como límites para definir la zona del panel nodal. Donde se puede desarrollar tensiones y deformaciones elevadas. (Ver figura 8)



**Figura 8.** Planchas de continuidad

**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

➤ **Zona de panel:**

La zona nodal de las conexiones viga-columna se define, geoméricamente, como la región comprendida entre las alas de vigas y columnas. Este panel es un componente de los pórticos no arriostrados, que se caracteriza por su flexibilidad y por estar sometido a elevadas sollicitaciones que puede ocasionar deformaciones excesivas sino se diseñan adecuadamente.

Para minimizar el riesgo de pandeo por corte durante las deformaciones inelásticas de la zona del panel, el espesor del material en la zona del panel está limitado a no menos de  $1/90$  de la suma de su ancho y largo. Para que el espesor de cualquier plancha adosada sea efectiva en la inhibición del pandeo local, deberá ser conectada en la zona del panel por medio de soldadura de tapón.

Las planchas adosadas pueden ser diseñadas para extenderse entre las planchas de continuidad que son soldadas directamente al alma de la columna o que pueden ser extendidas por arriba y por debajo de las planchas de continuidad las cuales son soldadas a la plancha adosada. En este último caso, las soldaduras horizontales en el tope y en el fondo de la plancha adosada se dimensionarán para que transfiera todas las cargas impuestas para el sistema diseñado. En particular, las soldaduras de la

plancha adosada al alma de la columna se diseñarán para transferir la porción de carga de la plancha de continuidad al alma de la columna. (Ver figura 9)



**Figura 9.** Deformación del panel nodal por acción del sismo

**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

### 2.2.11 Conexiones

Es la unión que se establece para transmitir fuerza entre dos o más elementos, las conexiones mantienen las partes de la estructura unidas y permite que absorban las cargas a las que están sometidas. Son pues, un aspecto crítico en el comportamiento de la estructura. Se ha demostrado que, históricamente, la mayor recurrencia de fallas estructurales mayores en las estructuras de acero se debe a fallas en los sistemas de conexiones.

Las conexiones y su diseño dependen de varios factores: tipos de cargas la cual según el tipo y dirección de los esfuerzos que convergen sobre una conexión determina su diseño, resistencia y rigidez, economía buscando reducir costos en el presupuesto final de la estructura y dificultad de ejecución. Su clasifica generalmente

en función de su relación momento-rotación y básicamente éstas son las más comunes:

➤ **Conexiones simples(sin restricción, libre de rotación en los extremos)**

Las conexiones simples o de corte son conexiones muy comunes en construcción en acero. Se asume que las conexiones de corte no transfieren momentos flectores, permitiendo la rotación en el extremo del miembro. Las conexiones simples se pueden materializar conectando el alma del elemento soportado mientras las alas quedan desconectadas. Si bien es cierto que las conexiones simples o de corte poseen algo de restricción rotacional, esto es comúnmente ignorada y la conexión se toma como totalmente flexible.

➤ **Conexiones rígidas (totalmente restringido, sin rotación relativa)**

Las conexiones rígidas o de momento deberán proveer continuidad entre el elemento soportado y el soportante conservando inalterado el ángulo entre ellos durante la deformación producto de la acción de las fuerzas sobre el nudo. Así, las conexiones rígidas deben proveer suficiente resistencia y rigidez para mantener el ángulo constante entre los miembros conectados durante la aplicación de las cargas y evitar toda rotación relativa entre el elemento soportado y el elemento soportante. Por lo mismo, las deformaciones de flexión se producen en los miembros (pilares o vigas) que convergen al nudo.

➤ **Conexiones semirrígidas (parcialmente rígido, rotación parcial).**

Las conexiones de momento parcialmente restringido, poseen un ángulo intermedio entre la flexibilidad de la conexión simple o de corte y la rigidez total de la conexión de momento.

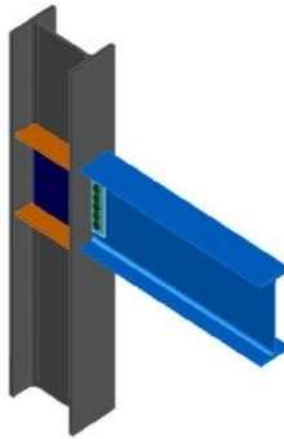
### **2.2.12 Tipos de conexiones**

Según ANSI/AISC 358-16, algunas de las conexiones precalificadas pueden clasificarse de la siguiente manera:

➤ **Conexión de patín soldado sin refuerzo y alma soldada (WUF-W).**

Usada frecuentemente para pórticos de momento bajo (IMF) y nivel de diseño alto (SMF). En ella se realiza soldadura de penetración completa con el objetivo de

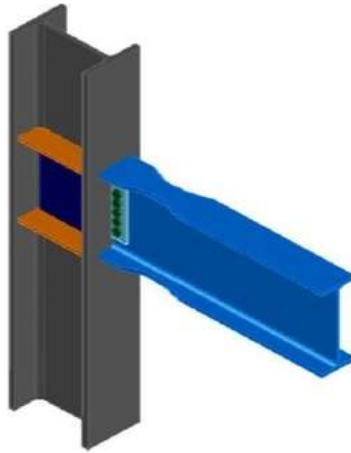
unir las alas de la viga a las alas de la columna directamente, las mismas tienen continuidad a través de un agujero de acero en el alma de la viga. Además contiene una soldadura de filete aplicada a la ranura de la soldadura. (Ver figura 10).



**Figura 10.** Conexión WUF-W  
Fuente: Hernández y otros-2012

➤ **Conexión de sección de viga reducida (RBS).**

Utilizada también para sistemas IMF y SMF, consiste principalmente en realizar una reducción en una sección de la viga haciendo un corte circular en ambas alas. Adicionalmente, las alas de la viga van soldadas al ala de la columna. Por otro lado, las uniones del alma pueden realizarse tanto con soldadura de penetración completa, como con plancha de cortes empernadas o soldadas, todo esto para provocar la aparición de la rótula plástica en un lugar pre-determinado disminuyendo las tensiones máximas promedio en la cara de la columna. (ver figura 11).

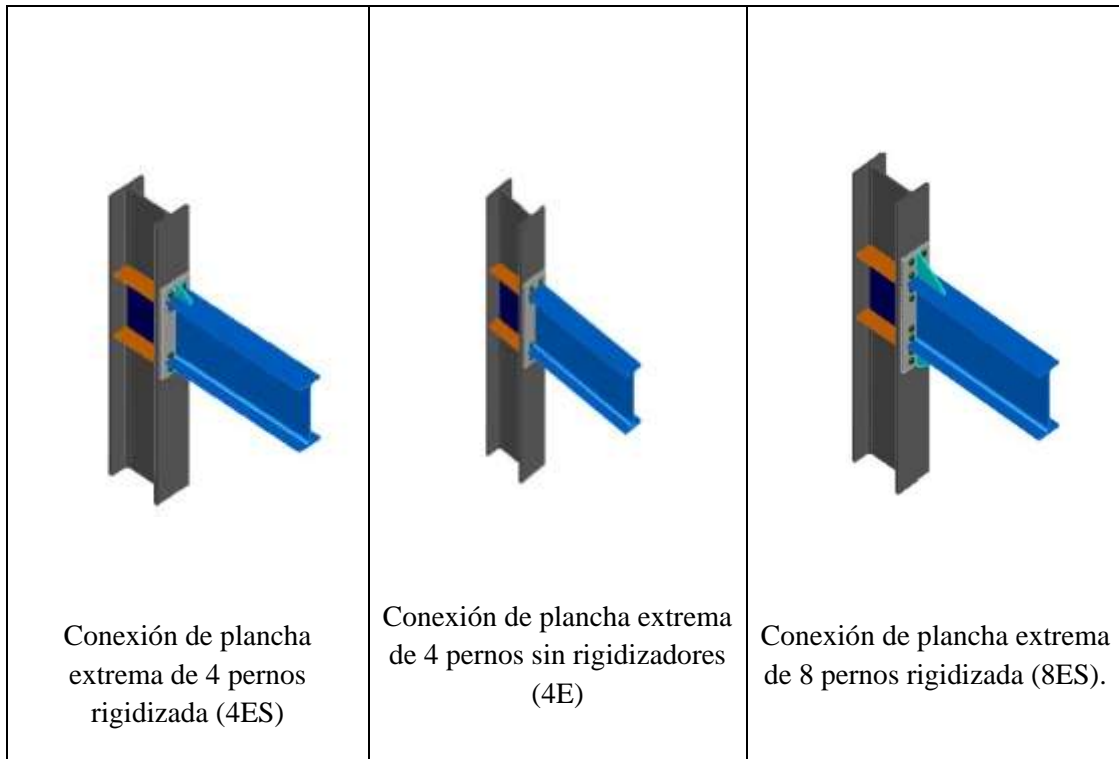


**Figura 11.** Conexión RBS  
**Fuente:** Hernández y otros-2012

➤ **Conexión de placa extrema empunada sin rigidizar (BUEP) y rigidizada (BSEP).**

Para esta conexión en primer lugar se debe soldar, con soldadura de penetración completa entre las alas de la viga y la plancha, una plancha al extremo de la viga y una soldadura de filete a ambos lados del alma de la viga, contra dicha plancha. Luego, el conjunto, se emperna al ala de la columna. Puede usarse con planchas rigidizadoras o sin rigidizar, además, es una conexión usada en sistemas con pórticos IMF, SMF.

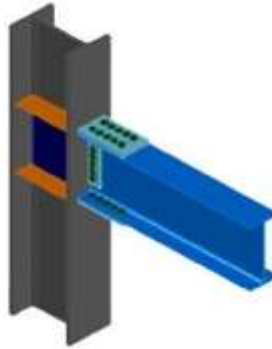
En Venezuela las End Plate (Plancha Extrema) y las Flange Plate (Planchas en las Alas) son las más utilizadas. (Ver figura 12).



**Figura 12.** Conexión BUEP y BSEP  
Fuente: Hernández y otros -2012

➤ **Conexión de placa emperrada (BFP).**

En esta conexión se ensamblan planchas al ala de la columna utilizando soldadura de penetración completa, para luego emperrarla a las alas de la viga. El alma de la viga, es conectada al ala de la columna con una plancha de corte emperrada. (Ver figura 13).



**Figura 13.** Conexión BFP  
**Fuente:** Hernández y otros-2012

### **2.2.13 Pasadores**

Son conectores mecánicos que permiten materializar rótulas o articulaciones para unir dos o más miembros de una estructura o apoyos simples a tierra. Los pasadores son vástagos cilíndricos que se introducen en agujeros previamente taladrados o sopleteados en las planchas o los miembros a conectar, de modo de permitir la rotación relativa entre ellos. Dentro de los huecos de una conexión, los pasadores giran libremente y como un solo pasador cilíndrico sustituye a un grupo de pernos o remaches, su tamaño es generalmente considerable para resistir los grandes esfuerzos y el aplastamiento contra las paredes internas de la conexión.

### **2.2.14 Pernos o tornillos**

Se designan pernos o tornillos los dispositivos mecánicos de conexión, con cabeza cuadrada o hexagonal formados por un vástago cilíndrico con roscado exterior en su extremo libre, que se insertan a través de agujeros pasantes en planchas o piezas a unir y se ajustan con tuercas o arandelas de apriete en su extremo sobresaliente de rosca. Según sus dimensiones, los pernos se clasifican en: normales, pesados y semipesados.

En las estructuras se utilizan pernos hexagonales normalizados debido a que las cabezas hexagonales son más fáciles de ajustar y necesitan un espacio menor para girar con las llaves de apriete. Las tuercas también pueden ser cuadradas o hexagonales.

Según sus características mecánicas, los pernos se clasifican en grados:

- Pernos A 307
- Pernos A 325
- Pernos A 490

### **2.2.15 Soldaduras**

Proceso mediante el cual se unen elementos metálicos, calentándolos hasta el estado fluido o semifluido y aplicando o no presión entre ellos.

Según las características de las soldaduras, su forma de ejecución, la posición de las piezas a unir, entre otras. Se pueden clasificar como:

#### **2.2.15.1 Según el tipo de juntas:**

Se clasifican dependiendo de la posición de las piezas a unir. Según este tipo, las soldaduras son:

- A tope
- De esquina
- De solape
- En T
- De borde

#### **2.2.15.2 Según el tipo de soldadura:**

- **De Ranura:**

También llamadas de penetración, se utilizan generalmente para la unión de piezas alineadas en un mismo plano (conexiones a tope), pero también en conexiones en T o de esquina. Se requieren preparación de bordes especiales en paralelos, en bisel sencillo o doble (en V, en U o en J). Por lo general este tipo de soldaduras requiere que los miembros estén cortados en longitudes casi exactas. (Ver figura 14).

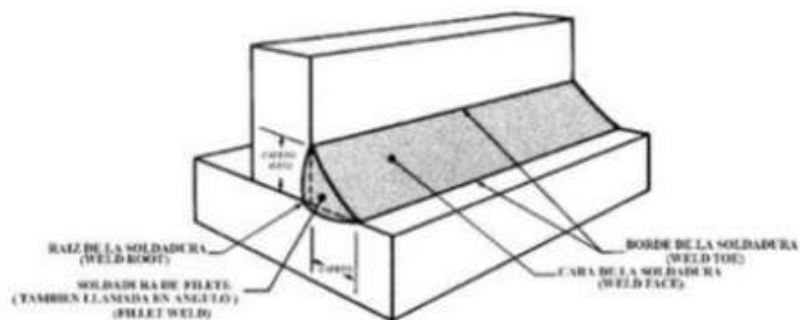


**Figura 14.** Soldadura de penetración.

**Fuente:** Hernández y otros-2012

- **De Filete:**

Comúnmente usadas en juntas de solape, en T o de esquina. Se caracterizan por tener sección transversal triangular y por ser utilizadas en uniones de miembros que tendrán cargas aligeradas. (Ver figura 15)

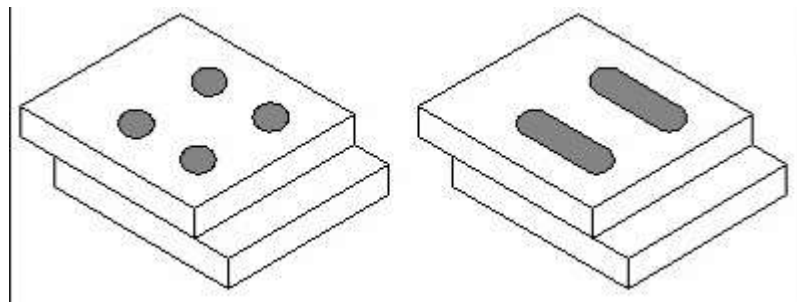


**Figura 15.** Soldadura de filete

**Fuente:** Hernández y otros-2012

- **De Tapón o Canal:**

El material de aporte se deposita en aberturas circulares o ranuras formadas en uno o los dos miembros a unir. Usadas para dar resistencia adicional a la soldadura en solapes y con ello transmitir la fuerza cortante actuante en la conexión. (Ver figura 16)



**Figura 16.** Soldadura de tapón o canal

Fuente: Hernández y otros -2012

- **De muesca o hendidura:**

Variación de la soldadura de filete, que se aplica sobre la cara inferior de la hendidura en una de las planchas de la conexión, asegurando transferencia de esfuerzos cortante. Ventaja de la soldadura de muesca es una menor cantidad de material de aporte.

### 2.2.15.3 Según la posición para soldar:

- **Soldadura plana.**

Cordón horizontal, material de aporte se vierte desde encima. Puede ser en un ángulo horizontal (Soldadura de filete) sobre plano vertical (soldadura de ranura).

- **Soldadura horizontal**

El eje de la soldadura es horizontal. En el caso de las soldaduras de ranura, la cara del cordón es aproximadamente vertical, para las tipos filete, la cara de la soldadura se encuentra a 45° de la superficie horizontal y vertical.

- **Soldadura vertical**

Eje del cordón es casi vertical y la soldadura se realiza al mover el electrodo hacia arriba.

- **Soldadura sobre cabeza**

Cordón con eje longitudinal horizontal, electrodo casi en posición vertical y la soldadura se realiza debajo de la conexión, el material de aporte es transportado por el campo electromagnético.

### **2.2.16 Corrosión:**

La corrosión es un fenómeno natural ocasionado por la inevitable humedad que el oxígeno produce en su integración con el aire. En caso de que se tenga dudas del nivel de problemática que esto llegaría a producir en las estructuras, es importante aclarar que la corrosión se puede evitar sin complicaciones. Las construcciones independientemente del tipo de material con el que están elaboradas deben contar con sistemas de protección, puesto que ninguna es totalmente invulnerable a los factores ambientales.

La corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica, la cual consiste en cuatro elementos principales: a) un ánodo, donde ocurre la oxidación; b) un cátodo, donde ocurre la reducción; c) un conductor metálico, donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones y d) un electrolito donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en un medio acuoso.

La corrosión aparentemente es apreciable a simple vista, aunque es indicativa del estado general de la estructura, no suele guardar relación con la seguridad real de la estructura. Los problemas más graves suelen encontrarse en uniones, empotramientos y zonas ocultas a la vista, donde la falta de limpieza y la humedad ambiental aceleran la corrosión.

### **2.2.17 Tipos de Corrosión**

Existen varios tipos de corrosión en metales, entre ellos tenemos:

- **Corrosión bajo tensión.**

Este tipo de corrosión ocurre cuando se dan conjuntamente dos circunstancias: esfuerzos de tracción sobre el acero y un medio agresivo. Esto ocurre preferencialmente en hormigón pre o postensado, donde se utilizan aceros de alta resistencia debida, en general, a la presencia de hidrógeno atómico difundido a través del metal. Este hidrógeno puede provenir de diferentes fuentes: corrosión del acero, protección catódica, etc. Este daño produce fragilidad por hidrógeno. La corrosión bajo tensión es un fenómeno muy específico, generalmente asociado a una mala calidad del hormigón (mal relleno de las vainas), o la presencia de determinados iones, generalmente aportados por algunos aditivos, o al uso de un determinado tipo de acero (templado y revenido) que se ha utilizado preferentemente en Alemania.

➤ **Corrosión por corrientes.**

Las corrientes de interferencia, llamadas también vagabundas, erráticas o de fuga (términos utilizados en algunos países), pueden ser definidas como las corrientes que fluyen en una estructura y que no forman parte del circuito eléctrico/celda electroquímica específica. Para que ocurra la corrosión por corrientes de interferencia debe existir un intercambio de corriente entre una estructura metálica y un medio electrolítico

➤ **Corrosión galvánica.**

Es la más común de todas y se establece cuando dos metales distintos entre sí actúan como ánodo uno de ellos y el otro como cátodo. Aquel que tenga el potencial de reducción más negativo procederá como una oxidación y viceversa aquel metal o especie química que exhiba un potencial de reducción más positivo procederá como una reducción. Este par de metales constituye la llamada pila galvánica. En donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta los electrones.

➤ **Corrosión por heterogeneidad del material**

Se produce en aleaciones metálicas, por imperfecciones en la aleación.

➤ **Corrosión por aireación superficial**

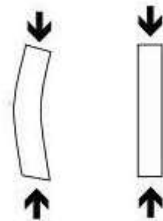
También llamado Efecto Evans. Se produce en superficies planas, en sitios húmedos y con suciedad. El depósito de suciedad provoca, en presencia de humedad, la existencia de un entorno más electronegativamente cargado.

**2.2.18 Pandeo**

La estabilidad es la propiedad de un sistema de mantener su configuración bajo la acción de las fuerzas internas y externas que lo solicitan, y un miembro o conjunto de ellos es estable si vuelve a un estado original cuando cesa la acción perturbadora externa.

El pandeo es la perturbación repentina del estado original de equilibrio produciendo la falla por inestabilidad, al ser sometidos a una compresión. Es un fenómeno que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, principalmente en pilares y columnas.

Se manifiesta a partir de una deformación transversal, bajo la acción de una carga crítica. Sufriendo así un cambio súbito de una configuración estable a otra inestable. (Ver figura 17)



**Figura 17.** Elemento en presencia de pandeo

**Fuente:** Pérez y otros (2013)

**2.2.19 Tipos de pandeo**

➤ **Pandeo Flexional (llamado también pandeo de Euler)**

Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión se flexiona lateralmente sin giro ni cambios en su sección transversal. Los miembros están sometidos a flexión

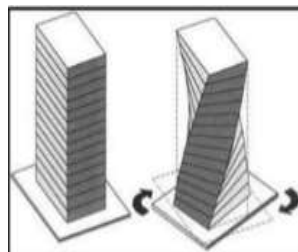
cuando se vuelven inestables. Es una deformación lateral, alrededor de los dos ejes principales y centroidales de la columna. (Ver figura 18)



**Figura 18.** Pandeo flexional  
**Fuente:** Google

➤ **Pandeo torsional**

Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión gira alrededor de su centro de corte. El pandeo por torsión solo puede ocurrir si coinciden el centro del esfuerzo cortante y el centroide y si la sección puede girar, lo que conlleva a la torsión del elemento. Las secciones en I o Z con alas anchas están expuestas al pandeo por torsión. También debe verificarse esta clase de inestabilidad en las torres hechas con perfiles angulares. (Ver figura 19)



**Figura 19.** Pandeo torsional  
**Fuente:** Google

➤ **Pandeo flexo-torsional**

Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión se flexa y gira simultáneamente sin cambios en su sección transversal. El pandeo flexo-torsional

puede ocurrir en columnas que tienen ciertas configuraciones en su sección transversal. Esas columnas fallan por torsión o por una combinación de pandeo torsional y flexional. Entre los factores que influyen para que una pieza se pandee por torsión o flexo-torsión, se encuentran:

- La sección tiene poca rigidez a la torsión, comparada con la rigidez a la flexión.
- La columna tiene una longitud relativamente pequeña. Y que la sección no es simétrica alrededor de un eje.(ver figura 20)
  - Tipo de conexión en los extremos.
- Excentricidad de la aplicación de la carga.
- Imperfecciones en el material de la columna.
- Torceduras iniciales en la columna.
- Esfuerzos residuales de fabricación.



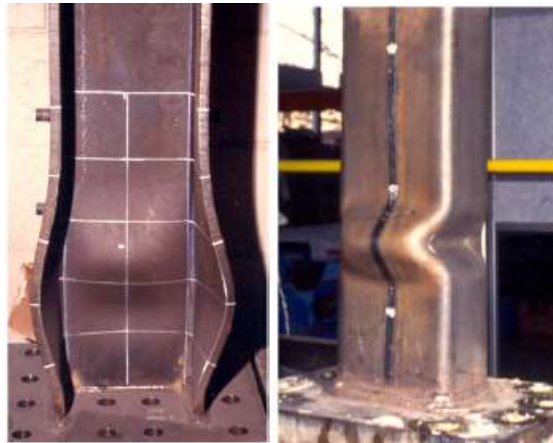
**Figura 20.** Pandeo flexo-torsional

**Fuente:** Google

### ➤ **Pandeo Local**

Ocurre cuando alguna parte de la sección transversal de una columna es tan delgada que se pandea localmente en compresión antes que los otros modos de pandeo puedan ocurrir.

La susceptibilidad de una columna al pandeo local se mide por las relaciones ancho a espesor de las partes de su sección transversal.(ver figura 21)



**Figura 21.** Pandeo Local

**Fuente:** Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 5ta edición-2018

### **2.2.20 Aplicación de la metodología de FUNVISIS “Planilla de Inspección de Edificaciones”**

Los datos plasmados en la planilla de inspección para edificaciones, estará conformada de la siguiente manera:

- Datos generales, de los participantes, y del entrevistado
- Identificación y ubicación de la edificación
- Uso de la edificación
- Capacidad de la edificación
- Año de construcción
- Condición del terreno
- Tipo estructural
- Esquema de planta
- Esquema de elevación

- Irregularidades
- Grado de deterioro
- Observaciones
- Croquis de ubicación, fallada y planta (ver figuras 22 y 23)

A continuación las figuras 22 y 23 muestran las planillas de inspección de edificaciones, suministradas por Funvisis.



 <b>Gobierno Bolivariano de Venezuela</b>		Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación		Fundación Venezolana de Investigaciones Científicas (FUNVISIS)			
Versión 06/2013		<b>PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES</b> (Características Sismorresistentes)				G-20007752-2	
<b>1. Datos generales</b>							
1.1 Fecha: _____		1.2 Hora Inicio: _____		1.3 Hora culminación: _____		1.4 Código: _____	
<b>2. Datos de los participantes</b>							
Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico				
2.1 Inspector							
2.2 Revisor							
2.3 Supervisor							
<b>3. Datos del entrevistado</b>							
3.1 Relación con la Edif.		3.2 Nombre y apellido		3.3 Teléfono		3.4 Correo Electrónico	
<b>4. Identificación y ubicación de la edificación</b>							
4.1 Nombre o N°		4.2 N° de piso:		4.3 N° de semi-sótanos:			
4.4 N° de sótanos:		4.5 Estado:		4.6 Ciudad:			
4.7 Municipio:		4.8 Parroquia:		4.9 Urb. Barrio:			
4.10 Sector:		4.11 Calle, Vereda:		4.12 Pto. de Referencia:			
Proy. UTM (REGVEN) 4.13 Coord. X:		4.14 Coord. Y:		4.15 Huso:			
<b>5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)</b>							
<input type="checkbox"/> Gubernamental		<input type="checkbox"/> Militar		<input type="checkbox"/> Médico-Asistencial		<input type="checkbox"/> Industrial	
<input type="checkbox"/> Bomberos		<input type="checkbox"/> Vivienda Popular		<input type="checkbox"/> Educativo		<input type="checkbox"/> Comercial	
<input type="checkbox"/> Protección Civil		<input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar		<input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo		<input type="checkbox"/> Oficina	
<input type="checkbox"/> Policial		<input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar		<input type="checkbox"/> Cultural		<input type="checkbox"/> Religioso	
<b>6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)</b>							
6.1 Número de personas que ocupan el inmueble:				6.2 Ocupación durante: <input type="checkbox"/> Mañana <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noche			
<b>7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)</b>							
Año _____		<input type="checkbox"/> Antes de 1939		<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947		<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	
		<input type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982		<input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998		<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001	
						<input type="checkbox"/> Después de 2001	
<b>8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)</b>							
8.1 Edificación en:		<input type="checkbox"/> Plante		8.2 Pendiente del terreno: <input type="checkbox"/> 20° - 45°		<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
		<input type="checkbox"/> Ladera		8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera:		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
		<input type="checkbox"/> Base		8.4 Pendiente del talud: <input type="checkbox"/> 20° - 45°		<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
8.6 Drenajes: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/> Cima		8.5 Separación al talud: <input type="checkbox"/> Menor a H del Talud		<input type="checkbox"/> Mayor a H del Talud	
<b>9. Tipo estructural</b>							
9.1 Marque con "x", múltiples opciones:							
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado				<input type="checkbox"/> 9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes perales o de pórticos			
<input type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado reticulares con paredes de bloques de arcilla o de concreto				<input type="checkbox"/> 10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada			
<input type="checkbox"/> 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales				<input type="checkbox"/> 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada			
<input type="checkbox"/> 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sist. tipo túnel)				<input type="checkbox"/> 12. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos			
<input type="checkbox"/> 5. Pórticos de acero				<input type="checkbox"/> 13. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos			
<input type="checkbox"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares				<input type="checkbox"/> 14. Viviendas de bahareque de un piso			
<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero diagonalizados				<input type="checkbox"/> 15. Viviendas de construcción precorta (siena, madera, zinc, etc.)			
<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con cerchas							
9.2 indique el número del tipo estructural predominante: _____							
<b>10. Esquema de planta (marcar con "x")</b>				<b>11. Esquema de elevación (marcar con "x")</b>			
<input type="checkbox"/> "H"		<input type="checkbox"/> "L"		<input type="checkbox"/> "T"		<input type="checkbox"/> "U"	
<input type="checkbox"/> "T"		<input type="checkbox"/> Cajón		<input type="checkbox"/> Pirámide invertida		<input type="checkbox"/> "L"	
<input type="checkbox"/> "U" ó "C"		<input type="checkbox"/> Regular		<input type="checkbox"/> Piramidal		<input type="checkbox"/> Rectangular	
<input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal				<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical			
<input type="checkbox"/> Ninguno				<input type="checkbox"/> Ninguno			

Figura 22 Planilla de inspección de edificaciones

Fuente: Funvisis

12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)					
<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones <input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección <input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil <input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entraplo débil ó blando <input type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas <input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	<input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas <input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta <input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa <input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna 12.11 Separación entre edificios (cm): _____				
13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)					
13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo: 13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo: 13.3 Agrietamiento en paredes de relleno: 13.4 Estado general de mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Severo <input type="checkbox"/> Severo <input type="checkbox"/> Severo <input type="checkbox"/> Bajo		
14. Observaciones					
_____ _____ _____					
15. Croquis de ubicación, fachada y planta					
Croquis de ubicación		Croquis de fachada			
Croquis de planta					
Fotos a tomar: - Fachadas - Identificación de la edificación - Pendiente del terreno - Talud cercano - Tipo estructural - Elementos estructurales - Losas - Juntas - Nodos o conexiones - Ausencia de vigas altas - Presencia columna corta - Discontinuidad de elementos - Aberturas excesivas en planta - Asimetría en planta - Adosamiento - Grietas en paredes - Grietas o fisuras en elementos de concreto - Corrosión o deterioro en elementos de acero - Observaciones o casos especiales					

**Figura 23 Parte de la planilla de inspección de edificaciones**  
Fuente: Funvisis



La planilla de recolección de datos se completa para cada uno de las edificaciones inspeccionadas, siguiendo los 8 pasos descritos a continuación:

**1. Verificación de información de identificación de la edificación**

Se ha dejado espacio en la parte superior derecha de la planilla de recolección de datos para documentar la información de identificación (ver figura 25) sobre construcción tales como (dirección, nombre, número de pisos, año en que fue construido, entre otros).

Dirección: _____		Código Postal: _____	
Otra Identificación: _____			
Nº de Pisos: _____		Año de Const.: _____	
Inspector: _____		Fecha: _____	
Área de Construcción (m2): _____			
Nombre de la Edificación: _____			
Uso: _____			

**Figura 25:** Espacio De Recolección De Datos FEMA.

**Fuente:** (Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002)

**2. Selección de la ocupación destinada a la edificación**

En la parte superior derecha de la planilla (ver figura 26) se debe seleccionar la ocupación (uso) y la carga ocupacional (número de personas en la edificación).

OCUPACIÓN				
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas	
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	11-100
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000

**Figura 26:** Espacio para el tipo de ocupación y número de ocupantes

**Fuente:** (Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002)

### 3. Seleccionar el tipo de suelo

El tipo de suelo será identificado y documentado en la planilla de recolección de datos durante la fase de adquisición y revisión de datos de los tipos de suelo en campo.

TIPO DE SUELO					
A	B	C	D	E	F
roca dura	roca media	suelo denso	suelo duro	suelo suave	suelo pobre

**Figura 27:** Recuadro Para La Selección De Tipo De Suelo.

Fuente: (Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002)

### 4. Identificación de elementos no estructurales con potencial riesgo de caída

Si cualquiera de los elementos de riesgos de caída existe en el edificio, se debe marcar la casilla apropiada. De existir otro elemento de riesgo de caída, se marcará la casilla “otros” (ver figura 28) y se indicará el tipo de elemento en la línea que se encuentra debajo.

PELIGROS NO-ESTRUCTURAL			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chimenea no reforz.	Parapet.	Revest. pesado	otros

**Figura 28:** Recuadro Para La Selección De Peligro No Estructural.

Fuente: (Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002)

### 5. Identificación del sistema de resistencia a carga lateral y documentación de la puntuación estructural básica relacionado

En el procedimiento de inspección visual rápida (IVR) está la tarea de identificar el sistema de resistencia de fuerza lateral. Una vez que se identifique, se

encontrará el código alfanumérico en la planilla de recolección de datos y se marcará la puntuación básica de riesgos estructurales. Idealmente, el sistema de resistencia de fuerza lateral de cada estructura a ser inspeccionada deberá ser identificado antes del trabajo de campo a través de la interpretación y revisión de los documentos de construcción de cada una o en caso de no contar con ellos, (ver figura 29) se deberá identificar en campo. Las puntuaciones básicas de riesgos estructurales se encuentran en la primera fila de la matriz de puntuación estructural, en la parte baja de la misma.

TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(ICM)	(MCM)	(MRF)	(SW)	(MCM)	(TU)		(FD)	(RD)	
CUENTA BASICA	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

**Figura 29:** Recuadro Para La Selección De Tipología Estructural.

**Fuente:** (*Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002*)

## 6. Identificación de atributos de actuación sísmica y modificadores de puntuación registrada.

En esta sección, se discutirán los factores más importantes que impactan la actuación estructural significativamente durante movimientos sísmicos, y la asignación de modificadores de puntuación relacionados con cada uno de estos factores (atributos). La severidad del impacto en actuaciones estructurales podrá variar de acuerdo al tipo de sistema de resistencia de fuerza lateral, entonces el modificador de puntuación dependerá del tipo de edificación. Los modificadores de puntuación que están asociados con cada atributo de desempeño como se indican en la matriz de puntuación en la planilla de recolección de datos, serán marcados en la columna correspondiente.

Si un atributo de desempeño no aplica a un tipo de edificio dado, se marca el modificador de puntuación con “N/A”, el cual indica “No Aplica”.

A continuación, (ver figura 30) se nombraran las descripciones de los atributos de desempeño existentes en la planilla:

- Edificios de elevaciones parciales
- Edificios de elevaciones altas
- Irregularidad vertical
- Irregularidad en planta
- Año pre código
- Año post código
- Suelo tipo C
- Suelo tipo D
- Suelo tipo E

CUENTA BASICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(CSH)	(UMM)	(MRF)	(SW)	(UMM)	(TU)		(FD)	(PD)	
CUENTA BASICA	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
Media Altura (4 a 7 pisos)	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
Gran Altura (>7 pisos)	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
Irregularidad Vertical	-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
Irregularidad en Planta	-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
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Año Post Código	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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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

**Figura 30:** Recuadro Para La Selección De Modificadores De La Cuenta Básica.  
**Fuente:** (Rapid Visual Screening Of Building For Potential Seismic Hazards, FEMA 154, 2002)

## 7. Fotografías del edificio

Se deberá tomar al menos una fotografía del edificio con propósitos de identificación e información. Es difícil fotografiar edificios muy grandes desde la calle y el lente de la cámara crea distorsiones en los edificios de elevación alta. De ser posible, se deberán tomar las fotografías desde una distancia suficiente como para incluir todo el edificio y las caras adyacentes.

- **Aplicación de la metodología de Cardona (1989)**

A continuación se presenta el procedimiento que se utiliza para la recolección de datos según el método empírico de Cardona:

- **Aspecto de la edificación:**

Mediante la inspección visual se llevara a cabo el análisis cualitativo sobre las características de las estructuras donde se identifican aspectos tales como:

- Calidad y estado de la construcción (ver tabla 1)
- Configuración y forma
- Tipo de estructura
- Características del suelo y cimentación
- Estabilidad en componentes no estructurales

**Tabla 1.** Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona

ASPECTO	VULNERABILIDAD			
	A	M	B	VALOR
1.- Calidad y estado de la construcción	50	25	5	
2.- Configuración y forma de la edificación	60	30	5	
3.- Tipo de estructura	80	40	15	
4.- Características del suelo y la cimentación	60	30	10	
5.- Estabilidad de componentes no estructurales	50	25	5	
<b>TOTAL</b>				

Fuente: Fernández y otros-2002

Dicho método es respaldado con la figura 31



**Figura 31:** Respaldo del método Cardona

### 2.2.22 Índice de Priorización de Edificaciones

Se define tomando en cuenta la amenaza sísmica en el sitio, la vulnerabilidad de la estructura y la importancia de la construcción. El Índice de Priorización (IP) se obtiene a partir de:

$$IP = I_v * I_i * I_a$$

*Dónde:*

$I_v$ : índice de vulnerabilidad

$I_i$ : índice de importancia

$I_a$ : índice de amenaza

#### ➤ Índice de vulnerabilidad

La intención del cálculo de este índice no es otra que tomar en cuenta todas aquellas características propias de la estructura que puedan desencadenar un comportamiento inadecuado o deficiente a la hora de presentarse un evento sísmico, dicho índice es definido bajo la ecuación:

$$\sum_{i=1}^6 \alpha_i * I_i$$

Donde  $I_{ies}$  es el índice de vulnerabilidad específica y  $\alpha_i$  su peso relativo (Ver figura 32).

$I_i$	Vulnerabilidad asociada con:	$\alpha_i$
$I_1$	Antigüedad y norma utilizada	0,25
$I_2$	Tipo estructural	0,35
$I_3$	Irregularidad	0,25
$I_4$	Profundidad del depósito	0,07
$I_5$	Topografía y drenajes	0,04
$I_6$	Grado de deterioro	0,04

**Figura 32 Índice de vulnerabilidad ( $I_i$ ) específica y peso relativo ( $\alpha_i$ ).**

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

Los índices de vulnerabilidad específicos establecidos en la tabla mostrada anteriormente, son los siguientes:

- **Índice de vulnerabilidad asociada a la Antigüedad de estructura ( $I_1$ )**

Se obtiene en base al año de construcción de la edificación y a la norma de diseño utilizada (Ver figura 33), en la selección de estos valores se han tomado en cuenta la mayor vulnerabilidad de las construcciones diseñadas con normas antiguas, las cuales poseen menor resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía que las diseñadas con las normas modernas.

Año de Construcción (t)	$t \leq 1939$	$1939 < t \leq 1947$	$1947 < t \leq 1955$	$1955 < t \leq 1967$	$1967 < t \leq 1982$	$1982 < t \leq 1998$	$1998 < t \leq 2001$	$t > 2001$
$I_1$	100	80	80	90	60	30	10	15

**Figura 33. Valores Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad ( $I_1$ )**

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Índice de vulnerabilidad asociada al tipo de estructura ( $I_2$ )**

Se calcula en base al sistema estructural con el que fue construida la edificación (Ver figura 34). Esta tabla define 15 irregularidades de tipo estructural, en caso de

que una edificación posea más de un tipo estructural se recomienda asignarle el índice de tipo predominante o en todo caso asignarle el mayor valor de  $I_2$ .

Tipo Estructural	Descripción	$I_2$
1	Pórticos de concreto armado <sup>(a)</sup>	25
2	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	40
3	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
4	Muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección, como algunos sistemas constructivos del tipo túnel	90
5	Pórticos de acero	40
6	Pórticos de acero con perfiles tubulares	60
7	Pórticos de acero diagonalizados	20
8	Pórticos de acero con cerchas	40
9	Sistemas pre-fabricados en base de grandes paneles o de pórticos	90
10	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	70
11	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada <sup>(b)</sup>	100
12	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos <sup>(b)</sup>	90
13	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos <sup>(b)</sup>	95
14	Viviendas de bahareque de un piso	90
15	Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, entre otros)	100

**Figura 34. Valores Índice de vulnerabilidad asociado con el tipo estructural ( $I_2$ )**

Fuente: Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existentes

- **Índice de vulnerabilidad para las irregularidades ( $I_3$ )**

Este índice tiene como finalidad modificar la vulnerabilidad de una edificación aumentándola en aquellas que posee irregularidades geométricas o deficiencias estructurales significativas que condicionan su desempeño sísmico. Allí se definen 11 irregularidades que son ampliamente reconocidas a nivel internacional como potenciadora de respuestas sísmicas desfavorables. (Ver figura 35)

j	Descripción de la irregularidad	I <sub>3</sub>	
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	40	
2	Ausencia de muros en una dirección como ocurre en algunos sistemas tipo túnel	80	
3	Edificios de carácter frágil sin capacidad para disipar energía, como las edificaciones de adobe o de paredes de bloques que no poseen refuerzo metálico interior ni elementos de confinamiento (columnas, vigas de corona)	100	
4	Presencia de al menos un entrepiso blando o débil	50	
5	Presencia de columnas cortas	30	
6	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	30	
7	Aberturas significativas en losas	10	
8	Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o esquemas de elevación tipo L <sup>(1)</sup>	20	
9	Adosamiento a edificio adyacente:	(a) Losa contra losa	10
		(b) Losa contra columna	20
10	Planta de forma I, H, T, U, C o similar, sin presencia de juntas, o esbeltez excesiva horizontal	10	
11	Masas que crecen significativamente con la elevación (Tipo T o pirámide invertida) o esbeltez excesiva vertical	10	

<sup>(1)</sup> Entran dentro de esta irregularidad las construcciones en pendiente con semisótanos, en donde una losa está confinada por el terreno por un lado pero libre por otro lado.

**Figura 35** Valores Índice de vulnerabilidad asociado a las irregularidades (I<sub>3</sub>)

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Índice de vulnerabilidad asociada a la profundidad del depósito (I<sub>4</sub>)**

El índice 4 permite tomar en cuenta el aumento en la vulnerabilidad de una edificación alta que está fundada sobre sedimentos de gran profundidad, tal como quedo evidencia en el terremoto de caracas en el año 1967. (Ver figura 36).

Situaciones de aplicación	I <sub>4</sub>
Edificios con un número de pisos mayor que 6 y localizados en depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros	100
Otros casos	0

**Figura 36** Valores Índice de vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

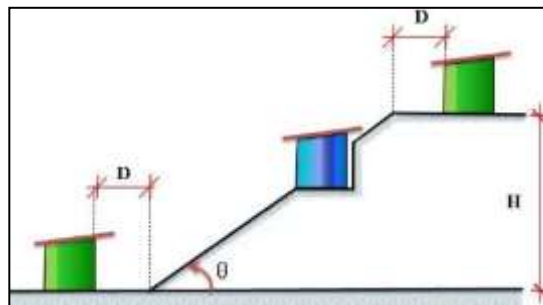
- **Índice de vulnerabilidad asociada con la topografía y los drenajes (I<sub>5</sub>)**

El índice 5 tiende a identificar situaciones de vulnerabilidad asociadas con construcciones hechas en laderas o cerca de estas, debido a una potencial falla de estabilidad en taludes no protegidas por obras de contención. (Ver figura 37 y 38).

		Características	$I_g$
Localización de la construcción	Construcción sobre planicie		0
	Construcción sobre ladera con pendiente de ángulo $\theta$ dada por:	Entre $20^\circ$ y $45^\circ$	50
		$\geq 45^\circ$	80
	Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de pendiente $\theta \geq 20^\circ$ , a una distancia D:	Menor o igual a H	80
Mayor a H		0	
Existencia de drenajes		Si	0
		No	20

**Figura 37** Valores Índice de vulnerabilidad con la topografía y los drenajes (I5)

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente



**Figura 38.** Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada con la topografía.

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente.

- **Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6)**

El valor del I6 corresponde a los diferentes grados de deterioro del edificio, penalizando con los mayores valores a la existencia de corrosión del acero y el agrietamiento estructural. (Ver figura 39).

Componente	Grado de deterioro	$I_d$	
Estructura	(a) Estructura de concreto: Agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado y/o corrosión en acero de refuerzo	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
	(b) Estructura de acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo de elementos	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
Paredes	Arietamiento en paredes de relleno	Severo	20
		Moderado	10
		Ninguno	0
Todos	Estado general de mantenimiento	Bajo	10
		Regular	5
		Bueno	0

**Figura 39** Valores Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6)

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Índice de Vulnerabilidad**

$$I_v = I_1 * 0.25 + I_2 * 0.35 + I_3 * 0.25 + I_4 * 0.07 + I_5 * 0.04 + I_6 * 0.04$$

- **Índice de Importancia(Ii)**

Tiene como finalidad incorporar dentro del proceso de priorización el uso de la construcción (Ver figura 40) y el número de personas expuestas durante un terremoto (Ver figura 41).

Grupo	Uso del edificio
A1	Hospitales y centros de salud, estaciones de bomberos y de protección civil
A2	Cuarteles de policía, edificios de asiento del gobierno local, regional o nacional, edificios educacionales, construcciones patrimoniales de valor excepcional, 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, centros de tráfico aéreo
A3	Todas aquellas edificaciones no contenidas en los grupos A1 y A2, tales como viviendas, edificios de apartamentos, de oficinas, comerciales, hoteles, bancos, restaurantes, cines, teatros, almacenes y depósitos

**Figura 40** Grupo según el uso de la edificación

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existentes

Grupo	$N \leq 10$	$10 < N \leq 100$	$100 < N \leq 500$	$500 < N \leq 1000$	$N > 1000$
A1	0.90	0.92	0.95	0.97	1
A2	0.85	0.87	0.90	0.93	0.95
A3	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90

**Figura 41. Índice de importancia (Ii)**

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Índice de Amenaza(IA)**

Este índice va definido respecto a la zona sísmica de Venezuela, respecto a los valores de aceleración del terreno en roca según las Normas COVENIN (ver figuras de la 42 a la 44)

**ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA**

ESTADO	
BARINAS	<p><b>Zona 4:</b> 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-Ilocomito, unos 10 km. al este de ésta.</p> <p><b>Zona 3:</b> Resto del Estado, excluidas las áreas en Zona 4 y el Municipio Arismendi.</p> <p><b>Zona 2:</b> Municipio Arismendi.</p>
BOLÍVAR	<p><b>Zona 3:</b> Municipios: Canóni, Padre Pedro Chien, y Área del Municipio Piar al Norte del paralelo 8° N.</p> <p><b>Zona 2:</b> Municipio Heres, Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Lami, Sifontes, Roncio y El Calba, 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><b>Zona 1:</b> Municipio Gran Sabana, y Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Lami, Sifontes, José Tadeo Monagas, Piar y El Calba ubicadas al Sur del paralelo 7° N.</p> <p><b>Zona 0:</b> Resto del Estado.</p>
CARABOBO	<p><b>Zona 5:</b> Municipios: Guacara, San Diego, Naguanagua, Montalbán, Miranda, Los Guayos, Juan José Mora, Puerto Cabello, Bejuma, San Joaquín, Diego Barra, Lago de Valencia, y Áreas de los Municipios Valencia y Libertador al Norte del paralelo 10° N.</p> <p><b>Zona 4:</b> Municipio Carlos Arvelo, y Áreas de los Municipios, Valencia y Libertador al Sur del paralelo 10° N.</p>
COJEDES	<p><b>Zona 4:</b> Municipios: Amotegui, San Carlos, Lima Blanco, Falcón.</p> <p><b>Zona 3:</b> Municipios: Girardot, Ricuarte, Romulo Gallegos, Tinaco, Pao de San Juan Bautista.</p>
DELTA AMACURO	<p><b>Zona 5:</b> Municipios: Fedemales, Tacupita, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas en el Delta al Norte del Río Orinoco.</p> <p><b>Zona 4:</b> Municipio Casacoima, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del Río Orinoco.</p> <p><b>Zona 3:</b> Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del paralelo 8° N.</p>
DTO. FEDERAL	<p><b>Zona 5:</b> Todo el Distrito.</p>

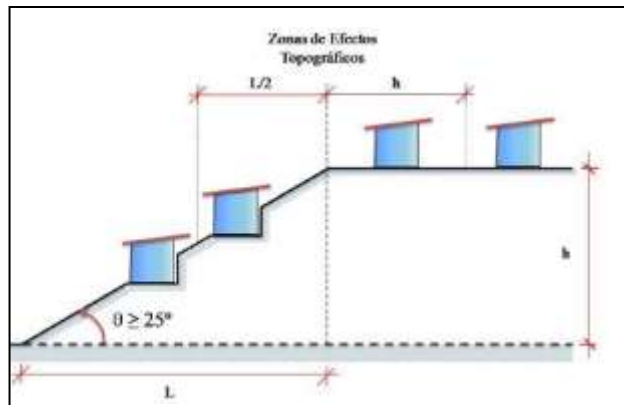
**Figura 42.** Zonificación Sísmica de Venezuela

**Fuente:** Norma Venezolana COVENIN 1756-2001 Edificaciones Sismorresistente

Zona	Peligro Sísmico	A <sub>o</sub> (Covenin, 2001)	I <sub>A</sub>	
			Sin efectos topográficos	Con efectos topográficos
7	Elevado	0,40	0,90	1
6		0,35	0,80	0,88
5		0,30	0,68	0,75
4	Intermedio	0,25	0,56	0,63
3		0,20	0,45	0,50
2	Bajo	0,15	0,34	0,38
1		0,10	0,23	0,25
0		-	0,05	0,05

**Figura 43.** Valores de Índice de Amenaza (IA)

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente



**Figura 44.** Zonas donde se consideran los efectos topográficos en el Índice de Amenaza

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existentes

- **Índice de priorización**

Se define tomando en consideración la amenaza sísmica en el sitio, la vulnerabilidad de la estructura y la importancia de la construcción.

$$IP = I_v * I_i * I_a$$

- **Índice de Riesgo**

Va definido por el producto del índice de amenaza y el índice de vulnerabilidad.

$$I_r = I_a * I_v$$

- **Valoración de los índices**

- **Valoración del índice de vulnerabilidad ( $I_v$ )**

Al obtener el índice de vulnerabilidad mediante el método establecido, se deberá proceder a valorar dicho índice calificándolo en base a 6 rangos que van desde vulnerabilidad muy baja hasta muy alta. (Ver figura 45).

Calificación de la Vulnerabilidad	$I_v$ Rango de Valores
Muy Elevada	$60 \leq I_v \leq 100$
Elevada	$40 \leq I_v < 60$
Media Alta	$30 \leq I_v < 40$
Media Baja	$20 \leq I_v < 30$
Baja	$10 \leq I_v < 20$
Muy Baja	$0 \leq I_v < 10$

**Figura 45. Valoración de Índice de vulnerabilidad ( $I_v$ )**

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Valoración del índice de Riesgo ( $I_r$ )**

Una vez definido el índice de riesgo se procede a calificar el mismo en base a 7 rangos que van desde muy bajo hasta muy elevado (Ver figura 46).

Calificación del riesgo	$I_r$ Rango de valores
Muy Elevado	$60 \leq I_r \leq 100$
Elevado	$40 \leq I_r < 60$
Alto	$25 \leq I_r < 40$
Medio Alto	$15 \leq I_r < 25$
Medio Bajo	$8 \leq I_r < 15$
Bajo	$3 \leq I_r < 8$
Muy Bajo	$0 \leq I_r < 3$

**Figura 46 Valoración de Índice de Riesgo ( $I_r$ )**

**Fuente:** Índice de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente

- **Valoración del Índice de Priorización ( $I_p$ )**

La obtención del índice de priorización, depende de todos los factores involucrados en el cálculo de los índices anteriores, esto quiere decir que la priorización de la estructura a estudiar va a depender de la amenaza sísmica de la zona definida por ( $I_a$ ), la vulnerabilidad de la misma definida por ( $I_v$ ), y por el uso y

cantidad de personas expuestas definido por ( $I_i$ ). Una vez obtenido se debe señalar su respectiva valoración correspondiente (Ver figura 47), donde se establecen 12 rangos que van desde la prioridad mínima a la máxima, adquiridos a partir de los valores límites de las 7 categorías del Índice de Riesgo ( $I_r$ ) y su combinación con los valores límites de las categorías del Índice de Amenaza ( $I_a$ ).

Calificación de la Priorización	$I_p$ Rango de Valores
P1 (Prioridad máxima)	$60 \leq I_p \leq 100$
P2	$50 \leq I_p < 60$
P3	$40 \leq I_p < 50$
P4	$30 \leq I_p < 40$
P5	$25 \leq I_p < 30$
P6	$20 \leq I_p < 25$
P7	$16 \leq I_p < 20$
P8	$12 \leq I_p < 16$
P9	$8 \leq I_p < 12$
P10	$5 \leq I_p < 8$
P11	$2 \leq I_p < 5$
P12 (Prioridad mínima)	$0 \leq I_p < 2$

**Figura 47. Valoración de los índices de priorización (IP).**

**Fuente:** Índices de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente. 2014.

De acuerdo al método de Cardona sus resultados indican el índice de vulnerabilidad de la estructura y se expresa de la siguiente manera:

- **Calificación de la vulnerabilidad:**

Luego de reconocer los aspectos presentes en las estructuras, se procede a calificar subjetivamente la vulnerabilidad a cada una de ellas y asignarle el valor correspondiente.

- Vulnerabilidad Alta (A)
- Vulnerabilidad Media (M)
- Vulnerabilidad Baja (B)

- **Calificación final:**

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

El método de FEMA 154-ATC 21 indica si la estructura inspeccionada requiere una evaluación detallada o no.

### **2.3 Definición de términos básicos:**

A continuación se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado.

**ANSI/AISC 341-16:** American Institute of Steel Construction "instituto americano de construcción de acero"

**Covenin 1756-1:2001:** comisión venezolana de normas industriales "Edificaciones Sismorresistente, requisitos y comentarios."

**Deflexión:** Es el grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga.

**Diagnóstico:** permite conocer la enfermedad (falla o defecto de la estructura), determinar el estado en que se encuentra la edificación (condiciones de funcionamiento y resistencia).

**Dúctil:** La ductilidad de un acero sometido a tracción es la capacidad para deformarse bajo carga sin romperse, una vez superado el límite elástico.

**FUNVISIS:** Fundación venezolana de investigaciones sismológicas.

**Pórtico:** Estructura formada por columnas y vigas unidas entre sí, que soportan cargas.

**Riostra:** Elemento constructivo que colocado oblicuamente permite asegurar la inmovilidad o evitar la deformación de otros elementos de una estructura.

**Sismo:** Se conoce por Sismo o Terremoto a aquel movimiento de la superficie terrestre, que se origina en el interior de la Tierra y que se propaga en todas las

direcciones por los materiales de la misma en forma de ondas elásticas, denominadas ondas sísmicas. Es un temblor violento de la Tierra, debido a la brusca liberación de energía acumulada y que ocurre cuando existen debilidades o fallas de los bloques de la corteza terrestre, que se rompen y se deslizan unos sobre otros.

**Torsión:** Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo.

**Tracción:** Es una fuerza axial que se aplica en la dirección del eje del elemento y tiene como función el alargamiento del elemento.

**Vulnerabilidad:** Es la probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural, y según el grado de fragilidad de sus elementos, pueda sufrir daños humanos y/o materiales.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico consta de los mecanismos empleados para análisis de la problemática de investigación y es el resultado de la aplicación, sistemática y lógica, en el que se busca analizar y describir a fondo el problema planteado, mediante los procedimientos específicos que incumbe las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el cómo se realiza el estudio. Según Galán (2011), es el "cómo se realizará el estudio para responder al problema planteado". Se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo el análisis comparativo de la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras construidas en acero estructural obtenidas mediante la aplicación métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales, ubicadas en Tinaquillo estado Cojedes.

#### **3.1 Tipo de la Investigación**

El desarrollo de la investigación es de tipo Proyecto Factible, ya que ésta se encarga de investigar, recopilar y analizar información, con el propósito de dar una propuesta operativa para la solución de un problema en específico. De acuerdo a esto, Mijares y García (2007), basándose en las Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado, de la universidad José Antonio Páez (UJAP, 2007), define:

La investigación de Proyecto Factible consistirá en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.

### **3.2 Diseño de Investigación**

Según Fideas G. Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”.

Así mismo Fideas G. Arias (2004); la investigación documental se ha establecido que “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.

Es por ello que la presente investigación es de tipo documental, puesto que se basa en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales impresas, audiovisuales o electrónicas, con el fin de nuevos aportes en conocimientos.

### **3.3 Nivel de la investigación**

Tamayo y Tamayo (2001) señalan que “este lleva implícito una estructura a seguir en la investigación, sobre la cual se ha de ejercer los controles necesarios a fin de encontrar resultados confiables y determinar así mismo su relación con las interrogantes surgidas de los supuestos e hipótesis y del problema”.

Ahora bien, al hablar específicamente de la investigación descriptiva en términos metodológicos, consiste en indicar todas las características del fenómeno que se estudia, por cuanto implica por parte de los investigadores en este caso, la capacidad y disposición de evaluar y exponer, en forma detallada, las características del objeto de estudio, ya que evidencia el nivel cognitivo y operativo de conceptos y categorías relacionadas con el tema.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Según Arias (2006), la población: “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, quedando delimitada por el problema y objetivos del estudio”.

En referencia a lo expuesto, en la presente investigación la población está representada por las estructuras construidas en acero estructural presentes en Tinaquillo, estado Cojedes.

### **3.4.2 Muestra**

Por otro lado, Arias (2006), define la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. Para ésta investigación se tomaron en cuenta dos estructuras construidas en acero estructural destinadas al comercio. Cabe destacar que el estudio se basó en una muestra representativa, donde se estudiaron aquellas edificaciones, dependiendo de su uso y características propias que cada una de ellas posee.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Según Arias (2006) señala que:

Se entenderán por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente, a dicho soporte se denomina instrumento, que se define como la recolección de datos de cualquier recurso, dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.

Una vez que se seleccionó el diseño de investigación y la muestra apropiada de acuerdo al problema en estudio, la siguiente etapa consistió en la recolección de datos pertinentes sobre las variables involucradas en la investigación.

La recolección de datos es una de las fases más importantes de la investigación, puesto a que se obtiene una búsqueda valiosa, en este caso se obtuvo mediante observación directa. Según el Manual UPEL (2015) define como observación directa “todos los datos de interés que son recogidos en forma directa de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios”.

Puede decirse, dado lo anterior, que a través de la observación directa, se realizó la inspección visual de las edificaciones para obtener los datos necesarios y

evaluar el Índice de Priorización de Edificaciones, además de determinar cuáles de ellas requieren o no una revisión detallada ante una amenaza sísmica.

### **3.6. Fases Metodológicas**

Para llevar a cabo la presente investigación fue necesario organizar en forma secuencial o en fases las distintas actividades que requerían de su ejecución para cumplir los objetivos planteados. Las mismas, se explican seguidamente para una mejor comprensión del procedimiento empleado para el desarrollo del presente trabajo especial de grado.

#### **FASE I: Recopilar información estructural en etapa de proyecto y construcción de dos estructuras construidas en acero estructural ubicadas en Tinaquillo, Edo. Cojedes.**

Para la realización de esta etapa se llevó a cabo una revisión detallada sobre información de gran importancia suministrada por la empresa de Ingeniería Grupo Merino, C.A, tales como: planos estructurales del proyecto original, un informe geotécnico y una propuesta de rehabilitación, además, se realizaron 4 visitas para efectuar la inspección visual directamente en campo, con la ayuda de una cámara fotográfica y una cinta métrica y de tal manera recopilar la información característica de cada una de ellas para así llevar a cabo el adecuado estudio de vulnerabilidad estructural ante una amenaza sísmica en la zona de estudio.

#### **FASE II: Analizar la información más relevante obtenida mediante la inspección visual que afecten la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras construidas en acero estructural.**

En esta etapa, una vez ya realizada la inspección visual, se procede a analizar la información estructural más relevante de ambas estructuras, tales como: aspectos generales, año de construcción, números de niveles, usos, características geométricas, tipo de material de construcción empleado, irregularidades en el sistema estructural, entre otras.

Para llevar a cabo éste análisis se tiene que reconocer los factores que afectan la vulnerabilidad sísmica, tales como: pandeo, corrosión, errores en las conexiones,

pernos, soldaduras, fisuras y todas las lesiones o signos encontrados en el acero estructural.

**FASE III: Obtener la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.**

Luego de cumplir con las fases anteriores, se procede a determinar el índice de vulnerabilidad, de riesgo y de priorización sísmica, además de determinar cuál de ellas necesita una evaluación más detallada o no.

**FASE IV: Comparar la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando varios métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.**

Se elaborarán cuadros comparativos donde se mostraron los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos cualitativos y empíricos; permitiendo así evaluar la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras metálicas.  
(Ver Anexo A)

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

La presente investigación contempla dos estructuras construidas en acero estructural, ubicadas en Tinaquillo estado Cojedes, donde se enfocó en desarrollar cada uno de los objetivos planteados dentro de la investigación dirigida al análisis de vulnerabilidad sísmica obtenida mediante métodos cualitativos y empíricos. Con los resultados obtenidos, se llevó a cabo un estudio comparativo, cuyos datos fueron recolectados por la metodología descrita anteriormente con el parámetro de inspección visual, así mismo se realizaron una serie de recomendaciones que puedan ser tomadas en cuenta para posteriores investigaciones

#### **4.1 Recopilar información estructural en etapa de proyecto y construcción de dos estructuras construidas en acero estructural ubicadas en Tinaquillo, Edo. Cojedes.**

Las dos estructuras construidas en acero seleccionadas para el estudio fueron el Supermercado Doce 24 y el Galpón planta Baruta, ubicados en Tinaquillo. Estos fueron construidos por la empresa de Ingeniería Grupo Merino, C.A. Esta empresa suministró la siguiente información: planos estructurales del proyecto original, un informe geotécnico y una propuesta de rehabilitación, además, se realizaron 4 visitas para efectuar la inspección visual directamente en campo, con la ayuda de una cámara fotográfica y una cinta métrica y de tal manera recopilar la información característica de cada una de ellas para así llevar a cabo el adecuado estudio de vulnerabilidad estructural ante una amenaza sísmica en la zona de estudio.

##### **4.1.1 Edificación Supermercado Doce 24**

###### **4.1.1.1 Calidad y estado de la construcción**

- Se puede apreciar, conectores de corte construido con acero no identificado que posee apariencia de barra lisa incumpliendo con los requisitos del proyecto por la normativa venezolana COVENIN 1618-1998 ESTRUCTURAS DE ACERO PARA

EDIFICACIONES. MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITES, esto no garantiza la correcta trasmisión de las fuerzas del diafragma hacia las vigas.



**Figura 48.** Calidad y estado de la construcción supermercado doce24

**Fuente** Colina y Giménez (2019)



**Figura 49:** Apreciación de barras lisas en la construcción del supermercado doce24

**Fuente:** Propia

- Ejes no Ortogonales, con notables diferencias con respecto a los planos iniciales del proyecto. La falta de ortogonalidad puede generar una excentricidad que comprometa el comportamiento sismorresistente de la edificación.



**Figura 50:** Falta de ortogonalidad en construcción del supermercado doce24

**Fuente:** Propia

#### **4.1.1.2 Configuración y forma de la edificación:**

De acuerdo a la estructura observada, su configuración y forma corresponden a una edificación irregular en forma de T, se debe acotar que la estructura posee 2 niveles del cual en el primer nivel se encuentra conectada una mezzanina hacia el lado derecho y en el segundo nivel está conectada una rampa que se colocó hacia el lado izquierdo.

La edificación por su forma irregular en T, visualmente podría darnos una idea de que probablemente su centro de masa y su centro de rigidez no se encuentren en el mismo punto por su irregularidad y que al momento de un terremoto esa fuerza haga que la estructura se traslade pero al mismo tiempo pueda rotar, esto nos traería como consecuencia una torsión, lo cual es negativo para cualquier tipo de estructura.

Adicionalmente, se encuentra un problema de entrantes y salientes, en la estructura se encuentra un saliente bastante fuerte y que si existiese una vibración esta edificación podría vibrar en direcciones diferentes produciendo fuertes concentraciones de solicitaciones en la esquinas interiores del edificio, además se visualiza que todos los pórticos son iguales y que a pesar de que se colocó un ala no se percibe que se haya realizado ningún tipo de compensación para esa rigidez generada por esa adición del ala. Seguido a esto, se encuentra una gran abertura en planta, la norma me dice que si el área de mi entrepiso tiene más del 20% de la abertura del área total estoy en presencia de un diafragma flexible y esto me genera que su desplazamiento también pueda ser diferente.



**Figura 51:** Configuración y forma de la edificación supermercado doce24  
**Fuente:** Propia



**Figura 52:** Forma de la edificación del supermercado doce24

**Fuente:** Propia

#### **4.1.1.3 Tipo de estructura:**

El tipo de estructura correspondiente, es un pórtico resistente a momento, hay ciertos aspectos que se deben mencionar en la visualización de esta edificación como lo son:

La estructura se encuentra diseñada con perfiles PROPERCA, es un perfil nacional, el cual en su fabricación se diseña con planchas electrosoldadas. El espesor máximo de este perfil es de 12 mm, se debe tomar en cuenta que ningún perfil PROPERCA cumple con la relación ancho/espesor para edificaciones sismorresistentes. Además, tiene un reforzamiento de una plancha en el ala pero el alma no se encuentra reforzada, por lo tanto podríamos estar en presencia de un posible incumplimiento.



**Figura 53:** Reforzamiento del ala con planchas- tipo de estructura  
**Fuente:** Propia

En la siguiente imagen, se puede observar unas correas, las mismas tienen la función de darle soporte al entrepiso pero también el de arriostrar en algún sentido. En este caso se ve reflejado que en el sentido longitudinal de la viga (eje en X) se encuentra arriostrado mientras que en el sentido transversal no se cumple con dicho arriostramiento, puesto que la única viga auxiliar donde solamente hay arriostramiento se encuentra en la mitad, por lo tanto el criterio de arriostramiento lateral en viga, falla.



**Figura 54:** Correas -Tipo de estructura  
**Fuente:** Propia

Otro aspecto que se logró apreciar cuando tengo un sistema a momento es que no se debe conectar por el eje débil de la columna, además debido a la cartela conectada por ese mismo eje hace que no se cumpla con el criterio de columna fuerte-viga débil.



**Figura 55:** Conexión de viga y columna por eje débil  
**Fuente:** Propia

También se logró observar que no existe un caso de planchas de continuidad, ocasionando que no se pueda garantizar la transferencia de esfuerzos axiales en las alas al otro elemento, esta continuidad actúa como un rigidizador y al no tenerla el ala tiende a ser débil.



**Figura 56** Ausencia de plancha de continuidad  
**Fuente:** Propia

No hay zona de panel, por no existir planchas de continuidad, esto quiere decir que dicha zona no fue protegida.

#### **4.1.1.4 Tipo de suelo y cimentación**

Por las características del suelo y los datos suministrados por el informe geotécnico se presenta un suelo suelto y blando, también existe irregularidad en la cimentación, ya que se puede apreciar que vaciaron contra terreno la fundación, mientras que debe ser encofrado.

Adicionalmente, existen elementos de transición ya que utilizaron dos tipos de concreto diferentes entre los dos pedestales, observándose que fueron construidos en diferentes fases.

Además, existe excentricidad en la fundación debido a que el eje de la columna no coincide con el eje del pedestal y la línea del perno no tiene continuidad por lo tanto la transferencia de carga que debe generar el mismo lo estará haciendo el elemento de transición que es de mala calidad.



**Figura 57:** Tipo de suelo y cimentación supermercado Doce24

**Fuente:** Propia



**Figura 58:** Fundación del supermercado Doce24

**Fuente:** Propia

## **4.1.2 Estructura: Galpón Industrial dentro de las instalaciones de Planta Baruta**

### **4.1.2.1 Calidad y estado de la construcción:**

Se aprecia que la soldadura en filete no está correctamente realizada en la cartela y en el atiesador ya que fueron hechas en campo, por lo que no se transmite correctamente los esfuerzos y existen puntos de fragilidad.



**Figura 59:** Calidad y estado de la construcción galpón Baruta

**Fuente:** Propia

Este tipo de conexión es empleada comúnmente entre el arriostramiento diagonal y la intersección viga-columna, a través de planchas concéntricas (Gusset Plate), donde la experiencia de ensayos han demostrado una debilidad manifestada al inducirse una fractura en la conexión, por lo cual, es necesario el reforzamiento de la sección neta con planchas de refuerzo, para que al momento de un evento sísmico exista un control exhaustivo en la calidad de la conexión.



**Figura 60:** Calidad y estado de la construcción Galpón Baruta  
**Fuente:** Propia

Desalineamiento entre la plancha base y la columna los cuales generan momentos adicionales en las fundaciones que no fueron tomadas en cuenta en el diseño.



**Figura 61:** Calidad y estado de la construcción Galpón Baruta  
**Fuente:** Propia

#### 4.1.2.2 Configuración y forma de la edificación:



**Figura 62:** Configuración y forma de la edificación galpón Baruta  
**Fuente:** Propia

De acuerdo a la estructura observada, su configuración y forma corresponden a una edificación regular tanto en planta como en elevación, lo cual no genera incidencia en la vulnerabilidad sísmica.

#### 4.1.2.3 Tipo de estructura:

El tipo de estructura correspondiente son pórticos resistente a momento en el sentido transversal y en el sentido longitudinal un sistema de arriostramiento concéntrico.



**Figura 63:** Tipo de estructura galpón Baruta  
**Fuente:** Propia



**Figura 64:** Tipo de estructura Galpón Baruta  
Fuente: Propia

#### **4.1.2.4 Características del suelo y la cimentación:**

Según el informe geotécnico suministrado el tipo de suelo es blando, debido a que el NF se encuentra muy poco profundo y por la baja resistencia a la penetración, ya que el suelo se encuentra con zonas débiles en los metros iniciales de las perforaciones ejecutadas.

Es importante mencionar que de acuerdo a los estudios realizados en la zona, plantearon una serie de recomendaciones y conclusiones pertinentes para que se generara un sistema de fundación que pudiera repartir cargas al terreno de forma convenientes para no existiera ningún tipo de problema.

#### **4.2 Analizar la información más relevante obtenida mediante la inspección visual que afecten la vulnerabilidad sísmica de dos estructuras construidas en acero estructural.**


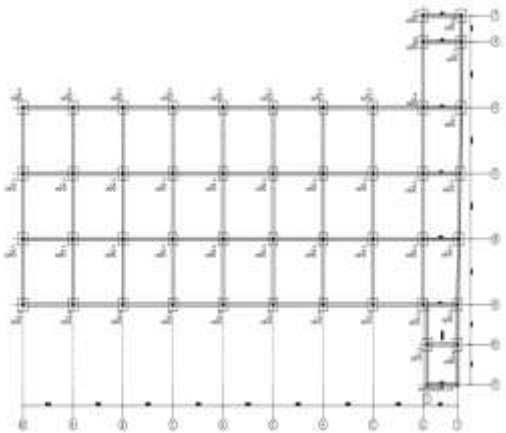
Para llevar a cabo éste análisis se tenía que reconocer los factores que afectan la vulnerabilidad sísmica, tales como: pandeo, corrosión, errores en las conexiones, pernos, soldaduras, fisuras y todas las lesiones o signos encontrados en el acero estructural.

Para la aplicación de cada método, se usó como apoyo la información generada por los planos del proyecto original comparándose con lo que allí está construido, basados en la inspección visual, se seleccionaron una serie de fotografías donde se detectaron fallas estructurales las cuales fueron posteriormente plasmadas en una memoria fotográfica para así poder validar la información requerida en cada método.

#### **4.2.1 Aplicación de la metodología de FUNVISIS “Planilla de Inspección de Edificaciones”**


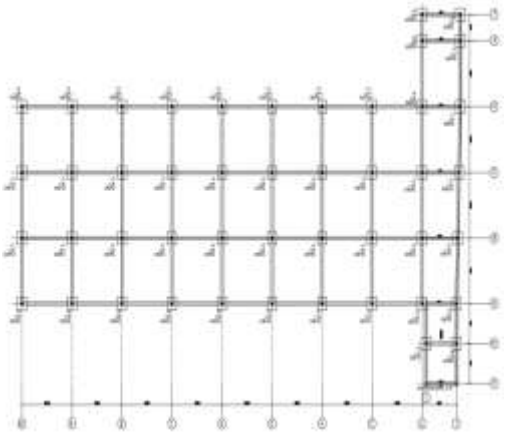
Toda la información recopilada se muestra a continuación, en los cuadros desde el 1 al 8

**Cuadro 1** Supermercado doce 24. Viga. Planta baja

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
Nombre de la Institución: Supermercado Doce 24	Fecha de Inspección: 09/04/2019
Ubicación: Tinaquillo	Edad: 6 años
Tipo de estructura: Pórtico de Acero a momento	Elemento: Viga
Ficha: 1 de 5	Nivel: planta baja
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de Falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>Correas quemadas producto de un mal proceso de soldadura.</li> </ul>	<p>Ala superior de las correas se perciben quemadas producto de una mala realización de soldadura, la cual puede ocasionar debilidad en la sección del perfil.</p>
<p><b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana  <b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri  <b>Aprobado por:</b> Ing. Joel Curreri</p>	


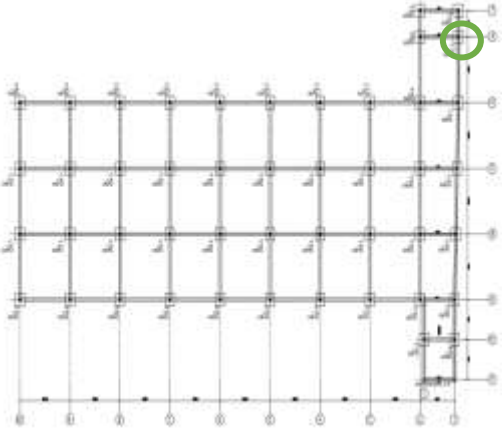
Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 2** Supermercado doce 24. Estructura completa. Planta

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
<b>Nombre de la Institución:</b> Supermercado Doce 24	<b>Fecha de Inspección:</b> 09/04/2019
<b>Ubicación:</b> Tinaquillo	<b>Edad:</b> 6 años
<b>Tipo de estructura:</b> Pórtico de Acero a momento	<b>Elemento:</b> estructura completa
<b>Ficha:</b> 1 de 5	<b>Nivel:</b> planta
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de Falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta una irregularidad en planta debido a su forma en T</li> </ul>	<p>La estructura metálica presenta forma de T pudiendo generar un efecto torsional porque posiblemente su centro de masa y centro de rigidez no se encuentren en el mismo punto, además presenta un saliente bastante pronunciado y que si existiese una vibración esta edificación podría vibrar en direcciones diferentes.</p>
<p><b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana  <b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri  <b>Aprobado por:</b> Ing. Joel Curreri</p>	

Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 3** Supermercado doce 24. Viga y columna. Planta

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
<b>Nombre de la Institución:</b> Supermercado Doce 24	<b>Fecha de Inspección:</b> 09/04/2019
<b>Ubicación:</b> Tinaquillo	<b>Edad:</b> 6 años
<b>Tipo de estructura:</b> Pórtico de Acero a momento	<b>Elemento:</b> viga y columna
<b>Ficha:</b> 1 de 5	<b>Nivel:</b> planta baja
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de Falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones a momento de las vigas por el eje debil de la columna</li> </ul>	<p>Esta conexión por el eje débil, no genera el cumplimiento del criterio columna fuerte – viga débil, por ende existe la posibilidad de que se genere en primera instancia formación de rotulas plásticas en columnas que comprometan la estabilidad de la estructura.</p>
<b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana	
<b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri <b>Aprobado por:</b> Ing. Joel Curreri	


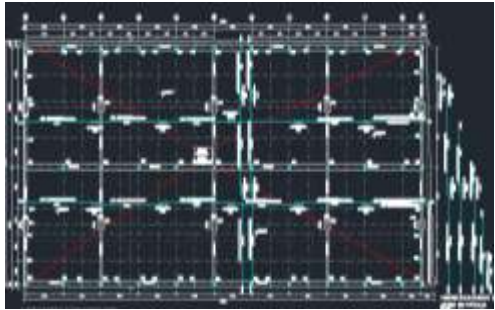
Fuente Colina y Giménez (2019)

Cuadro 4 Inspección Visual. Supermercado doce 24

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales										Sismicidad MEDIA					
FEMA 154 Planilla de colección de datos															
										Dirección: Av. Quinta Miranda y Av. <del>Cuarta</del> Carabobo					
										Tinaquillo Edo- Cojedes Código Postal: 2209					
Categoría Identificación:										Nº de Pisos: 2 Año de Const.: 2013					
Inspector:										Fecha: 09/04/2019					
Área de Construcción (m <sup>2</sup> ): 2768 m <sup>2</sup>										Nombre de la Edificación: Supermercado Doce 24					
Uso: Comercial, locales comerciales y estacionamiento															
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						REGULACIÓN ESTRUCTURAL					
Asamblea	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	roca	roca	suelo	duro	duro	duro	Chimenea	Columna	Columna	Columna		
Solo Escolar	Industrial	Escuela	101-1000	dura	media	densa	dura	suave	pobre	trípode	trípode	trípode	trípode		
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
CUENTA BÁSICA	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
Medta altura (4 a 7 pisos)	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
Gran altura (>7 pisos)	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
Irregularidad Vertical	-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
Irregularidad en Planta	-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
Edo Pre Código	0,0	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Edo Post Código	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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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
CUENTA FINAL, S.	2,5														
COMENTARIOS: Presenta irregularidad en planta debido a la forma del edificio en T, además de, presentar una rigidez excéntrica.										Requiere Evaluación Detallada					
										SI NO					


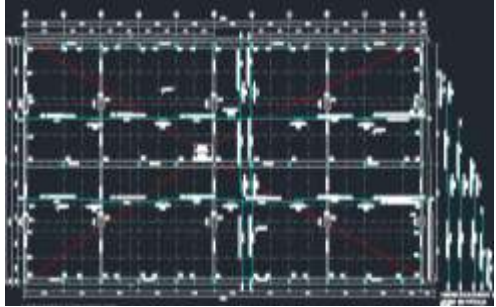
Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 5** Galpón Planta Baruta. Conexiones y soldaduras

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
<b>Nombre de la estructura:</b> Galpón Planta Baruta	<b>Fecha de inspección:</b> 16/04/2019
<b>Ubicación:</b> Tinaquillo	<b>Edad:</b> 3 años
<b>Tipo de estructura:</b> Pórticos de acero a momento y diagonalizados	<b>Elemento:</b> Conexiones y soldaduras
<b>Ficha:</b> 1 de 2	<b>Nivel:</b> Planta baja
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión soldada viga-columna</li> <li>• Proceso agresivo de soldadura en filete</li> </ul>	<p>- La conexión a momento tiende a ser más flexible por lo tanto no es precalificada desde el punto de vista sísmico.</p> <p>- Ocasiona debilitamiento en la resistencia del elemento estructural.</p>
<p><b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana  <b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri  <b>Aprobado por:</b> Ing. Joel Curreri</p>	


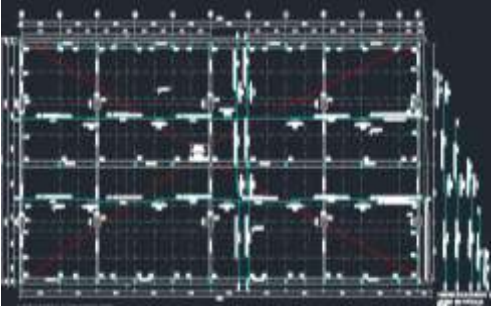
**Fuente** Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 6.** Galpón Planta Baruta. Conexiones

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
Nombre de la estructura: Galpón Planta Baruta	Fecha de inspección: 16/04/2019
Ubicación: Tinaquillo	Edad: 3 años
Tipo de estructura: Pórticos de acero a momento y diagonalizados	Elemento: Conexiones
Ficha: 2 de 2	Nivel: Planta baja
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión soldada viga-columna</li> <li>• Corte de la sección del perfil</li> <li>• Proceso agresivo de soldadura en las conexiones del elemento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la inercia y resistencia del elemento estructural</li> </ul>
<p><b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana</p> <p><b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri</p> <p><b>Aprobado por:</b> Ing. Joel Curreri</p>	

Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 7** Galpón Planta Baruta. Rigidizador

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA	
<b>Nombre de la estructura:</b> Galpón Planta Baruta	<b>Fecha de inspección:</b> 16/04/2019
<b>Ubicación:</b> Tinaquillo	<b>Edad:</b> 3 años
<b>Tipo de estructura:</b> Pórticos de acero a momento y diagonalizados	<b>Elemento:</b> Rigidizador
<b>Ficha:</b> 3 de 3	<b>Nivel:</b> Planta baja
Fotografía	Croquis del área en estudio
	
Fallas observadas en la estructura	Hipótesis de falla
<ul style="list-style-type: none"> <li>El rigidizador sobresale de la plancha debido al mal replanteo topográfico y el eje de la columna no coincide con el perno central.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La excentricidad generada debido al replanteo topográfico pueden inducir solicitaciones y esfuerzos sobre la fundación que no fueron tomados en cuenta en el análisis.</li> </ul>
<b>Elaborado por:</b> Colina Paola, Giménez Ana <b>Revisado por:</b> Ing. Joel Curreri <b>Aprobado por Ing. Joel Curreri</b>	

Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 8** Galpón Planta Baruta. Inspección visual

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales				Sismicidad MEDIA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos															
				Dirección: _____ Código Postal: 2209 Otra identificación: _____ Nº de Pisos: _____ Año de Const.: 2016 Inspector: _____ Fecha: _____ Área de Construcción (m <sup>2</sup> ): _____ Nombre de la Edificación: Galpón Baruta Uso: Galpón de almacenamiento											
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						RIESGOS NO ESTRUCTURAL					
Asamblea	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F						
Comerciales	Símb. Público	Residencial	0-10	roca	roca	huevo	huevo	huevo	huevo	Chimenea	Galpón	Galpón	Galpón	Galpón	Galpón
Base Escolar	Industrial	Facultad	101-1000	dura	media	dura	dura	suave	molde	rocas	suave	suave	suave	suave	suave
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
	(WF)	(WF)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(C)	(C)	(C)	(PC)	(PC)	(RM)	(RM)	(UR)
CUENTA BÁSICA	4,4	3,8	2,8	3,3	3,2	2,8	2,7	2,5	2,8	1,6	2,6	2,4	2,8	2,8	1,8
Medio altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,4	0,0
Gran altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,8	0,3	N/A	0,4	N/A	N/A	0,6	N/A
Irregularidad Vertical	-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
Irregularidad en Planta	-0,5	0,3	-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
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Año Post Código	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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo D	0,0	0,3	-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
Suelo Tipo 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
CUENTA FINAL "S"	3,3														
COMENTARIOS:												Requiere Evaluación Detallada			
												SI NO			

Fuente Colina y Giménez (2019)

**4.3 Obtener la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.**

**4.3.1 Identificar las condiciones de Riesgo Sísmico cualitativa en las estructuras de acero mediante el Método de Priorización de Edificios para la Gestión de Riesgo Sísmico (FUNVISIS-FONACIT-N° 2007000939, 2014).**

**4.3.1.1 Estructura: SUPERMERCADODOCE24**

- **Índice de vulnerabilidad asociada a la Antigüedad de la estructura (I<sub>1</sub>)**

Este índice se obtuvo en base al año de construcción de la edificación según lo establece la figura 33 por lo tanto para el año de construcción de la estructura estudiada corresponde al año 2013, y su respectivo índice de vulnerabilidad específica y peso relativo determinado por la figura 32 antes mencionada fue

<b>Índice de vulnerabilidad por antigüedad</b>	<b>Índice de vulnerabilidad específico</b>
<b><math>I_1 = 15</math></b>	<b><math>\alpha_1 = 0,25</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada al tipo de estructural (I<sub>2</sub>)**

En la presente investigación se cuenta con una estructura tipo 5 con pórticos de acero basados en la figura 34, se obtiene un **I<sub>2</sub>** con un índice de vulnerabilidad específico de:

<b>Índice de vulnerabilidad por estructura</b>	<b>Índice de vulnerabilidad específico</b>
<b><math>I_2 = 40</math></b>	<b><math>\alpha_2 = 0,35</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada a las irregularidades (I3)**

En este caso, la edificación cuenta con irregularidad en planta en forma de T con  $I3-10= 10$ , aberturas significativas en losas  $I3-7= 10$ , todos estos resultados según la figura 35 por lo tanto de acuerdo al procedimiento antes descrito se procede a la aplicación de la siguiente expresión para calcular el  $I3$  cuyo máximo valor no debe sobrepasar de 100.  $I3= 20$  con un  $\alpha3=0.25$

Índice de vulnerabilidad por irregularidades	Índice de vulnerabilidad específico
<b><math>I_3 = 20</math></b>	<b><math>\alpha_3 = 0,25</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada a la profundidad del depósito (I4)**

Ya que la edificación cuenta con 2 niveles incluyendo su planta baja, entrando a la figura 36, la misma pertenece a la clasificación de otros casos, por lo tanto originó un  $I4=0$  con un índice específico según la figura 32.

Índice de vulnerabilidad por profundidad del depósito	Índice de vulnerabilidad específico
<b><math>I_4 = 0</math></b>	<b><math>\alpha_4 = 0,07</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada con la topografía y los drenajes (I5)**

En este caso la topografía no influye en este parámetro, ya que la estructura se

encuentra emplazada en una planicie, esto quiere decir, según figura 37, que de acuerdo a la localización de la construcción el  $I_{5-1}=0$ , además cuenta con un sistema de drenaje con un índice  $I_{5-2}=0$ , por lo tanto el  $I_5=0$  de acuerdo a la figura 32, se tiene:

Índice de vulnerabilidad por topografía y drenaje	Índice de vulnerabilidad específico
$I_5 = 0$	$\alpha_5 = 0,07$

- **Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro ( $I_6$ )**

En cuanto a la estructura de acero, se observaron fallas en los elementos, generando un índice moderado de 35, además de que el grado de mantenimiento es bajo obteniendo un índice de 10, estos datos fueron obtenidos de acuerdo a la figura 39, obteniendo un valor de  $I_6=45$  con un índice específico de la figura 32 se tiene

Índice de vulnerabilidad por grado de deterioro	Índice de vulnerabilidad específico
$I_6 = 45$	$\alpha_6 = 0,04$

Realizando la sumatoria de cada uno de los índices determinados, se obtuvo el siguiente valor de Índice de Vulnerabilidad.

$$I_v = I_1 * 0.25 + I_2 * 0.35 + I_3 * 0.25 + I_4 * 0.07 + I_5 * 0.04 + I_6 * 0.04$$

$$I_v = 15 \cdot 0.25 + 40 \cdot 0.35 + 20 \cdot 0.25 + 0 \cdot 0.07 + 0 \cdot 0.04 + 45 \cdot 0.04$$

<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD</b>	
<b>Total</b>	<b><math>I_v = 24,55</math></b>

- **Índice de importancia (I<sub>i</sub>)**

Para determinar el índice de importancia se clasifico la edificación de acuerdo a su uso, como la estructura es de uso comercial, la misma pertenece al grupo A3, según figura 40 , y debido a que alberga 1-1000 personas aproximadamente, siendo este número (N)  $500 < N \leq 1000$ , se utilizó la figura 41, entrando con el grupo obtenido y el

<b>ÍNDICE DE IMPORTANCIA</b>	
<b>USO</b>	<b>Alberga</b>
<b>A3</b>	<b><math>500 &lt; N \leq 1000,</math></b>
<b><math>I_i = 0,87</math></b>	

- **Índice de Amenaza (I<sub>A</sub>)**

Ya que el estado es Cojedes según la figura 42, se encuentra en una zona sísmica 4. Haciendo uso de la figura 43, indica que la edificación presenta un peligro sísmico intermedio, y como la estructura no presenta efectos topográficos, debido a

su planicie, se tiene que:

<b>ÍNDICE DE AMENAZA</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	<b>NIVEL</b>
<b>4</b>	<b>INTERMEDIO</b>
<b><math>I_A = 0,56</math></b>	

Finalmente, ya obtenido el índice de vulnerabilidad, índice de importancia e índice de amenaza, se calcularon los índices de priorización e índices de riesgo, para así poder estimar los valores límites establecidos según el método FUNVISIS.

<b>ÍNDICE DE PRIORIZACIÓN</b>	<b>ÍNDICE DE RIESGO</b>
<b><math>I_P = I_v * I_i * I_a</math></b>	<b><math>I_r = I_a * I_v</math></b>
<b><math>I_P = 11,96</math></b>	<b><math>I_r = 13,75</math></b>

- **Valoración de los índices**

- **Valoración del índice de vulnerabilidad ( $I_v$ )**

Ya que el estudio arrojó un índice de vulnerabilidad de 24,55 el mismo se encuentra según la figura 45 en el siguiente rango  $20 \leq I_v < 30$ , lo que significa que la

edificación se encuentra con una calificación de vulnerabilidad media baja.

- **Valoración del índice de Riesgo (Ir)**

Con el índice de riesgo obtenido, el cual fue de 13,75, y haciendo uso de la figura 46, este se encuentra en el rango de valores de  $8 \leq I_r < 15$ , calificando a la edificación en un riesgo medio bajo.

- **Valoración del Índice de Priorización (Ip)**

Haciendo uso de la figura 47, con el valor  $I_p$  de 11,96 entramos en el rango siguiente  $8 \leq I_p < 12$  dando un índice de priorización de 9.

VALORACIÓN DE LOS ÍNDICES		
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ÍNDICE DE PRIORIZACIÓN
$I_v = \text{MEDIA BAJA}$	$I_r = \text{MEDIO BAJO}$	$I_p = 9$

**4.3.1.2 Estructura: Galpón Industrial dentro de las instalaciones de Planta Baruta**

• **Índice de vulnerabilidad asociada a la Antigüedad de la estructura (I1)**

Este índice se obtuvo en base al año de construcción de la edificación según lo establece la figura 33, por lo tanto para el año de construcción de la estructura estudiada, la cual fue en 2016, y su respectivo índice de vulnerabilidad específica y peso relativo determinado por la figura 32 antes mencionada

Índice de vulnerabilidad por antigüedad	Índice de vulnerabilidad específico
$I_1 = 15$	$\alpha_1 = 0,25$

- **Índice de vulnerabilidad asociada al tipo de estructural (I<sub>2</sub>)**

En la presente investigación se cuenta con una estructura tipo 5 con pórticos de acero a momento, lo que quiere decir que basado en la figura 34, se obtiene un I<sub>2</sub> de 40 con un índice específico figura 32 y en el eje Y se encuentran pórticos de acero diagonalizados con arriostramiento lateral en el centro en cruz de San Andrés, lo que quiere decir que basado en la figura 34, se obtiene un I<sub>7</sub>= 20

Índice de vulnerabilidad por estructura	Índice de vulnerabilidad específico
<b>I<sub>2</sub> = 40</b>	<b>α<sub>2</sub> = 0,35</b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada a las irregularidades (I<sub>3</sub>)**

No existe ningún tipo de irregularidad que afecte la vulnerabilidad sísmica de la estructura por lo tanto según la figura 35 el I<sub>3</sub>= 0, con un índice específico de la figura 32 queda:

Índice de vulnerabilidad por irregularidades	Índice de vulnerabilidad específico
<b>I<sub>3</sub> = 0</b>	<b>α<sub>3</sub> = 0,25</b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada a la profundidad del depósito (I<sub>4</sub>)**

Ya que la nave industrial no consta de niveles, entrando a la figura 36, la misma pertenece a la clasificación de otros casos, por lo tanto originó un I<sub>4</sub>= 0, con un índice específico según la figura 32

Índice de vulnerabilidad por profundidad del depósito	Índice de vulnerabilidad específico
<b><math>I_4 = 0</math></b>	<b><math>\alpha_4 = 0,07</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociada con la topografía y los drenajes(I5)**

En este caso la topografía no influye en este parámetro, ya que la estructura se encuentra emplazada en una planicie, esto quiere decir que de acuerdo a la localización de la construcción el  $I5-1=0$ , además cuenta con un sistema de drenaje con un índice  $I5-2=0$ , por lo tanto el  **$I5=0$**  de acuerdo a la figura 37, con un  **$\alpha_5= 0,04$**  según la figura 32

Índice de vulnerabilidad por topografía y drenaje	Índice de vulnerabilidad específico
<b><math>I_5 = 0</math></b>	<b><math>\alpha_5 = 0,07</math></b>

- **Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6)**

En cuanto a la estructura de acero, se observaron fallas en los elementos tales como conexiones y soldaduras, generando un índice moderado de 35, estos de acuerdo a la figura 39, obteniendo un valor de  **$I6=35$**  con un  **$\alpha_6= 0,04$**  según la figura 32.

Índice de vulnerabilidad por grado de deterioro	Índice de vulnerabilidad específico
<b><math>I_6 = 35</math></b>	<b><math>\alpha_6 = 0,04</math></b>

.Realizando la sumatoria de cada uno de los índices determinados, se obtuvo el siguiente valor de Índice de Vulnerabilidad.

$$I_v = I_1 * 0.25 + I_2 * 0.35 + I_3 * 0.25 + I_4 * 0.07 + I_5 * 0.04 + I_6 * 0.04$$

$$I_v = 15 * 0.25 + (40 + 20) * 0.35 + 0 * 0.25 + 0 * 0.07 + 0 * 0.04 + 35 * 0.04$$

<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD</b>	
<b>Total</b>	<b><math>I_v = 26,15</math></b>

- **Índice de importancia (I<sub>i</sub>)**

Para determinar el índice de importancia se clasifico la edificación de acuerdo a su uso, como la estructura es de uso almacenamiento y depósito, la misma pertenece al grupo A3, según la figura 40, y debido a que alberga 1-500 personas aproximadamente, siendo este número (N)  $100 < N \leq 500$ , se utilizó la figura 41 entrando con el grupo obtenido y el N, dando como resultado un **I<sub>i</sub>=0,85**

<b>ÍNDICE DE IMPORTANCIA</b>	
<b>USO</b>	<b>ALBERGA</b>
<b>A3</b>	<b>100&lt;N≤500,</b>
<b><math>I_i = 0,85</math></b>	

- **Índice de Amenaza ( $I_a$ )**

Ya que el estado es Cojedes según la figura 42, se encuentra en una zona sísmica 4, se hace uso de la figura 43, la cual nos indica que la edificación presenta un peligro sísmico intermedio, y como la estructura no presenta efectos topográficos, debido a su planicie, el  $I_A = 0,56$

<b>ÍNDICE DE AMENAZA</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	<b>NIVEL</b>
<b>4</b>	<b>INTERMEDIO</b>
<b><math>I_A = 0,56</math></b>	

Finalmente, ya obtenido el índice de vulnerabilidad, índice de importancia e índice de amenaza, se calcularon los índices de priorización e índices de riesgo, para así poder estimar los valores límites establecidos según el método FUNVISIS.

ÍNDICE DE PRIORIZACIÓN	ÍNDICE DE RIESGO
$I_P = I_v * I_i * I_a$	$I_r = I_a * I_v$
$I_P = 12,45$	$I_r = 14,64$

- **Valoración de los índices**

- **Valoración del índice de vulnerabilidad ( $I_v$ )**

Ya que el estudio arrojo un índice de vulnerabilidad de 26,15 el mismo se encuentra según la figura 45 en el siguiente rango  $20 \leq I_v < 30$ , lo que significa que la edificación se encuentra con una calificación de vulnerabilidad media baja.

- **Valoración del índice de Riesgo ( $I_r$ )**

Con el índice de riesgo obtenido, el cual fue de 14,64, y haciendo uso de la figura 46, éste se encuentra en el rango de valores de  $8 \leq I_r < 15$ , calificando a la edificación en un riesgo medio bajo.

- **Valoración del Índice de Priorización ( $I_p$ )**

Haciendo uso de la figura 47, con el valor  $I_p$  de 12,45 entramos en el rango siguiente  $12 \leq I_p < 16$  dando un índice de priorización de 8.

VALORACIÓN DE LOS ÍNDICES		
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE DE RIESGO	ÍNDICE DE PRIORIZACIÓN
$I_v = \text{MEDIA BAJA}$	$I_r = \text{MEDIO BAJO}$	$I_p = 8$

#### 4.3.2 Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona (1989).

**Tabla 2** Matriz SUPERMERCADO DOCE24

ASPECTO	VULNERABILIDAD			
	A	M	B	VALOR
1.- Calidad y estado de la construcción	50	25	5	50
2.- Configuración y forma de la edificación	60	30	5	60
3.- Tipo de estructura	80	40	15	80
4.- Características del suelo y la cimentación	60	30	10	60
5.- Estabilidad de componentes no estructurales	50	25	5	5
<b>TOTAL</b>				<b>255</b>

Fuente Colina y Giménez (2019)

**Tabla 3** Matriz GALPÓN PLANTA BARUTA

ASPECTO	VULNERABILIDAD			
	A	M	B	VALOR
1.- Calidad y estado de la construcción	50	25	5	50
2.- Configuración y forma de la edificación	60	30	5	5
3.- Tipo de estructura	80	40	15	40
4.- Características del suelo y la cimentación	60	30	10	10
5.- Estabilidad de componentes no estructurales	50	25	5	5
<b>TOTAL</b>				<b>110</b>

Fuente Colina y Giménez (2019)

**4.4 Comparar la vulnerabilidad sísmica de ambas estructuras aplicando varios métodos cualitativos y empíricos basados en códigos nacionales e internacionales.**

**Cuadro 9** Características de los métodos.

<b>Métodos</b>	<b>FEMA 154-ATC 21</b>	<b>Cardona</b>	<b>FUNVISIS</b>
<i>¿En que se basa?</i>	En una inspección visual tanto en el interior como en el exterior de la estructuras, su aplicación es rápida y económica. Se utiliza para recolectar datos de acuerdo a la amenaza sísmica de la zona estudiada.	En una inspección visual para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, de manera rápida y preliminar.	En asignar los índices de vulnerabilidad, de riesgo y de priorización sísmica de un número elevado de edificaciones existentes que puedan estar localizadas en cualquier lugar de Venezuela.
<i>¿Que se obtiene?</i>	Las condiciones en las que se encuentra la estructura en estudio, a través de una inspección realizada, donde se determina si necesita una revisión más detallada o no, de acuerdo a la puntuación obtenida.	Un resultado o parámetro global, de acuerdo a un rango de valores, donde indican que tan vulnerable es o no la estructura.	Seleccionar aquellas edificaciones críticas que requieran evaluaciones estructurales más detalladas y asegurar decisiones hacia una gestión integral del riesgo sísmico.
<i>¿Empírico o cualitativo?</i>	EMPÍRICO	EMPÍRICO	CUALITATIVO
<i>¿A cuál tipo de estructura se le</i>	Metálicas y de concreto armado	Metálicas y de concreto armado	Metálicas y de concreto armado

<i>aplica?</i>			
----------------	--	--	--

Fuente Colina y Giménez (2019)

**Cuadro 10:** Indicadores para evaluar cada método cualitativo y empírico.

<b>Métodos</b>	<b>Fema 154-ATC 21</b>	<b>Cardona</b>	<b>FUNVISIS</b>
<b><i>Contenido de la planilla</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso de la edificación</li> <li>-Ocupación</li> <li>- Número de personas</li> <li>-Tipo de suelo</li> <li>-Peligros no estructurales</li> <li>-Tipo de estructura y clasificación</li> <li>-Altura de la estructura</li> <li>- Irregularidad en planta y vertical</li> <li>- Año de construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Calidad y estado de la construcción</li> <li>-Configuración y forma de la edificación</li> <li>- Tipo de estructura</li> <li>- Características del suelo y la cimentación.</li> <li>- Estabilidad de componentes no estructurales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de la edificación</li> <li>- Capacidad de ocupación</li> <li>- Año de construcción</li> <li>- Condición del terreno</li> <li>- Tipo estructural</li> <li>- Esquema de planta</li> <li>- Esquema de elevación</li> <li>- Irregularidades</li> <li>- Grado de deterioro</li> </ul>
<b><i>Manera de concluir</i></b>	Requiere evaluación detallada sí o no	Arroja una puntuación	Indica el índice de vulnerabilidad, de riesgo y de priorización
	$\geq 2$ no requiere una evaluación más detallada $\leq 2$ requiere	$\leq 90$ segura 90 – 150 vulnerable $\geq 150$ altamente	Índice de vulnerabilidad con 6 rangos desde (muy bajo a muy elevado) Índice de riesgo con 7

<b><i>Rango de respuesta</i></b>	evaluación detallada	vulnerable	rangos desde muy bajo a muy elevado  Índice de priorización con 12 rangos que van desde lo mínimo hasta lo máximo
<b><i>Limitaciones</i></b>	En este método la puntuación es muy limitativa porque no oscila en un rango para dar un criterio más accesible a lo que en realidad se percibe.	Es un método que en comparación con FEMA 154 y FUNVISIS, es el más antiguo, además sus preguntas son poco específicas, englobando muchos parámetros a la hora de la evaluación.	Es un método que presenta una discrepancia con la información que se piden respecto a las estructuras metálicas en comparación a las de concreto armado.

Fuente Colina y Giménez (2019)

Cuadro 11 Matriz de comparación de los métodos

Método Índices/ Requerimiento		Supermercado Doce 24				Galpón Baruta			
		FEMA 154	Cardona	FUNVISIS	Insp. Visual	FEMA 154	Cardona	FUNVISIS	Insp. Visual
Iv	Calificación o puntaje	X	255	24,55	X	X	110	26,15	X
	Acción o clasificación	X	Altamente vulnerable	Baja	Alta	X	Vulnerable	Media baja	Alta
Ir	Calificación o puntaje	X	X	13,57	X	X	X	16,64	X
	Acción o clasificación	X	X	Medio bajo	X	X	X	Medio bajo	X
Ip	Calificación o puntaje	2,50	X	11,97	X	3,2	X	12,45	X
	Acción o clasificación	No requiere evaluación detallada	X	Prioridad media	Prioridad máxima	No requiere evaluación detallada	X	Prioridad media	Prioridad máxima
Requerimiento o estudio más detallado		No requiere	Requiere	Requiere	Requiere	No requiere	Requiere	Requiere	Requiere

Fuente Colina y Giménez (2019)

✓ **Estructura: Supermercado DOCE 24**

- Respecto al índice de vulnerabilidad en el método de Cardona se obtiene que es altamente vulnerable al igual que el parámetro de inspección visual, mientras que en FUNVISIS arroja una vulnerabilidad baja.
- Respecto al índice de priorización en el método de FEMA 154, indica que la estructura no requiere una evaluación detallada mientras que en la metodología de FUNVISIS se obtiene una prioridad media y en el parámetro de inspección visual una prioridad máxima, es decir, que debe ser estudiada lo más pronto posible.
- El método de Cardona, FUNVISIS y el parámetro de inspección visual indican que la estructura requiere un estudio más detallado, mientras en el método de FEMA 154 no requiere una evaluación o estudio más detallado.

✓ **Estructura: Galpón Baruta**

- Respecto al índice de vulnerabilidad en el método de Cardona se obtiene que la estructura es vulnerable relacionándose con el parámetro de inspección visual el cual arroja una vulnerabilidad alta, mientras que en FUNVISIS su vulnerabilidad es media baja.
- Respecto al índice de priorización en el método de FEMA 154, indica que la estructura no requiere una evaluación detallada mientras que en la metodología de FUNVISIS se obtiene una prioridad media y comparándolo con lo obtenido durante la inspección visual su prioridad vendría siendo máxima, es decir, requiere de una evaluación lo más pronto posible.
- El método de Cardona, FUNVISIS y el parámetro de inspección visual indican que la estructura requiere un estudio más detallado, mientras que en el método de FEMA 154 no requiere una evaluación más detallada.

## CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones de la investigación basadas en los resultados obtenidos de los objetivos anteriormente desarrollados en el capítulo cuatro del presente trabajo:

✓ Respecto a la recopilación de información estructural en etapa de proyecto y construcción de las dos estructuras, se llevó a cabo para el adecuado estudio de vulnerabilidad, permitiendo así, obtener valores representativos en función a las metodologías planteadas.

✓ La comunidad de Tinaquillo resulta ser una zona de sismicidad intermedia y de acuerdo a las especificaciones de la Norma Venezolana COVENIN 1756-01:2001 las muestras estudiadas no cumplen con los requisitos de configuración necesarios para un adecuado comportamiento sísmico, debido a errores constructivos, es decir, requieren una revisión detallada, ya que de acuerdo al análisis de la información obtenida durante la observación en campo se puede suponer que esas estructuras son altamente vulnerables y que su comportamiento no sería el adecuado ante un fenómeno de este tipo.

✓ De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos empíricos y cualitativos se adquirió lo siguiente:

- Para la estructura del Supermercado se obtuvo según la metodología FEMA 154 que no requiere una evaluación detallada, en el método de Cardona arrojo una calificación altamente vulnerable, mientras que en FUNVISIS el índice de priorización resulto ser de tipo 9, lo que requiere una prioridad media.

- Para la estructura del Galpón Baruta se obtuvo según la metodología FEMA 154 que no requiere una evaluación detallada, en el método de Cardona arrojo una calificación vulnerable, mientras que en FUNVISIS el índice de priorización resulto ser de tipo 8, lo que requiere una prioridad media.

✓ Los métodos empíricos y cualitativos se usan para obtener una idea referencial debido a que son métodos subjetivos, donde sus resultados son dispersos, generalmente no adaptándose a la realidad observada en campo.

✓ Durante la aplicación de las tres metodologías realizadas a las dos estructuras, se observó que a pesar de que plasman una serie de preguntas similares, arrojan resultados diferentes, además son métodos que han sido creados en tiempo diferentes.

✓ La metodología de Cardona es la más acertada, debido a que en ambas estructuras arrojó un índice de vulnerabilidad alto a diferencia de los otros métodos, ya que en base al parámetro de inspección visual es el que más se adapta a la realidad.

✓ En la aplicación de la planilla de FUNVISIS se observó que toman en cuenta el parámetro de la amenaza y deterioro de conexiones, mientras que esta información no la contiene las demás planillas.

✓ La metodología de FUNVISIS es el único método de los tres en estudio, que tiene un parámetro específico que incluye las estructuras de acero aunque este debería estar más reforzado, ya que en las demás planillas sus preguntas son generales aplicadas tanto a estructuras de concreto como en acero.

✓ Entre FEMA 154 y Cardona, la metodología de FEMA es más limitativo respecto a su puntuación, mientras que en el otro método permite ir de un extremo a otro en el rango de puntaje a pesar de que solo contiene cinco preguntas a realizar.

✓ Para estructuras de acero estas metodologías solo sirven para aportar un valor de referencias mas no tomarlos como un método decisivo, debido a que carecen de información sobre dichas estructuras.

## RECOMENDACIONES

Luego de culminar todos los estudios a las dos estructuras construidas en acero ubicadas en Tinaquillo estado Cojedes, se harán las siguientes recomendaciones:

✓ Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica mediante un método cuantitativo, con la finalidad de emitir un diagnóstico que permita establecer el nivel de deficiencia estructural en el que se encuentran las edificaciones y proponer una solución del sistema de reforzamiento, cumpliendo con todas las exigencias dadas por las normas, para que a lo largo de su vida útil, tengan rigidez, resistencia y un comportamiento adecuado.

✓ Agregar parámetros de inspección visual en las tres metodologías, que permitan comentar sobre otros aspectos o características que no se encuentren en las planillas, que involucren las estructuras de acero tales como relación ancho espesor, conexiones precalificadas, estado en el que se encuentran las fundaciones, revisión de columna fuerte viga débil, arriostamiento lateral en vigas o correas, entre otros.

✓ Aplicarle a una serie de estructuras de acero que sean vulnerables los métodos cualitativos y empíricos, con el fin de tener una población más grande para evidenciar el comportamiento ante otras estructuras que presenten fallas.

✓ Proponer un análisis comparativo entre la vulnerabilidad sísmica obtenida mediante métodos cualitativos y métodos cuantitativos con el fin de analizar qué tan dispersos son sus resultados.

## REFERENCIAS

- Agüero, Maria; Escobar Monica (2019), **“Análisis comparativo del comportamiento sismorresistente del edificio del departamento de hidráulica del Decanato de Ingeniería Civil UCLA, modelado como estructura mixta sometido a diferentes señales sísmicas”**. Trabajo presentado en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado para optar al título de Ingeniería Civil.
- Bermúdez, Carlos (2010) **“Vulnerabilidad sísmica de edificios de acero”** Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ingeniería en la Universidad Politecnica de Cataluña
- COVENIN 1756-2001 **“Edificaciones Sismoresistentes”**
- Crisafulli, Francisco. (2018) **“Diseño sismorresistente de construcciones de acero”**. 5ta edición”.
- D’Amelio y Riera (2012) **“Estudio cualitativo y divulgación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones ubicadas en Barquisimeto-Estado Lara”**. Trabajo presentado en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado para optar al título de Ingeniería Civil.
- Fernandez, Rosario; Nuñez Ellys (2002) **“Evaluación de la vulnerabilidad de estructuras ante la ocurrencia de eventos sísmicos”** Trabajo presentado en la Universidad Central de Venezuela para optar al título de Ingeniería Civil.
- Fundación Venezolana de investigación sismológicas FUNVISIS.** (2012). Tomado de: URL: <http://www.funvisis.gob.ve>
- Ligas F. Salvador; Younes, Jorge (2011) **“Programa para el diseño de conexiones sismo-resistente en estructuras metálicas”**. Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de ingeniero civil
- López, Oscar A, (2010) **“Evaluación sismorresistente de edificios escolares en Venezuela”**. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 25, No 4.

López, O. (2014) “**Índice de Priorización de Edificios para la gestión de Riesgo Sísmico 3era versión**”. Informe Técnico FUNVISIS-FONACTI Proyecto N° 2007000939 Misión Ciencia Venezuela.

Mendoza (2010), en su investigación “**Análisis no lineal de la respuesta Sísmica de edificios aporticados de acero con diagonales concéntricas proyectados conforme a las Normas COVENIN 1756 - 2001 y 1618 - 1998**”.

Mogollon, Mariangel; Leal Jesus (2018), “**Análisis del comportamiento sísmoresistente de dos estructuras aporticadas de mediana altura con diferentes sistemas de arriostramientos laterales, diseñados en base a la normativa vigente usando criterios de microzonificación sísmica de Barquisimeto y Cabudare**”. Trabajo presentado en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado para optar al título de Ingeniería Civil.

# ANEXOS

ANEXO A

Cuadro comparativo sin llenar de las características de los métodos cualitativos y empíricos

<b>Métodos</b>	<b>FEMA 154-ATC 21</b>	<b>Cardona</b>	<b>FUNVISIS</b>
<i>¿En que se basa?</i>			
<i>¿Que se obtiene?</i>			
<i>¿Empírico o cualitativo?</i>			
<i>¿A cuál tipo de estructura se le aplica?</i>			

Cuadro comparativo sin llenar sobre el contenido de las planillas

<b>Métodos</b>	<b>Fema 154-ATC 21</b>	<b>Cardona</b>	<b>FUNVISIS</b>
<i>Contenido de la planilla</i>			
<i>Manera de concluir</i>			
<i>Rango de respuesta</i>			
<i>Limitaciones</i>			

Cuadro comparativo sin llenar de los resultados de los métodos.

Método Índices/ Requerimiento		Supermercado Doce 24				Galpón Baruta			
		FEMA 154	Cardona	FUNVISIS	Insp. Visual	FEMA 154	Cardona	FUNVISIS	Insp. Visual
Iv	Calificación o puntaje								
	Acción o clasificación								
Ir	Calificación o puntaje								
	Acción o clasificación								
Ip	Calificación o puntaje								
	Acción o clasificación								
Requerimiento o estudio más detallado									