

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIO DEL
LICEO BOLIVARIANO “JOSÉ ANTONIO RAMOS SUCRE” EN CUMANÁ,
ESTADO SUCRE.**

Autora:

Carmela María Arena Castañeda

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente
Como requisito parcial para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Barcelona, junio del 2025

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIO DEL
LICEO BOLIVARIANO “JOSÉ ANTONIO RAMOS SUCRE” EN CUMANÁ,
ESTADO SUCRE.**

Autora:

Carmela María Arena Castañeda

C.I: 24.878.653

El jurado hace constar que asigno a este trabajo de grado la calificación de:

Prof. María Ramírez

Jurado Principal

Prof. Anna Álvarez

Jurado Principal

Profesor: Narciso Carreño

Tutor Académico

Barcelona, junio del 2025

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIO DEL
LICEO BOLIVARIANO “JOSÉ ANTONIO RAMOS SUCRE” EN CUMANÁ,
ESTADO SUCRE.**

Autora:

Carmela María Arena Castañeda

Profesor: Narciso Carreño

Tutor Académico

Barcelona, junio del 2025

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el Artículo 41 del reglamento de trabajos de grado de la Universidad de Oriente:

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización.”



DEDICATORIA

Con mucho gusto, dedico todo mi esfuerzo por el cumplimiento de una meta más en mi vida:

A Dios:

A ti, Señor, que has iluminado mi camino y guiado cada uno de mis pasos durante esta ardua, pero gratificante jornada. Gracias por tu infinita sabiduría y misericordia.

A mis padres:

A ustedes, queridos padres, quienes me han apoyado incondicionalmente y han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por creer en mí y alentarme a perseguir mis sueños.

¡Mil gracias!

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber preparado todo este camino especialmente para mí, lleno de personas maravillosas, oportunidades, experiencias y permitirme llegar a este momento. Contigo todo, sin ti nada.

A mis padres José Arena y María Castañeda, por todo su esfuerzo y apoyo incondicional, y por brindarme todo su amor y motivación para cumplir esta meta. Este logro también es de ustedes.

A mis padrinos Violeta Coronado y José R. Moisés, Y mi prima Geraldinne Moises, por haber sido parte importante en mi proceso universitario y en mi vida. Por brindarme su hogar, sus consejos y enseñanza, y por todo el apoyo dado en mis primeros años en puerto la cruz. Siempre les estaré agradecida.

A mi amiga Isabel Ramírez, la hermana que me dio la UDO, de quien no me faltó nunca su apoyo incondicional, su gran amistad y sus ocurrentes soluciones a los problemas difíciles. Y a sus padres, Oswaldo Ramírez (que en paz descanse) y Yudmila Sánchez y hermanas Yudmila Ramírez y Carelys Ramírez, por haberme tendido su mano, y hacerme parte de su familia. Siempre les estaré agradecida.

A mi grupito del primer semestre: Ángel Gonzalez, Jose F. Peinado, Meliana Salazar, Lorena López, Okarina Guerra, Feliangelys Battaglini y Naluzmi Gómez, por su gran amistad y compañerismo, y por ser parte de los buenos y malos momentos también, como ustedes, ninguno.

A mi amor bonito, David Villarreal, por su gran amor, su constante apoyo y por siempre creer en mí. Que afortunada soy de tenerte en mi vida.

A mis tíos y abuelas, por haber creído en mí y darme la confianza para lograr todo lo que me propusiera. Gracias por su apoyo.

A Nelson Guzmán y Mileniz de Axthammer, por su incalculable disposición y su valiosa guía en mi proceso universitario. Gracias por su entusiasmo y su fe en mí.

¡A todos ustedes, gracias

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIO DEL LICEO BOLIVARIANO “JOSÉ ANTONIO RAMOS SUCRE” UBICADA EN CUMANÁ, ESTADO SUCRE.

Tutor (a): Narciso Carreño

Autora: Carmela Arena

Este trabajo tuvo como propósito, evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” en Cumaná, estado Sucre, durante el año 2024, utilizándose para ello, la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones, mediante curvas de fragilidad, puesto que es una edificación similar al Liceo Raimundo Martínez Centeno, colapsado en el terremoto de Cariaco, 1997, y así determinar la susceptibilidad de la estructura a sufrir daños en caso de la ocurrencia de un sismo permitiendo implementar medidas de mitigación adecuadas. Se implementó una investigación descriptiva con la aplicación de un diseño de campo, las técnicas de recolección de datos fueron la revisión documental, la observación directa, y entrevista no estructurada, con la finalidad de conocer la realidad a investigar, en función de los objetivos planteados. Este proyecto se llevó a cabo bajo las siguientes etapas: revisión documental, inspección visual, registro de un archivo fotográfico, levantamiento de planos, clasificación de la tipología estructural, identificación de los factores de amenaza sísmica, construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, estimación de daños y niveles de riesgo sísmico, representación y análisis de los resultados. Las conclusiones revelan que el Liceo Bolivariano, José Antonio Sucre, es un edificio que pertenece a la tipología cajetón cerrado, enfrenta un conjunto de amenazas sísmicas significativas, especialmente considerando su construcción de 49 años, ubicación, zona de alta sismicidad, (7), construido en suelo blando, uso de materiales considerados inadecuados, alta ocupación por 554 personas diariamente, su estructura es de tres niveles. Todo esto indica que la institución presenta una vulnerabilidad sísmica muy elevada y requiere una evaluación estructural exhaustiva, así como la implementación de medidas de reforzamiento y de mantenimiento, esto con el fin de mitigar los riesgos para la seguridad de los estudiantes y personal en caso de un sismo.

Palabras Clave: Vulnerabilidad, sismo, daños, curva, estructura.

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE TABLAS	xvii
INDICE DE FIGURA	xix
ÍNDICE DE GRÁFICA.....	xxi
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPITULO I.....	24
EL PROBLEMA.....	24
1.1 Planteamiento del problema.....	24
1.2 Objetivos de la investigación	26
1.2.1 Objetivo General.....	26
1.2.2 Objetivos Específicos	26
1.3 Justificación de la investigación.....	27
1.4 Alcance.....	28
1.5 Reseña histórica.....	29
CAPITULO II.....	31
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	31
2.1 Antecedentes de la investigación	31

2.2	Bases Teóricas Referenciales	33
2.2.1	Vulnerabilidad Sísmica	33
2.2.1.1	Vulnerabilidad estructural	34
2.2.1.2	Vulnerabilidad no estructural	34
2.2.1.3	Vulnerabilidad funcional	35
2.2.2	Causas de la Vulnerabilidad Sísmica	36
2.2.2.1	Vulnerabilidad por origen	36
2.2.2.2	Vulnerabilidad Progresiva	36
2.2.3	Componentes de la Vulnerabilidad Sísmica	37
2.2.3.1	Vulnerabilidad Física	37
2.2.3.2	Vulnerabilidad Muy Alta (VMA).....	38
2.2.3.3	Vulnerabilidad Alta (VA)	38
2.2.3.4	Vulnerabilidad Media (VM)	39
2.2.3.5	Vulnerabilidad Baja (VB)	39
2.2.3.6	Vulnerabilidad Funcional	39
2.2.4	Peligrosidad Sísmica	39
2.2.5	Riesgo sísmico	40
2.2.6	Amenaza sísmica en edificaciones escolares	41
2.2.7	Factores que inciden en el comportamiento de una estructura ante una amenaza sísmica.	44
2.2.7.1	Ductilidad	44
2.2.7.2	Resistencia.....	44
2.2.7.3	Centro de rigidez	45

2.2.7.4	Centro de masa.....	45
2.2.7.5	Resistencia lateral.....	45
2.2.7.6	Amortiguamiento.....	46
2.2.7.7	Edad de la construcción.....	46
2.2.8	Configuración de las edificaciones.....	46
2.2.8.1	Configuración geométrica de las edificaciones.....	47
2.2.8.2	Simetría.....	47
2.2.8.3	Asimetría.....	48
2.2.8.4	Extensión en planta.....	48
2.2.9	Clasificación de los Sistemas Constructivos.....	49
2.2.9.1	Sistemas prefabricados.....	49
2.2.9.2	Sistema a base de grandes paneles y placas.....	49
2.2.9.3	Sistemas de muro.....	50
2.2.9.4	Tipo pórtico.....	50
2.2.9.5	Tipo túnel.....	50
2.2.9.6	Sistema de mampostería confinada.....	51
2.2.9.7	Mampostería de muros confinados.....	51
2.2.9.8	Mampostería no Confinada.....	52
2.2.9.9	Sistemas prefabricados en acero.....	52
2.2.9.10	Sistema de Construcción Liviana.....	52
2.2.9.11	Elementos tipo muro.....	53
2.2.9.12	Sistema de muros Portantes.....	53
2.2.9.13	Elementos tipo Cercha.....	53

2.2.9.14	Pórticos de acero con perfiles tubulares	54
2.2.10	Configuración estructural general de las edificaciones.....	54
2.2.10.1	Pisos Suaves.....	56
2.2.10.2	Entrepiso débil.....	57
2.2.10.3	Columnas cortas o columnas cautivas	58
2.2.10.4	Columnas débiles.....	59
2.2.10.5	Distribución y Concentración de Masas.	59
2.2.10.6	Colindancia entre edificios adyacentes	60
2.2.11	Configuración estructural de las edificaciones escolares tipo Cajetón	60
2.2.12	Metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica.....	62
2.2.13	Curvas de fragilidad para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela.....	64
2.2.14	Parámetros necesarios para la construcción de las curvas de fragilidad.	66
2.2.14.1	Número de pisos	66
2.2.14.2	Año de Construcción	66
2.2.14.3	Área total del piso.....	66
2.2.15	Acción de los terremotos sobre las estructuras	68
CAPÍTULO III		70
MARCO METODOLÓGICO		70
3.1	Tipo de Investigación.....	70
3.2	Diseño de la investigación	71
3.3	Técnica de recolección de datos	71

3.4	Población y muestra	71
3.5	Etapas de la investigación	72
3.5.1	Revisión documental	72
3.5.2	Diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación	72
3.5.2.1	Visita a las instalaciones	73
3.5.2.2	Recolección de datos	73
3.5.3	Clasificación de la tipología estructural que posee la edificación de acuerdo a lo establecido en la norma Funvisis 2018	77
3.5.4	Elaboración de los planos de distribución actual de los espacios de la edificación del liceo Bolivariano José Antonio Ramos Sucre.	79
3.5.5	Identificación de los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación, requeridos en la aplicación de la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos.	80
3.5.6	Construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, aplicando la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela	80
3.5.6.1	Curva de capacidad	81
3.5.6.2	Capacidad Resistente	81
3.5.6.2.1	Coeficiente sísmico a nivel cedente	82
3.5.6.2.2	Factores F_w , Ω_y y Ω_u	85
3.5.6.2.3	Capacidad resistente cedente y última	85

3.5.6.2.4	Desplazamiento Cedente y Ultimo.....	86
3.5.6.2.5	Desplazamiento cedente.....	87
3.5.6.2.6	Desplazamiento último.....	87
3.5.6.2.7	Estados de Daño.....	88
3.5.6.2.8	Gráfica de curva de capacidad con Excel.....	90
3.5.6.3	Curva de Fragilidad.....	91
3.5.6.3.1	Valores medios de aceleración normalizada.....	92
3.5.6.3.2	Aceleración de gravedad y factor $F(T_e)$	92
3.5.6.3.3	Factor de corrección C_i	93
3.5.6.3.4	Factor C_1	94
3.5.6.3.5	Valores medios de aceleración normalizada para cada desplazamiento.....	97
3.5.6.3.6	Probabilidad de excedencia.....	97
3.5.6.3.7	Variables.....	98
3.5.6.3.7.1	Aceleración normalizada.....	98
3.5.6.3.7.2	Desviación estándar.....	99
3.5.6.3.7.3	Valores de probabilidad de excedencia.....	100
3.5.6.3.8	Grafica curva de fragilidad con Excel.....	100
3.5.7	Determinación de los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad.....	102
CAPITULO IV.....		104
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		104
4.1	Diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.....	104
4.1.1	Elementos estructurales.....	104

4.1.1.1	Columnas	105
4.1.1.2	Vigas	107
4.1.1.3	Muros:	109
4.1.1.4	Losas de entrepiso y techo	110
4.1.1.5	Escaleras	110
4.1.2	Elementos No Estructurales	111
4.1.2.1	Paredes	111
4.2	Clasificación de la tipología estructural que posee la edificación de acuerdo a lo establecido en la norma Funvisis 2018.....	113
4.3	Elaboración de los planos con la distribución actual de los espacios de la edificación del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”.	115
4.4	Identificación de los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación, requeridos en la aplicación de la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos. 119	
4.5	Construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, aplicando la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela.	120
4.6	Determinación de los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad	124
	CONCLUSIONES	126
	RECOMENDACIONES	128

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
ANEXOS.....	134
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	151

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Expresiones para estimar C_s , derivadas de las siete normas nacionales.....	83
Tabla 3.2. Coeficiente sísmico C , para edificios situados en zona sísmica	384
Tabla 3.3. Valores del factor de corrección del peso sísmico F_w	85
Tabla 3.4. Valores adoptados de Ω_y y Ω_u para los periodos indicados.....	85
Tabla 3.5. Parámetros H , α_1 , β_1 , T_a y T_e para edificaciones de $N=1$ a 4 pisos	87
Tabla 3.6. Valores medios del factor de ductilidad nominal μ para distintas épocas.	87
Tabla 3.7. Descripción de lo estado de daño	88
Tabla 3.8. Desplazamientos asociados a cada límite de daño	89
Tabla 3.9. Desplazamientos U_i	89
Tabla 3.10. Puntos para graficar curva de capacidad.....	90
Tabla 3.11. Condiciones para Factores de corrección C_0 , C_1 , C_2 y C_3	93
Tabla 3.12. Parámetros del espectro de diseño usados en el programa ETABS.	95
Tabla 3.13. Variables de factor C_1	96
Tabla 3.14. Factores de corrección C_0 , C_1 , C_2 y C_3	96
Tabla 3.15. Valores medios de aceleración normalizada.....	97
Tabla 3.16. Valores adoptados de β_{Ai} para cada estado de daño.....	99
Tabla 3.17. Probabilidad de excedencia para cada estado de daño.....	100
Tabla 3.18. Matriz para determinación de nivel de riesgo.....	102

Tabla 4.1. Factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación.....	119
Tabla 4.2. Puntuación de nivel de riesgo	124

INDICE DE FIGURA

Figura 2.1. Ejemplo de curvas de fragilidad para 5 estados discretos de daño.	65
Figura 3.1. Planilla de recolección de datos(a)	75
Figura 3.2. Planilla de recolección de datos(b)	76
Figura 3.3. Vista 3D de planta baja.....	78
Figura 3.4. Vista 3D de primera planta	78
Figura 3.5. Vista 3D de segunda planta.....	79
Figura 3.6. Representación bilineal y parámetros de la curva de capacidad	81
Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)	81
Figura 3.7. (a) límite de los estados de daños sobre la curva de capacidad & (b) curvas de fragilidad para cada estado de daño.	89
Figura 3.8. Curva de capacidad en Excel	91
Figura 3.9. Espectro de diseño con ETABS.....	95
Figura 3.10. Sobreposición de curvas con valores de A_0 dadas en la norma COVENIN 1756-1:2019, con mapa de ubicación.....	99
Figura 3.11. Curvas de fragilidad en Excel	101
Figura 4.1. Distribución de columna.....	105
Figura 4.2. Exposición y corrosión en acero de refuerzo en la columna D8	106
Figura 4.3. Agrietamiento del concreto en la columna E8.....	106
Figura 4.4. Presencia de columnas cortas. Ubicadas en las caras laterales de la edificación.	107
Figura 4.5. Distribución de vigas altas en los entrepisos y techo.....	108

Figura 4.6. Distribución de vigas bajas en los entrepisos y techo.....	108
Figura 4.7. Humedad por filtración de la viga alta.....	109
Figura 4.8. muros de concreto (antepechos)	109
Figura 4.9. Humedad por filtración en la losa de techo.....	110
Figura 4.10. Condiciones de la escalera.....	111
Figura 4.11. Humedad y agrietamiento en la pared.....	112
Figura 4.12. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto.....	113
Figura 4.13. Esquema en planta en forma cajón	114
Figura 4.14. Vista satelital del L.B. “José Antonio Ramos Sucre”	114
Figura 4.15. Plano de planta baja.	115
Figura 4.16. Plano del Nivel 1	116
Figura 4.17. Plano del nivel 2.....	117
Figura 4.18. Plano del nivel techo.....	118

ÍNDICE DE GRÁFICA

Gráfica 4.1.	Curva de capacidad.....	120
Gráfica 4.2.	Curva de fragilidad (probabilidad de excedencia).....	121
Gráfica 4.3.	Curva de fragilidad (probabilidad de ocurrencia)	122

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares es un tema de vital importancia en la actualidad, puesto que la seguridad de los estudiantes y del personal que trabaja en estas instituciones es una prioridad para cualquier sociedad civilizada. En efecto, los terremotos son fenómenos naturales que pueden ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar del mundo, por lo que es fundamental contar con edificaciones seguras que puedan resistir este tipo de eventos.

De allí, la imperiosa necesidad de realizar evaluaciones de vulnerabilidad sísmica, esto afín de determinar la capacidad de una edificación de resistir los efectos de un terremoto sin sufrir daños estructurales que pongan en peligro la integridad física de las personas que se encuentran en su interior. Para evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar, es necesario llevar a cabo un análisis detallado de diversos aspectos, como la ubicación de la construcción, la calidad de los materiales utilizados, el diseño estructural, la edad de la edificación, entre otros aspectos de interés, para así conocer que tan resistente es un edificio ante un movimiento telúrico de alta intensidad.

Este trabajo de grado tuvo como objetivo principal evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio del Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre", considerando las características particulares de la edificación y su entorno. A través de este estudio, se determinó el nivel de riesgo sísmico al que está expuesta la institución.

Por todo esto, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares es un proceso complejo, para tales efectos, se utilizó la metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela

mediante curvas de fragilidad, lo que conllevó a medidas de prevención necesarias para proteger a la comunidad educativa.

A los fines de organizar esta investigación, en función de los objetivos programados, este proyecto está estructurado en cuatro Capítulos:

El Capítulo I, denominado El Problema, está conformado por el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, el alcance de la investigación y la reseña histórica.

El Capítulo II, denominado Marco Teórico Referencial, donde se establecen los antecedentes y bases teóricas referenciales.

El Capítulo III, denominado Marco Metodológico, en él se describe el tipo y diseño de la Investigación, técnicas de recolección de datos, y las etapas de la investigación.

El Capítulo IV, corresponde al análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El estado Sucre es la entidad con mayor amenaza sísmica de todo el país, puesto que su principal falla activa es El Pilar, esta tiene una trayectoria este-oeste, y es la generadora de los principales movimientos telúricos del estado; adicionalmente, la región posee unas características geológicas que resaltan la amenaza, como es la presencia de suelos blandos (en gran parte del estado), donde la mayoría de las ciudades principales, se emplazan, lo que incrementa la vulnerabilidad que éstas puedan tener (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), 2018).

De allí que la sismicidad en el estado Sucre ha sido objeto de muchas y diversas investigaciones realizadas por expertos a nivel nacional e internacional, los cuales abordan la temática de la prevención sísmica desde una perspectiva estructural, enfatizando sobre la amenaza, la vulnerabilidad, el riesgo de la región y su incidencia en el colapso de las instalaciones educativas. Los resultados reflejan la necesidad de proponer acciones y estrategias a fin de reducir los riesgos existentes en escuelas y garantizar de esta manera la seguridad y protección tanto de estudiantes como del personal que hace vida en estas instituciones.

Por consiguiente, evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares, se generó de los principales movimientos telúricos ocurridos en el estado; y en particular, el terremoto de Cariaco ocurrido el 09 de julio de 1997, el cual ocasionó el derrumbe de 4 centros educativos, ocasionando la muerte de veintiséis (26) personas entre estudiantes (19) y maestros (7)

Es por ello, que esta investigación está dirigida a evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, ubicado en Cumaná, estado Sucre, puesto que es una edificación similar al antiguo Liceo “Raimundo Martínez Centeno” de Cariaco, en donde murieron muchas personas, y se destruyó un número considerable de edificaciones, tanto educativas como habitacionales, con el terremoto del 1997. Todo indica, de acuerdo a FUNVISIS (2018), que Cumaná es una de las áreas de mayor amenaza del estado Sucre, asimismo, afirma con base a esta realidad, que un 58,23% del estado se encuentra en una amenaza alta.

De allí, se ha de suponer que la ocurrencia de eventos con magnitudes similares o iguales a los sucedidos en el terremoto de Cariaco, como en otras latitudes, en Cumaná el desenlace sería igual de fatal, y particularmente en el Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, instituto de educación media general, donde se atiende una matrícula diaria de 382 estudiantes de 1° a 5° año y 173 trabajadores. Es por ello, esta investigación se circunscribe en evaluar la vulnerabilidad sísmica de este plantel, utilizándose la Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad, para plantear recomendaciones generales para reducir esta vulnerabilidad sísmica hasta niveles aceptados por las normas vigentes, para preservar la vida de los niños, niñas, jóvenes y personal que allí labora.

Para tales efectos, surgen las siguientes interrogantes:

¿De qué manera se puede evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, Ubicada en Cumaná, ¿estado Sucre?

¿En qué condiciones se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación?

¿Qué tipología estructural posee la edificación?

¿Cómo elaborar un levantamiento de planos de la edificación del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”?

¿Cuáles serían los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos?

¿Cómo construir las curvas de fragilidad de la edificación, mediante la metodología propuesta?

¿Cuáles serían los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” en Cumaná, estado Sucre.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar las condiciones actuales en que se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.

2. Clasificar la tipología estructural que posee la edificación de acuerdo a lo establecido en la norma FUNVISIS (2018).
3. Elaborar los planos con la distribución actual de los espacios de la edificación del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”.
4. Identificar los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación, requeridos en la aplicación de la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos.
5. Construir las curvas de fragilidad de la edificación, aplicando la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela.
6. Determinar los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad.

1.3 Justificación de la investigación

La realización de este trabajo, se basará en la Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad, y por lo tanto, se justifica dada el alto índice (7) de sismicidad que caracteriza el estado Sucre, y en particular, Cumaná, zona de mayor amenaza donde predominan los suelos blandos y los eventos de licuación como lo ocurrido en el terremoto de 1997, donde fallecieron muchas personas y pérdidas económicas.

Es por esto que esta investigación es relevante e impostergable, puesto que se busca generar información que permita desarrollar acciones prácticas para la adecuación sismorresistentes de la edificación del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, debido a que esta institución es muy similar al antiguo Liceo “Raimundo Martínez Centeno” de Cariaco, lo que permitiría disminuir el riesgo al que se encuentran sometidas las personas que ocupan y laboran en ella, entre los que se encuentran jóvenes estudiantes, niños y niñas, a quienes se les debe garantizar su seguridad.

Asimismo, esta investigación brindará aportes técnicos, ya que permitió detectar las debilidades y amenazas estructurales y no estructurales para mitigar los impactos que pudiera afectar a la edificación, y así mejorar la confiabilidad de dicha institución ante la posible ocurrencia de un sismo. De tal manera se pretende buscar y complementar información dada en trabajos previos, para que el Ministerio del Poder Popular para la Educación, FUNVISIS, la Gobernación del Estado Sucre, entre otros, tomen decisiones y acciones que incluyan estudios de vulnerabilidad estructural en otras instituciones, tomando como prototipo esta edificación escolar, para así minimizar los riesgos producto de la vulnerabilidad a la que están propensa las edificaciones de este estado. Por último, se deja un precedente para futuras investigaciones en materia de edificaciones escolares, tanto en del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” como en otras escuelas de Cumaná.

1.4 Alcance

Este proyecto busca la evaluación la vulnerabilidad sísmica de edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” Ubicada en Cumaná, estado Sucre, mediante curvas de fragilidad. Para esto, se hizo un diagnóstico de las condiciones en que se encuentran los elementos estructurales y no

estructurales del plantel, para así detectar las posibles grietas, desplazamientos o deformaciones que puedan indicar vulnerabilidad sísmica, se clasificó la tipología estructural que posee la edificación, se hizo el levantamiento de planos de la edificación. Asimismo, se identificó los factores de amenaza sísmica, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos. También, se construyó las curvas de fragilidad de la edificación, mediante la metodología propuesta y se determinó los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad.

1.5 Reseña histórica

El Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre", fundado en 1969, es una institución educativa pública que lleva el nombre del ilustre poeta, escritor y diplomático venezolano, José Antonio Ramos Sucre, oriundo de Cumaná. Ubicado en el corazón del casco histórico de la ciudad, el liceo inició su trayectoria como ciclo básico común, atendiendo a estudiantes de 1ero a 3er año. Sus primeras instalaciones fueron una modesta casa de bahareque en la calle Sucre, donde hoy se encuentra el diario Siglo 21.

En 1977, la institución se trasladó a su sede actual en la calle Badaracco Bermúdez, en el sector Miramar, diagonal al histórico Castillo San Antonio de la Eminencia. A pesar de adaptarse a las diversas reformas del sistema educativo venezolano, la infraestructura del liceo ha experimentado pocos cambios significativos en las últimas cuatro décadas, más allá de intervenciones estéticas como la pintura.

Actualmente, el liceo ofrece educación media básica y diversificada, y alberga a una comunidad educativa de [número] estudiantes y [número] adultos, incluyendo personal docente, administrativo y obrero. Esta institución continúa siendo un punto de referencia en la educación de los jóvenes de Cumaná, honrando el legado de su epónimo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

De acuerdo a la bibliografía revisada referente al objeto de estudio, se encontraron investigaciones que sirven de referencia a la problemática planteada, entre estos, se tienen:

Blandón, (2017), llevó a cabo un estudio en la Universidad de Colombia, titulado; **Generación de Curvas de Fragilidad y Escenario de Vulnerabilidad Sísmica a partir de Modelos Teóricos e Información Catastral. Aplicación a la Ciudad de Medellín.** En este trabajo se evaluó a escala global la vulnerabilidad sísmica de un área de la ciudad de Medellín generando curvas de fragilidad. La representación del daño se hizo por medio de escenario de vulnerabilidad utilizando sistema de información geográfica. Se definieron una serie de modelos estructurales, clasificados en grupos y según la configuración, número de niveles, materiales, localización entre otras. Se empleó el método Delphi con la ayuda de las estimaciones obtenidas de los expertos sirvieron para construir funciones de densidad de probabilidad con base a las cuales se obtuvieron curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño para cada planta del edificio considerado.

Los resultados permiten ser un insumo para efecto de diagnóstico general de la vulnerabilidad ante sismo para entidades como oficinas de planeación, prevención y atención de desastre, así como estimar las pérdidas por sismo. Usando estas herramientas se determinó el umbral de daño irreparable y el comportamiento esperado en diferentes escenarios sísmicos. La contribución

a este trabajo consistió en aspectos relativos a la presentación de resultados en mapas y en la elaboración de curva de fragilidad.

Barón, y Delgado (2017). En su trabajo de investigación titulado: **Determinación de los niveles de riesgo sísmico mediante el uso de curvas de fragilidad en edificaciones ubicadas en el sector noreste del Municipio San Diego Estado. Carabobo.** Universidad de Carabobo. Se elaboró una clasificación de las estructuras seleccionadas tomando como base la tipología constructiva así como año de construcción y la norma respectiva con la cual fueron diseñadas.

Las conclusiones revelan la desactualización de los planos de catastro facilitados por la alcaldía, ya que en muchos casos ni siquiera aparecen reflejados los sectores. En lo que corresponde a estados de daño se puede afirmar que el sector 1 se diseñó con la norma sismorresistentes actual, y por ende se observó a través de los resultados, que dicho sector es el que adopta el mejor comportamiento para disipar energía ante un evento sísmico, por el contrario se observó que los sectores 2 y 3 son los más vulnerables ante un evento sísmico, en vista de que los índices de pérdidas desde un principio fueron muy elevados, y esto en consecuencia podría ocasionarle un estado de daño completo a las edificaciones encontradas en dichos sectores.

Rojas y Romme. (2018). Llevaron a cabo un estudio en la Universidad Central de Venezuela, titulado: **Curvas de Fragilidad Sísmica para Edificios Aporticados de Concreto Reforzado de Poca Altura.** Presentaron un estudio para la elaboración de los modelos matemáticos de las edificaciones seleccionadas diseñadas con normas Venezolanas. Se utilizó el método de análisis dinámico lineal de suspensión modal y la metodología de construcción de curvas de fragilidad sísmica.

Los resultados obtenidos permitieron observar que las edificaciones diseñadas con las normas antiguas, presentaron mayor vulnerabilidad que las prediseñadas con la norma actual, generando daños y niveles de riesgo sísmicos superiores. La mayoría de las edificaciones fueron construidas con normas antiguas que no satisfacen los requerimientos sismorresistentes exigidos en las normas vigentes. Un edificio construido con la norma de 1955 resistiría en término medio movimientos sísmicos aproximadamente tres veces menos intensos que uno construido con las normas modernas.

Todos estos antecedentes están relacionados con el tema que se investiga, y por lo tanto, sirvieron de apoyo para la selección del método adecuada para lograr el propósito de este estudio. Asimismo, se comprueba el grado de vulnerabilidad en lo que están expuestas las instituciones educativas del país, y particularmente en Cumaná, por ser una región altamente sísmica y vulnerable a estos fenómenos naturales, lo cual ponen en riesgo la vida de los que estudian y trabajan en las edificaciones escolares.

2.2 Bases Teóricas Referenciales

2.2.1 Vulnerabilidad Sísmica

La Vulnerabilidad Sísmica, es definida por Melone, (2002) como “el grado de daño que resulta una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico.” (p12). En otras palabras, es la susceptibilidad de una estructura, sistema o comunidad a sufrir daños o pérdidas como consecuencia de un terremoto. Igualmente, este mismo autor destaca que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una

característica intrínseca a sí misma, y, además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

En este contexto, la vulnerabilidad sísmica puede clasificarse según los elementos que se deben evaluar y de acuerdo con la forma de estimación del grado de daño esperado en las estructuras. Según los elementos por evaluar se clasifica según Melone, (2002) en estructural, no estructural y funcional.

2.2.1.1 Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Al respecto, Melone, (ob.cit) afirma que “los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido” (p.23). Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, entre otros. Asimismo destaca Melone, (ob cit) que debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos.

2.2.1.2 Vulnerabilidad no estructural

De acuerdo a Melone, (ob.cit), un estudio de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos puedan presentar. Se sabe que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de equipos, elementos arquitectónicos, otros, mientras que la estructura permanece en pie. Dentro del sistema electromecánico se puede mencionar las líneas tuberías, apoyos de equipos, la conexión de los equipos, otros. De igual forma, dentro de los elementos arquitectónicos se tienen las fachadas, vidrios, tabiques, mamparas, puertas, ventanas, escaleras, otros.

2.2.1.3 Vulnerabilidad funcional

De acuerdo a Sarria, (2015), un estudio de la vulnerabilidad funcional busca determinar la susceptibilidad de una estructura a sufrir un “colapso funcional” como consecuencia de un sismo. Esto es solo visible en el momento en que ocurre una emergencia. A fin de determinar en esta tercera etapa la vulnerabilidad funcional, se evalúa lo referente a la infraestructura. En primer lugar, el sistema de suministro de agua y de energía eléctrica, que son las partes más vulnerables. También son afectadas por los sismos las tuberías de alcantarillado, gas y combustibles, para lo cual se realizan investigaciones sobre su resistencia y flexibilidad.

Estos aspectos funcionales incluyen también un análisis detallado de las áreas externas, vías de acceso a exteriores y su conexión con el resto de la ciudad; las interrelaciones, circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas y los accesos generales y particulares de las áreas básicas en que se subdivide la estructura. De hecho, Melone, (ob.cit), se analiza la posibilidad de inutilización de ascensores. Por lo tanto, se puede observar que el Riesgo Sísmico depende directamente de la Peligrosidad y de la Vulnerabilidad, es

decir, los elementos de una zona con cierta peligrosidad sísmica pueden verse afectados en menor o mayor medida dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tengan, ocasionando un cierto nivel de Riesgo Sísmico del lugar. Para entender mejor estas definiciones se necesita hacer una descripción más detallada de cada una de ellas, por lo tanto a continuación se muestran los conceptos generales de la Peligrosidad Sísmica.

2.2.2 Causas de la Vulnerabilidad Sísmica

De acuerdo a Satina. (2013). una construcción o grupo de edificaciones, puede ser vulnerable debido a dos condiciones: a.

2.2.2.1 Vulnerabilidad por origen

Esta condición de vulnerabilidad de origen, según Satina. (ob.cit), se refiere al grado de susceptibilidad o predisposición de las estructuras físicas, socio-económicas y medioambientales, constituidas y construidas sin ningún tipo de control ni planificación, las cuales pueden sufrir daño o pérdida a causa de un fenómeno natural.

2.2.2.2 Vulnerabilidad Progresiva

De acuerdo a Satina. (ob.cit), es el grado de susceptibilidad o predisposición de las estructuras físicas, socioeconómicas y medioambientales, en gran parte transformadas sin ningún tipo de control ni planificación, que pueden sufrir daño o pérdida a causa de un fenómeno natural.

2.2.3 Componentes de la Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica, según Cardona (2020) puede ser física o funcional.

2.2.3.1 Vulnerabilidad Física

Según Cardona (ob.cit), la vulnerabilidad física está relacionada con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (salud, educación, sede de instituciones públicas), e infraestructuras socioeconómica (central hidroeléctrica, carretera, puente y canales de riego), para asimilar los efectos del peligro. La calidad o tipo de material, está garantizada por el estudio de suelo realizado, el diseño del proyecto y la mano de obra especializada en la ejecución de la obra, así como por el material empleado en la construcción (ladrillo, bloques de concreto, cemento y fierro, entre otros). Otro aspecto a considerarse, de igual importancia, es la calidad de suelo y el lugar donde se asienta el centro poblado, cerca de fallas geológicas, ladera de los cerros, riberas del río, faja marginal, laderas de una cuenca hidrográfica, situación que incrementa significativamente su grado de vulnerabilidad sísmica.

Asimismo, destaca Cardona (ob.cit), que un mecanismo no estructural para mitigar la vulnerabilidad sísmica es, por ejemplo, expedir reglamentaciones que impidan el uso del suelo para construcción en cercanía a fallas geológicas. En inundaciones y deslizamientos, la vulnerabilidad física se expresa también en la localización de los centros poblados en zonas expuestas al peligro en cuestión. El problema está en que quienes construyen las edificaciones en zonas inundables o deleznales, lo han hecho por

carecer de opciones y por tanto, al haber sido empujados a tal decisión, por las circunstancias económicas y sociales, difícilmente se podrían apartar de estos riesgos.

Para el respectivo análisis, es importante elaborar un cuadro que contenga las principales variables e indicadores, según los materiales de construcción, antigüedad, tipo de suelo, otros, así como en las obras de infraestructura vial o de riegos existentes; su localización; características geológicas donde están asentadas; y, la normatividad existente. (Cardona 2020).

Ahora bien, la vulnerabilidad física, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI 2006) hace la siguiente clasificación de acuerdo al grado de daño, en:

2.2.3.2 Vulnerabilidad Muy Alta (VMA)

Son las edificaciones que presentan daños severos en la estructura, que compromete la estabilidad de la construcción, se caracterizan por presentar muros con agrietamientos o rajaduras, alto índice de humedad, derrumbes parciales e instalaciones básicas deterioradas. Debido al estado precario de estas edificaciones, es necesaria su demolición o reconstrucción.

2.2.3.3 Vulnerabilidad Alta (VA)

Son las edificaciones que presentan daños en paredes y techos comprometiendo parcialmente la estabilidad de la edificación, en general presentan problemas de pandeo, humedad e instalaciones deterioradas. En

estos casos es necesario refaccionar la edificación contando con el concurso de personal técnico calificado.

2.2.3.4 Vulnerabilidad Media (VM)

Edificaciones que presentan daños menores que no afectan la estabilidad de la estructura, regularmente tienen problemas de humedad y/o fisuras por lo que requieren trabajos de mantenimiento y reparación.

2.2.3.5 Vulnerabilidad Baja (VB)

Son edificaciones que no presentan problemas de rajaduras, pandeo, derrumbes, humedad o fisuras, por lo cual no se ve comprometida la estabilidad de la estructura.

2.2.3.6 Vulnerabilidad Funcional

La vulnerabilidad funcional, según Cardona, (2020), la define como la susceptibilidad de la edificación para seguir prestando el servicio para el que fue construida. Este término se aplica a edificaciones como hospitales, escuelas, clínicas y centros de salud que deben permanecer no solo en pie sino funcionando, ya que aunque desarrollen un buen desempeño estructural, se puede presentar un colapso funcional, que puede ser más grave que una falla en los elementos de la propia estructura.

2.2.4 Peligrosidad Sísmica

La peligrosidad sísmica, según Sarria (2015) es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico a consecuencia de un terremoto, como pueden ser

el movimiento mismo del terreno, así como la licuefacción, los deslizamientos de tierra, inundaciones, ruptura de fallas, etc., a los que llamaremos efectos colaterales de un terremoto. El tamaño y localización de estos efectos colaterales dependerán de diversos factores, principalmente de las características geológicas y geotécnicas del lugar, pero indudablemente de las características del terremoto (hipocentro, mecanismo, intensidad, magnitud, duración, contenido frecuencia, otros.).

El concepto de vulnerabilidad puede utilizarse no sólo para describir aspectos estructurales, sino también aspectos no estructurales, funcionales y operativos, entre otros. (Sarria, 2015), Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, es necesario realizar estudios que permitan conocer la susceptibilidad de las construcciones a presentar cierto nivel de daño ante un movimiento sísmico determinado. Estos estudios, generalmente se basan en la comparación de la capacidad resistente de la estructura con la demanda sísmica. La demanda es una representación de la acción sísmica, mientras que la capacidad es una representación del comportamiento esperado en la estructura para resistir dicha demanda. De esta manera, la capacidad se relaciona con el nivel de daño esperado y, por lo tanto, la acción sísmica y el daño sísmico constituyen los elementos fundamentales para la caracterización de la vulnerabilidad sísmica. (Satina 2013)

2.2.5 Riesgo sísmico

Sarria, (2015), define riesgo sísmico como el número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad y alteración de la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento sísmico. Está relacionada con

la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, lo cual está íntimamente vinculado al grado de exposición, su predisposición a ser afectado por el evento sísmico y el valor intrínseco del elemento. La principal diferencia entre amenaza y riesgo sísmico consiste en que la primera estima las características del movimiento del terreno producidas por el terremoto y el segundo los daños o pérdidas potenciales asociados a la sacudida sísmica. La amenaza sísmica es un concepto con alta connotación sismológica e ingenieril mientras que el riesgo sísmico es más socioeconómico. La ecuación de riesgo sísmico, se expresa de la siguiente manera:

$$R_s = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

El riesgo sísmico podrá reducirse sólo si se reduce alguna de las variables involucradas en dicha ecuación. La amenaza sísmica supone un conocimiento exhaustivo de las fuentes sísmicas capaces de generar terremotos en el área de estudio y su probabilidad de ocurrencia. Generalmente esta información se encuentra en las normas y se ilustra mediante mapas de zonificación sísmica, que con frecuencia poco dicen, acerca del riesgo real que una estructura tiene ante la acción de un sismo.

2.2.6 Amenaza sísmica en edificaciones escolares

Según información geológica y sismológica de López, Hernández, y otros, (2004), Montezuma, (2011), entre otros, se detectó las amenazas sísmica a fin de determinar con criterios probabilísticos las aceleraciones del terreno a usar en el diseño de estructuras. De hecho, estos estudios permitió la elaboración del mapa de zonificación de la norma venezolana para el diseño sismorresistentes del año 2.001, donde se prescribe los valores de aceleración máxima del terreno en el país, lo cual se divide en siete zonas, que pueden

ser clasificadas como de muy alta, elevada, moderada y baja amenaza sísmica, de acuerdo a la Norma 1756 y FUNVISIS (2014).

Asimismo, se destaca en estas normas que las aceleraciones máximas del terreno asociadas a cada zona sísmica, se incrementan en 30% para el diseño de escuelas considerando la importancia que tienen estas edificaciones. Los valores que se indican, están asociados a una probabilidad de excedencia de menos del 5% en un período de 50 años. Se puede notar que en la zona de mayor amenaza se prescribe un valor de 0,52 g, valor coincidentalmente similar al estimado como mediana para Cariaco durante el terremoto de 1.997.

Ahora bien, los estudios realizados por Montezuma, (2011), revelan que en estado Sucre, específicamente en el municipio Sucre, Ribero y el Pilar, los procesos de licuefacción como eventos de cambios de la solidez del suelo a líquido, también influyen en el incremento de la amenaza de estas zonas, estos factores resultan con mayor superficie y con más números de ocurrencia en el municipio Sucre, lo que llevó a su clasificación como un área mayor amenaza sísmica, adicionalmente, las condiciones socioeconómicas se verían afectadas, ya que la mayor población de la entidad se ubica en este municipio.

Por consiguiente, según Montezuma, (2011), el 43,54% de la superficie del estado posee un alto riesgo, los municipios donde hay que prestar mayor atención son aquellos que a lo largo del tiempo se han visto afectados por eventos sísmicos con consecuencias considerables, como en los casos de Sucre y Ribero, a su vez se tiene a Benítez, donde también se han registrados sismos asociados a la falla de El Pilar, principal generadora de los eventos sísmicos del estado; por otra parte, se tiene que sólo el 7,06% se ubica con un

riesgo bajo, lo que indica que el restante 49,4% de la superficie del estado podría ubicarse en un riesgo medio alto.

En tal sentido, aun la entidad no está preparada para afrontar un evento de magnitudes mayores, considerando que las principales instituciones de apoyo y atención primaria están en las localidades con mayores probabilidades de ocurrencia de eventos, y no cuentan con el personal requerido para atender un desastre. Adicional a las características antes señaladas, es importante mencionar, que ellas están condicionadas por ciertos procesos o factores, que a lo largo del tiempo terminan generando o incrementando las vulnerabilidades a las que está expuesta la población. De hecho, los desastres se presentan cuando las amenazas naturales afectan a la gente vulnerable; está arraigada en procesos sociales y causas de fondo que finalmente pueden ser totalmente ajenas al desastre propiamente dicho.

Es importante considerar también, las posibles consecuencias de futuros eventos sísmicos en el estado Sucre y bajo las condiciones descritas anteriormente; para ello, se plantean dos escenarios posibles: uno al oeste del estado, donde han ocurrido sismos de fuertes magnitudes en ciudades como Cumaná y Cariaco y otro, al este en Güiría, donde la microsismicidad es constante y en donde el efecto de la microsismicidad puede ser considerado en las posibles afectaciones en las edificaciones escolares, ya que su recurrencia incide en el debilitamiento de las bases estructurales. (FUNVISIS, 2018).

En tal sentido, según FUNVISIS, si se considera la posibilidad de la ocurrencia de un evento con magnitudes mayores a las que cotidianamente ocurren en la zona; es decir, uno de magnitud e intensidad mayor o igual a seis,(6) las estructuras podrían ceder fácilmente, debido a la exposición

constante ante los microsismos que van deteriorando las bases; asimismo, la falta de personal de asistencia y el desconocimiento por parte de la población sobre las zonas más susceptibles, permite suponer que las consecuencias serían desfavorables. De igual manera, debe considerarse la posibilidad de pérdidas de vidas humanas y de infraestructuras importantes para la economía.

2.2.7 Factores que inciden en el comportamiento de una estructura ante una amenaza sísmica.

De acuerdo a Velásquez, (2009); son los siguientes:

2.2.7.1 Ductilidad

Es la capacidad de un sistema estructural de sufrir deformaciones considerables (por encima del límite elástico) bajo una carga aproximadamente constante, sin presentar daños excesivos. Siendo una propiedad muy importante en una estructura que debe resistir efectos sísmicos, ya que refleja la capacidad de absorción y disipación de energía que la misma puede ofrecer antes de colapsar.

2.2.7.2 Resistencia

Es el parámetro de diseño mediante el cual se busca que las dimensiones de los elementos estructurales garanticen la integridad de la edificación sometida a todas las combinaciones de cargas posibles.

2.2.7.3 Centro de rigidez

Los elementos principales que absorben las fuerzas sísmicas horizontales son, evidentemente, las columnas y los tabiques de hormigón. Cada elemento de la construcción posee una rigidez en cada nivel, entendiéndose por tal a la fuerza necesaria que hay que aplicarle a ese nivel para provocarle un desplazamiento unitario con respecto al nivel inferior.

Conocida la rigidez de los elementos de un nivel, se puede determinar la rigidez del mismo, y así, sin mayor dificultad, encontrar el centro de rigidez del edificio, es decir, el punto en el cual debería aplicarse la fuerza para que se produjera igual deformación en todos los elementos resistentes paralelos a la misma.

2.2.7.4 Centro de masa

Es el punto en el que se concentra el peso de un cuerpo, de forma que si el cuerpo se apoyara en ese punto, permanecería en equilibrio. Es también llamado centro de gravedad. 5. Centro Cortante: Es el punto donde actúa la fuerza cortante en un nivel, considerando que las fuerzas horizontales, en cada nivel, actúan en los centros de masa respectivos.

2.2.7.5 Resistencia lateral

Se refiere a la capacidad resistente horizontal que es capaz de desarrollar una estructura antes de colapsar.

2.2.7.6 Amortiguamiento

Se la capacidad del edificio a neutralizar o suprimir la vibración, y por lo tanto, a disipar energía.

2.2.7.7 Edad de la construcción

La edad de las construcciones está relacionada de forma directa con los daños observados durante los sismos. Así, por ejemplo, un gran porcentaje de las normativas de diseño sísmo resistente en todo el mundo, datan de menos de 50 años, con lo cual, construcciones anteriores a esta época fueron diseñadas sin ningún tipo de consideración sismorresistentes. Por otra parte, en los edificios de mampostería no reforzada, el deterioro de los ladrillos y del mortero producto de la erosión causada por el clima y por su degradación con el paso de los años, es más evidente.

2.2.8 Configuración de las edificaciones

Para Rojas y Romme (2018), la configuración de las edificaciones es un conjunto de características que tiene toda estructura, y que según como se ha diseñado determina el comportamiento del edificio ante las cargas gravitatorias o las cargas dinámicas. Se refiere a la forma del edificio en su conjunto, a su tamaño, naturaleza y ubicación de los elementos resistentes y no estructurales. Es importante señalar que para esta investigación se estudian los tipos de: configuración geométrica, configuración estructural.

2.2.8.1 Configuración geométrica de las edificaciones

Rojas y Romme (2018), señala que definir la configuración geométrica de las edificaciones se refiere a la disposición, forma y distribución de los elementos arquitectónicos en un edificio. Esto incluye la distribución de los espacios, la forma de la planta del edificio, la orientación de las fachadas, la altura de los techos, así como la posición de los accesos y ventanas. Definir cuál es el sistema estructural y constructivo a utilizarse en una determinada edificación resulta un paso esencial en su concepción arquitectónica y obviamente estructural. Cuanto más sencillas, simétricas, rectilíneas y repetitivas sean las soluciones, mayor será el grado de confiabilidad de las estructuras cuando reciban el ataque de sismos severos

Los aspectos más relevantes de la incidencia de la configuración geométrica en la respuesta sísmica de las edificaciones, según Rojas y Romme (ob cit), son los siguientes:

2.2.8.2 Simetría

Es una propiedad geométrica de la configuración del edificio. Un edificio es simétrico respecto a dos ejes en planta si su geometría es idéntica en cualquiera de los lados de los ejes, es válido acotar que la simetría puede existir respecto a un eje solamente, también existe simetría en elevación, aunque es más significativa desde el punto de vista dinámico la simetría en planta. La simetría en altura no es perfecta porque todo edificio tiene un extremo fijo al terreno y libre el otro.

2.2.8.3 Asimetría

La falta de simetría tiende a producir excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez, y por lo tanto provocará torsión en planta. A medida que más simétrico es el edificio, disminuyen el riesgo de concentración de esfuerzos, el momento torsor en planta y el comportamiento de la estructura es más predecible. La asimetría tiende a concentrar esfuerzos, el ejemplo más común es el caso de las esquinas interiores. Aunque un edificio simétrico puede tener esquinas interiores como es el caso de las plantas en cruz. En este caso la planta del edificio es simétrica pero no es una planta regular. Existe simetría estructural si el centro de masa y el centro de rigidez coinciden en la planta. La simetría es conveniente también a la forma del edificio sino también a la distribución de la estructura.

2.2.8.4 Extensión en planta

Para Rojas y Romme (2018), es fácil imaginar cómo las fuerzas generadas por un sismo den vuelco a un edificio, esto puede suceder debido al mal diseño, cálculo o cualquier otra anomalía estructural, sin embargo, los edificios con gran desarrollo en planta presentan problemas para su análisis. Cuando la planta es muy grande, aunque sea simétrica el edificio no responderá como una unidad. Un aumento de la longitud del edificio incrementa los esfuerzos en un nivel que funciona como un diafragma de distribución horizontal. La rigidez del piso puede ser insuficiente para redistribuir la carga horizontal originada por un sismo.

2.2.9 Clasificación de los Sistemas Constructivos

Según Rojas y Romme (ob cit), un sistema constructivo es la forma en la que se diseña, construye y se materializan las estructuras de edificación. Estos sistemas son la manera en que se ensamblan y se articulan los elementos que conforman una construcción, desde los cimientos hasta la cubierta. Los sistemas constructivos se clasifican de diferentes maneras según distintos criterios. Algunas de las formas más comunes de clasificar los sistemas constructivos son:

2.2.9.1 Sistemas prefabricados

Interpretando a Rojas y Romme (ob cit), son aquellos sistemas en los cuales se elaboran componentes o piezas que se procesan en talleres y que poseen una gran flexibilidad de ejecución, sin grandes limitaciones de tamaño y costos adecuados, la ventaja fundamental de estos sistemas es que existen proveedores de piezas básicas industrializadas, que luego son procesadas en talleres de bajo costo de instalación donde se arman los diferentes componentes que requiere el sistema, para luego ser montados en obra. En la actualidad, este sistema ha ido imponiéndose gradualmente con la finalidad de exportar al máximo las posibilidades dentro del campo de la prefabricación de componentes.

2.2.9.2 Sistema a base de grandes paneles y placas

Interpretando a Rojas y Romme (ob cit), los sistemas de placa y paneles son parecidos y su diferencia básica la constituye la escala, los sistemas de paneles se utilizan en la construcción de edificios de poca altura, mientras que en el sistema de placas, los componentes pueden llegar a ser tan grandes

como lo amerite el espacio de construcción. El sistema de paneles ha tenido mucho auge en zonas residenciales con gran crecimiento y acceso limitado ya que los periodos de construcción son cortos, los requerimientos de mano de obra tradicional calificada y el transporte de los materiales es mínimo; por otro lado estos sistemas constructivos necesitan de pocos trabajadores en obra, la mano de obra necesaria para producir un módulo de construcción es cada vez menor y el nivel de especialización de los obreros, puede ser menor que el de aquellos empleados en la construcción tradicional, en donde el uso de artesanos ha podido ser reemplazado por el de mano de obra no especializada.

2.2.9.3 Sistemas de muro

Para Rojas y Romme (ob cit), es un sistema construido por la unión de muros en direcciones perpendiculares y presenta gran rigidez lateral cabe destacar que es uno de los más usados en edificaciones en zonas sísmicas.

2.2.9.4 Tipo pórtico

Se basa principalmente en un pórtico especial, resistente a momentos, conformado por columnas y vigas ,esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales, tal cual se muestra en la figura.

2.2.9.5 Tipo túnel

Es el sistema estructural conformado por muros y placas macizas en concreto reforzado con mallas electro soldadas de alta resistencia, utilizado con más frecuencia en los últimos años en países de Latinoamérica con

excelentes resultados. (Rojas y Romme, 2018). Este tipo de estructuras emplea como elementos principales los muros de pared delgada como elementos portantes del sistema del sistema resistente ante cargas verticales y laterales, y losas que poseen generalmente el mismo espesor de los muros su popularidad radica, en buena medida, en la relativa sencillez y rápida construcción lo que favorece, en teoría, edificios más económicos.

2.2.9.6 Sistema de mampostería confinada

Rojas y Romme (2018) afirman que este es el tipo de sistema constructivo más empleado, está basado en muros de carga constituidos con piezas macizas o huecas, confinados en todo su perímetro por elementos de concreto reforzados, que forman un marco confinante. En muchos países y Venezuela no escapa a esta situación, un alto porcentaje de la población emplea la mampostería confinada como el sistema constructivo para la construcción informal de sus viviendas, contando con poco o ningún control por parte de las autoridades competentes, con el agravante que una gran cantidad de esa población vive en las zonas de mayor amenaza sísmica.

2.2.9.7 Mampostería de muros confinados

Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas con mortero, cuyo refuerzo principal está constituido por elementos de concreto reforzado (vigas y columnas) construidas en los bordes del muro. Según Rojas y Romme (2018) estos elementos de concreto reforzado atienden todas las fuerzas de tracción (flexiones) y la parte de los esfuerzos cortantes que no resiste el muro de mampostería.

2.2.9.8 Mampostería no Confinada

Se considerarán como muros no confinados ni reforzados aquéllos que, aun contando con algún tipo de refuerzo interior o confinamiento (exterior o interior), no tengan el refuerzo necesario.

2.2.9.9 Sistemas prefabricados en acero

Según Rojas y Romme (2018), la construcción en acero es uno de los sistemas constructivos con elementos prefabricados o de montaje. Los elementos que forman la estructura son preparados en el taller, su elaboración es independiente a las inclemencias del tiempo. Los trabajos de movimiento de tierra y la preparación de la cimentación pueden iniciarse al mismo tiempo. Este tipo de construcción permite efectuar posteriormente refuerzos de los elementos portantes, cuando así lo requieran las modificaciones que puedan presentarse. De acuerdo con lo expuesto anteriormente existen diferentes tipos de sistemas prefabricados en acero.

2.2.9.10 Sistema de Construcción Liviana

Para Rojas y Romme (2018), el sistema de construcción liviana es un método constructivo conformado por una estructura portante de perfiles de acero galvanizado formados en frío y la combinación de diferentes materiales; por ser un sistema liviano nos ofrece una mayor rapidez de ejecución y reducción de costos en la obra, al no necesitar equipos especializados y maquinaria pesada para su implementación. Se utiliza en viviendas, centros comerciales, hospitales y en general en todo tipo de edificaciones donde se requiera construir muros, fachadas, entresijos, cielos rasos y bases para

cubierta, conformándose una solución integral como respuesta a las nuevas tendencias constructivas; adicionalmente permite ejecutar las diversas instalaciones de una manera más eficiente, influyendo en gran medida en el aprovechamiento de los materiales y de la mano de obra, ya que la planificación se hace más sencilla y precisa.

2.2.9.11 Elementos tipo muro

Estos elementos se caracterizan por tener dos de sus dimensiones mucho más grandes que la tercera dimensión y porque las cargas actuantes son paralelas a las dimensiones grandes. Debido a estas condiciones de geometría y carga, el elemento trabaja principalmente a cortante por fuerzas en su propio plano. Adicionalmente a esta gran rigidez a corte los muros también son aptos para soportar cargas axiales siempre y cuando no se pandeen. (Rojas y Romme 2018).

2.2.9.12 Sistema de muros Portantes

Es un sistema estructural sin una estructura espacial de soporte de cargas verticales. Según Rojas y Romme (2018) los muros de carga o sistemas de arrostramiento proporcionan el soporte a todas o a la mayoría de las cargas por gravedad. La resistencia a las cargas laterales la proporcionan los muros de corte o las estructuras arriostradas.

2.2.9.13 Elementos tipo Cercha

Rojas y Romme (2018) señalan que es un tipo de elemento cuya área transversal es pequeña comparada con su longitud y está sometido a cargas netamente axiales aplicadas en sus extremos. Por su geometría y tipo de

cargas actuantes soporta solamente fuerzas de tracción y de compresión. Su comportamiento netamente axial exige que sus conexiones a otros elementos o soportes sean rotulas sin rozamiento. Sin embargo en la práctica se construyen uniones rígidas que obligan a mantener la geometría de la sección y la posición de los nudos.

2.2.9.14 Pórticos de acero con perfiles tubulares

Son estructuras de acero de geometría redonda diseñada para construir sistemas estructurales metálicos de alta resistencia, de una manera práctica, rápida y sencilla. Según Rojas y Romme (2018) estos perfiles se fabrican partiendo de bandas de acero laminado en caliente, que al pasar por una serie de rodillos sufren un proceso de formado en frío dándole su geometría, el cerrado se hace mediante soldadura por inducción con alta frecuencia.

2.2.10 Configuración estructural general de las edificaciones

En general, las experiencias vividas con los efectos de movimientos sísmicos ocurridos, indican que en los países donde se diseña de acuerdo con una buena normativa sismo resistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias. No obstante, es importante destacar que el solo hecho de diseñar de acuerdo con un código no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos.

Los códigos sísmicos establecen requisitos mínimos para proteger la vida de los ocupantes, requisitos que muchas veces no son suficientes para

garantizar el funcionamiento de una edificación después del sismo. La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso, especialmente si los movimientos resultan más severos que los anticipados por el diseño.

El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente. Las observaciones realizadas en los últimos años indican que las construcciones rígidas se desempeñan, en general, mejor que las flexibles; particularmente en lo que respecta a la protección de los componentes no estructurales, que sufren menos daños al limitarse el desplazamiento entre pisos.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexo-compresión. En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas. Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos.

En las uniones viga-columna (nodos), el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión. En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas

longitudinales a lo largo de la placa debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo. Este tipo de daños se ha visto reiteradamente en muchas edificaciones sometidas a movimientos sísmicos fuertes y moderados.

2.2.10.1 Pisos Suaves

Para Barón y Delgado (2017), definen: “los pisos blandos o pisos suaves, se refiere a aquel piso donde no hay muros que bajen hasta la zapata, sino que toda la parte del el primer nivel está parado en columnas para dar lugar al parqueo” (p.15). La interrupción de elementos verticales de la estructura ha probado ser la causa de múltiples colapsos parciales o totales en edificios sometidos a sismos, sobre todo cuando la interrupción de los elementos verticales resistentes (muros y columnas) se presenta en los pisos inferiores.

La razón del deslizamiento del piso es que en el nivel donde se interrumpen los elementos es más flexible que los restantes, con lo que aumenta el problema de estabilidad, pero, además, porque se origina un cambio brusco de rigidez que ocasiona una mayor acumulación de energía en el piso más débil. Sin embargo cuando ocurre un terremoto, toda la pared del edificio a partir del primer entrepiso se comporta como una caja de fósforo, rígida, que se mueve y le transmite a esas columnas todo el esfuerzo horizontal que tiene que soportar y generalmente colapsan esas columnas y se pierde el primer piso, esto se debe a que hay un cambio muy brusco en la flexibilidad versus rigidez del primer piso contra el resto de arriba. (Corominas 2008).

2.2.10.2 Entrepiso débil

Entrepiso débil, es definido por La norma COVENIN 1756-2001 como: “a la configuración caracterizada por una marcada diferencia de resistencias entre niveles adyacentes” (p.5). Es importante señalar que COVENIN 1756-2001, define un entrepiso débil a la resistencia lateral de algún entrepiso es menor que 0.7 veces la correspondiente resistencia del entrepiso superior, o 0.8 veces el promedio de las resistencias de los tres entrepisos superiores.

En la evaluación de la resistencia de los entrepisos se incluirá la contribución de las tabiquería; en el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir (p. 30). Significa entonces que un entrepiso débil se refiere entonces a los pisos que son más vulnerables al daño sísmico que los restantes, debido a que la rigidez en los pisos superiores es mayor que la rigidez del piso en consideración. Esto se da por querer cumplir con ciertos esquemas arquitectónicos y estructurales que conducen a la formación de los llamados pisos débiles, es decir, este se produce usualmente en el primer piso ya que es ahí donde se busca un mayor espacio y visibilidad, lo que impide que se utilicen elementos como muros de corte que posiblemente se utilizan en los pisos adyacentes.

De manera general, el problema de configuración estructural dado por entrepisos débiles, según Barón y Delgado (ob cit), se genera cuando:

- Existe una discontinuidad significativa de resistencia y rigidez entre la estructura vertical de un piso y el resto de la estructura. Esta discontinuidad se puede presentar debido a que un piso, por lo general el primero, es significativamente más alto que el resto, produciéndose así una disminución de rigidez.

- Se produce la discontinuidad debido a un concepto de diseño muy común, en el cual no todos los elementos verticales (muros, tabiques, otros.) se proyectan hacia la cimentación, sino que algunos terminan en el segundo piso para aumentar las luces de la planta baja. Esta condición crea una trayectoria de carga discontinua que produce una variación de resistencia y rigidez en el punto de cambio.
- Se diseña un piso abierto que soporta muros superiores estructurales o no estructurales pesados. Esta situación es más grave cuando el muro superior es un muro de corte y actúa como elemento principal resistente de la fuerza lateral.

2.2.10.3 Columnas cortas o columnas cautivas

El efecto de columna corta se produce según Barón y Delgado, (ob cit) debido a una modificación accidental en la configuración estructural original de una columna, presentándose cuando en una estructura sometida a fuerzas o solicitaciones horizontales, la luz libre de la columna se ve disminuida por un elemento, generalmente no estructural, que limita la capacidad de la columna de deformarse libremente en el sentido lateral. Este tipo de columnas presenta primero falla frágil por cortante antes que la falla dúctil por flexo compresión.

La importancia de las columnas dentro de una estructura radica en el hecho de que son los elementos que transmiten las cargas a las fundaciones, manteniendo en pie a la estructura, es por ello que cualquier daño en ellas puede provocar una redistribución de cargas entre los elementos de la estructura y traer consigo el colapso parcial o total de una edificación. Entre las causas por las cuales la longitud libre se reduce drásticamente y se considera que se presenta una columna corta son:

- Confinamiento lateral parcialmente en la altura de la columna por mampostería divisoria, muros de fachada, muros de contención, otros
- .Disposición de losas en niveles intermedios.
- Ubicación del edificio en terrenos inclinados.

Las columnas cortas son causa de serias fallas en edificios bajo excitaciones sísmicas debido a que su mecanismo de falla es frágil.

2.2.10.4 Columnas débiles

Las fuerzas sísmicas se distribuyen proporcionalmente a la rigidez y resistencia de los elementos estructurales verticales. Entonces, si la rigidez de las columnas o paredes que soportan la estructura sufre un cambio brusco ya sea por confinamiento de las paredes hasta cierta altura de los marcos, por desniveles del terreno, por nivel intermedio entre dos pisos, se concentrarán los esfuerzos y se acumulará energía en el piso más débil, dado que el nivel donde se interrumpen los elementos verticales es más flexible que los demás, lo que permite que se produzca un problema de estabilidad.

2.2.10.5 Distribución y Concentración de Masas.

La distribución de las masas debe ser lo más uniforme posible, tanto en cada planta como en altura, siendo conveniente que la variación de las masas piso a piso acompañe a la variación de la rigidez, si la relación masa-rigidez varía bruscamente de un piso a otro se producen concentraciones de esfuerzos es necesario evitar la presencia de masas superfluas, tales como rellenos excesivos en terrazas, terrazas con jardín, entre otros.

2.2.10.6 Colindancia entre edificios adyacentes

De acuerdo a la opinión de Barón y Delgado, (ob cit) al ubicar la posición exacta del edificio dentro del terreno correspondiente, es importante guardar una separación que sea suficiente con respecto a edificios adyacentes, para evitar que los distintos cuerpos se golpeen al vibrar fuera de fase durante un sismo. El daño puede ser particularmente grave cuando los pisos de los cuerpos adyacentes no coinciden en las mismas alturas, de manera que durante la vibración, las losas de piso de un edificio pueden golpear a media altura las columnas del otro, este tipo de situación se presentó en varias edificaciones de la Ciudad de México durante el Terremoto de 1985, con graves consecuencias.

Cuando un edificio es mayor que el otro, el más pequeño actúa como una base para la parte superior del edificio más alto, surgiendo complicaciones adicionales al agregarse otros factores, como características dinámicas distintas entre los edificios. Cabe mencionar que los danos pueden ser minimizados bajo un control exigente, por la separación de edificios, y el alineamiento de los pisos en las edificaciones contiguas.

2.2.11 Configuración estructural de las edificaciones escolares tipo Cajetón

Los edificios escolares que constituyen el tipo Cajetón, son aquellos que están construidos con el modelo del Liceo Raimundo Martínez Centeno que se derrumbó durante el sismo de Cariaco de 1997. Hay dos variantes de estos cajetones: El más común es el Cajetón Cerrado el cual es un único edificio sin juntas de construcción; a este tipo pertenecía una de las edificaciones siniestrada en Cariacos. El otro es el Cajetón Abierto donde existe una junta

de construcción que separa dos edificios similares en forma de C cada uno. Hasta la fecha, se han contabilizado un total de 334 edificios pertenecientes a este tipo y distribuidos en todo el país. El Liceo José Antonio Ramos Sucre, pertenece al tipo del Liceo Raimundo Martínez Centeno.

Estas edificaciones escolares de acuerdo a tipo cajetón suelen tener una configuración estructural básica, según Lee, Abou, y López, (2007): incluye:

- Cimientos: son la base de la estructura y se encargan de soportar el peso de la edificación. Generalmente se utilizan cimientos de concreto armado para garantizar la estabilidad y resistencia necesaria.
- Estructura de columnas y vigas: la estructura de columnas y vigas se encarga de distribuir el peso de la edificación de manera uniforme y resistir las cargas y esfuerzos a los que está sometida. Por lo general, se utilizan columnas de concreto armado y vigas metálicas o de concreto.
- Losas de entrepiso y techo: las losas de entrepiso y techo son elementos horizontales que separan los diferentes niveles de la edificación y proporcionan estabilidad. Estas losas suelen estar hechas de concreto armado.
- Muros de carga: los muros de carga son elementos verticales que se encargan de soportar parte del peso de la estructura. Pueden estar hechos de concreto armado o mampostería.
- Sistema de cubierta: el sistema de cubierta se encarga de proteger la edificación de la intemperie y proporcionar aislamiento térmico. Puede

estar compuesto por techos planos o inclinados, dependiendo de las necesidades del proyecto.

Por lo tanto, la configuración estructural de las edificaciones escolares tipo cajetón se basa en una combinación de elementos de concreto armado y acero que garantizan la estabilidad, resistencia y durabilidad de la construcción.

2.2.12 Metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica

Para Sarria, (2015), uno de los componentes esenciales en la evaluación del riesgo sísmico es la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas por el hombre, es por esto que los materiales y el método de construcción son, entre otras, características determinantes de la misma. Una de las enseñanzas que han dejado los sismos pasados ha sido que existen estructuras de una misma tipología que pueden sufrir un mayor grado de daño debido aún sismo a pesar de localizarse en el mismo lugar. Esto hace relevante a lo mencionado anteriormente, es decir, que existen edificios con mejor calidad estructural que otros. Por ende, se puede llegar a definir la vulnerabilidad sísmica como la capacidad que tienen los elementos estructurales de una edificación para resistir un sismo.

Es por ello que existen una variedad de metodologías y técnicas propuestas por diferentes autores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de diferentes tipos de instalaciones. Por lo tanto, la selección de una determinada metodología, de acuerdo a Sarria, (ob.cit) está íntimamente relacionada con la escala del análisis y las características de los elementos bajo estudio; así por ejemplo, el estudio del riesgo sísmico de elementos

particulares o aislados como edificios, puentes, presas, otros, generalmente se basa en evaluaciones deterministas de la vulnerabilidad, mientras que el estudio del riesgo sísmico de sistemas territoriales o categorías de elementos como tipos de edificios, líneas vitales, otros, se basa en enfoques probabilistas que permiten aplicaciones regionales del modelo a diferentes escalas, con la ventaja adicional, que pueden organizarse y tratarse con sistemas de información geográfica.

Por consiguiente, la medida que se emplee en el estudio, según Sarria, (2015), depende del modelo adoptado y puede estar orientado a cuantificar los efectos sobre la población, los daños en las edificaciones, la afectación de los sistemas, entre otros. Estos efectos normalmente se expresan en parámetros monetarios. Entre los principales usuarios de estos estudios destacan por una parte, las autoridades públicas, regionales o locales, interesadas en conocer la relación costo/beneficio asociadas al nivel de riesgo implícito en la adopción de políticas de inversión, impuestos, leyes, ordenación y planificación del territorio, y por la otra, los organismos de protección civil y de seguridad social, a quienes les interesa conocer los niveles de riesgo existente en sus instalaciones, las pérdidas posibles debidas a un sismo, definir la necesidad intervención o reforzamiento, gestionar recursos, trazar planes de emergencia, otros.

Ahora bien, Sarria, (ob.cit), señala una clasificación más simplificada, y se basa en el tipo de medida que se utiliza y las agrupa como en: Técnicas Cuantitativas; que establecen las probabilidades de daño o relaciones determinísticas equivalentes en términos numéricos. Técnicas cualitativas; recurren a descripciones cualitativas a través de términos como vulnerabilidad baja, media, alta o similares. Existen otros esquemas de clasificación de las técnicas o métodos de análisis de la vulnerabilidad sísmica. Para efecto de

esta investigación se utiliza la Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad.

2.2.13 Curvas de fragilidad para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela

Según Coronel y López, (ob cit), curvas de fragilidad representan la probabilidad de que una estructura exceda un determinado estado de daño en función de un parámetro que define la intensidad sísmica. Es decir, Esta se define a partir de la relación entre el nivel de daño observado en una estructura y la intensidad de vibración del suelo durante un terremoto. A través de esta metodología se pueden determinar las probabilidades de que una estructura sufra diferentes niveles de daño en función de la intensidad del sismo. Estas curvas son de gran utilidad para estimar el riesgo sísmico de grupos de edificios con características estructurales similares o de una estructura esencial y se pueden generar mediante observaciones de campo, basándose en la opinión de expertos y utilizando métodos analíticos.

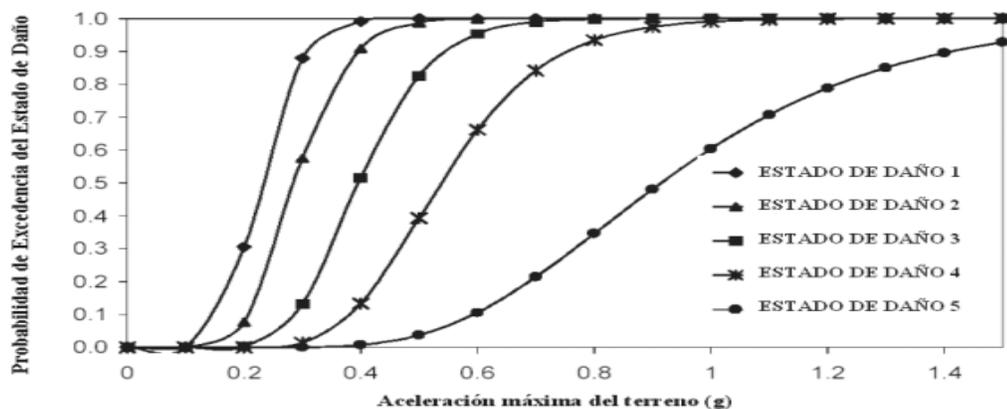


Figura 2.1. Ejemplo de curvas de fragilidad para 5 estados discretos de daño.

Fuente: Coronel y López, (2013).

En la figura, 2.1 se observa los resultados preliminares que sirven para ilustrar el procedimiento propuesto; resultados definitivos serán obtenidos luego de evaluar y calibrar los parámetros del sistema, utilizando para ello la información recopilada sobre la observación de los efectos del sismo de Cariaco sobre un total de 100 planteles del Estado Sucre, con distintos niveles de daño.

Según Coronel, y López, (ob cit), para la estimación de daños las probabilidades de ocurrencia (P_i) de cada estado de daño (i) prefijado se obtienen de las curvas de fragilidad a partir de la aceleración máxima del terreno (A_k) estimada en cada escuela para cada evento sísmico (k) definido de forma determinística. La probabilidad de excedencia de un estado de daño prefijado se obtiene de la curva de fragilidad. El Factor de Daño medio de la Escuela se obtiene ponderando las probabilidades de los estados de daño con los factores de daño definidos.

Para estimar los efectos sobre los ocupantes se supone que el evento sísmico tiene lugar en horas de actividad escolar, y las víctimas se calculan en función del factor de afectación de los ocupantes asociado con cada estado de daño (ATC 1985). Finalmente se obtiene un factor de costo como el producto del factor de daño de la escuela por el valor de las instalaciones según su nivel educacional y su importancia social. Para estimar el riesgo sísmico, debe determinarse el rango de daño asociado con la probabilidad de excedencia anual.

2.2.14 Parámetros necesarios para la construcción de las curvas de fragilidad.

2.2.14.1 Número de pisos

La cantidad de daño que puede soportar una estructura algunas veces se relaciona con su altura. En suelos suaves, un edificio alto puede experimentar temblores considerablemente más fuertes y más largos que un edificio más bajo del mismo tipo. El número de pisos es un buen indicador para estimar la altura de una edificación.

2.2.14.2 Año de Construcción

La edad de la edificación está directamente relacionada con el diseño y las prácticas de construcción. Por lo tanto, la edad puede ser un factor que ayude en la determinación del tipo de edificación. Esta información no se encuentra normalmente disponible en el lugar y por eso debe ser incluida en la pre-recolección de datos de campo. Es posible que ciertas porciones de la estructura pueden haber sido diseñadas y construidas antes que otras por lo que en esos casos no hay un solo año de construcción. Cabe destacar que la edificación puede haber sido diseñado varios años antes de su construcción y diseñado bajo un código más antiguo con diferentes requerimientos para la especificación sísmica.

2.2.14.3 Área total del piso

El área total del piso, disponible en algunos casos en los archivos de asesoría del edificio, podría ser determinado al multiplicar el área estimada de un piso por el número de pisos del edificio. El largo y ancho del edificio puede ser medido a través de pasos. El área total del piso es muy útil cuando se

estima la carga de ocupación y puede ser también utilizada a futuro para estimar el valor de la edificación.

En este contexto, Safina, (2003), señala que la probabilidad de excedencia de un estado de daño prefijado se obtiene de la curva de fragilidad. El factor de daño medio de la escuela se obtiene ponderando las probabilidades de los estados de daño con los factores de daño definidos en la norma. Para estimar los efectos sobre los ocupantes se supone que el evento sísmico tiene lugar en horas de actividad escolar, y las víctimas se calculan en función del factor de afectación de los ocupantes asociado con cada estado de daño. Finalmente se obtiene un factor de costo como el producto del factor de daño de la escuela por el valor de las instalaciones según su nivel educacional y su importancia social. Para estimar el riesgo sísmico, debe determinarse el rango de daño asociado con la probabilidad de excedencia anual.

Por todo lo antes expuesto, en el evento sísmico ocurrido en Cariaco en Venezuela en 1997, las edificaciones escolares colapsaron, dando 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. Es por ello, López. Marinilli, y otros (2016), consideran que la utilización de estas metodologías de evaluación del riesgo sísmico que presentan las edificaciones escolares, especialmente las de tipología similar a las colapsadas en Cariaco, será de utilidad puesto que el 70% de las edificaciones escolares del país están en amenaza sísmica.

2.2.15 Acción de los terremotos sobre las estructuras

La experiencia y el conocimiento de expertos en materia sísmica han permitido crear bases que facilitan desarrollar un diseño de estructuras con razonable seguridad para la vida. Más aun, se ha logrado aplicar nuevos criterios de sismo resistencia que buscan construcciones más económicas, y por ende menos fuertes que lo necesario, que en el caso de verse sometidas a un movimiento sísmico severo, sufran daños controlados, sin llegar a colapsar, disipando así una parte importante de la energía absorbida.

De lo anterior se desprende que el comportamiento sísmico adecuado de una estructura depende, además de su resistencia, de su habilidad para liberar la energía vibratoria a partir del instante en que sus deformaciones exceden el límite elástico, es decir, su ductilidad. De manera que, cuando las deformaciones de la estructura alcanzan el rango inelástico o plástico durante sismos fuertes, es en ese momento cuando comienza la ocurrencia de daños estructurales y no estructurales indeseables.

Algunas normativas, incluyendo la Venezolana, aceptan que los edificios se diseñen para resistir sismos fuertes sin colapso, aun cuando se produzcan daños estructurales severos; sismos moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales; y sismos leves sin daño. Dicho de otra manera, el nivel de riesgo aceptable, implícito legalmente en las normas, considera que la capacidad máxima de los elementos del sistema sismo resistente puede ser excedida y que éstos pueden experimentar un comportamiento inelástico durante sismos muy fuertes. Por otra parte, el hecho de que se admita que los elementos no estructurales se puedan dañar, no deja de ser objeto de reflexión, puesto que fallos de muros divisorios y de

fachadas, pueden en algunos casos comprometer la vida de las personas que permanecen en la edificación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el desarrollo de esta investigación fue necesario seleccionar una metodología que permitió definir y desarrollar todos y cada uno de los objetivos planteados. Así mismo Arias (2017) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). Este método permitió dar respuestas a las interrogantes planteadas.

3.1 Tipo de Investigación

Por su naturaleza, la investigación fue cuantitativa, de nivel descriptivo. Según Arias (2017), “consisten en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (p.67). Esto permitió recolectar información relacionada con el estado real del fenómeno que se estudia, tal como se presenta en el momento de su recolección. Por ello, se hizo una descripción del área de estudio, tales como: estructurales y no estructurales de la edificación, se clasificó la tipología estructural que posee la edificación, e identificó los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos, lo cual permitió su valoración para comparar y describir los resultados obtenidos con la normativa de uso para la evaluación y las diferentes concepciones teóricas que se tienen al respecto.

3.2 Diseño de la investigación

Para el diseño de la investigación, se considerará el de campo. Según Arias (2017), lo define como “aquellos que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”. (p. 48). Es decir, permitió obtener información en la misma edificación escolar, objeto de estudio, a fin de obtener el conocimiento más a fondo de lo que se investiga, en donde los datos de interés fueron recogidos en forma directa del contexto real.

3.3 Técnica de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, según Arias (2017),” son estrategias que permiten al investigador llevar a cabo el levantamiento de la información necesaria, con el fin de determinar las condiciones existentes” (p.72). Es decir, las técnicas que permitieron a la investigadora llevar a cabo el levantamiento de la información necesaria para analizar el objeto de estudio. En este sentido, para la recolección de la información, se aplicaron: la revisión documental, la observación directa, y entrevista no estructurada, con la finalidad de conocer la realidad a investigar, en función de los objetivos planteados.

En la observación directa, el instrumento de recolección de datos estuvo representado por el cuaderno de campo, cámara fotográfica y planillas desarrolladas por el IMME y FUNVISIS. La información estuvo directamente relacionada con los requisitos exigidos en la normativa venezolana (COVENIN 2001). Para la entrevista no estructurada, se aplicó al directivo de la institución.

3.4 Población y muestra

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Arias, 2017, p.81)

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. (Arias, 2017, p.83)

En esta investigación la población y muestra esta conformada por el liceo bolivariano José Antonio Ramos Sucre, ubicado en Cumana, estado Sucre, donde se evaluó y analizó las condiciones actuales para saber el nivel de riesgo sísmico que presenta la estructura.

3.5 Etapas de la investigación

3.5.1 Revisión documental

Consistió en la recopilación de información de trabajos realizados por otros investigadores, el método de Evaluación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela, mediante la Curvas de fragilidad, norma FUNVISIS (2018), COVENIN 1756 2019, Norma para la construcción de edificio (MOP 1967), y demás referencias bibliográficas relacionadas con el tema.

3.5.2 Diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación

En esta fase se procedió a realizar una inspección para recaudar datos directamente en el área de estudio, como lo son el tipo de suelo, año de construcción de la edificación, ubicación de la misma, planos esquemáticos

horizontales y verticales del edificio, estado de mantenimiento, tipo estructural de construcción, irregularidades, grado de deterioro, entre otras.

Cabe destacar, que mucha información fue obtenida de otros trabajos de grado con edificaciones que contemplan el mismo diseño y las mismas condiciones, los cuales contaban con planos y datos estructurales necesarios para la evaluación de este trabajo.

3.5.2.1 Visita a las instalaciones

Para esto fue necesario visitar las instalaciones del liceo Bolivariano José Antonio Ramos Sucre, donde se acudió al personal administrativo, como la subdirectora, director, y profesores que permitieron el acceso a las instalaciones y el apoyo para la obtención de información. Posteriormente de haber explicado los motivos de la visita, proporcionaron documentación relevante sobre la historia del liceo que ayudó a determinar la antigüedad del mismo y tener una idea del año de su construcción.

Listo eso, fue asignado un profesor para el recorrido en las instalaciones y poder conocer los espacios y la distribución del liceo en cuestión. Proporcionando información sobre cómo estaba diseñado el liceo originalmente y que modificaciones se han realizado, así como de comentar que problemas se han presentado y como han hecho para solucionarlos.

3.5.2.2 Recolección de datos

Una vez conocido los espacios del liceo, se procedió a realizar la recolección de datos de las condiciones actuales, para ello se utilizó las planillas

desarrolladas por el IMME y FUNVISIS las cuales resaltan la recolección de información del liceo de la siguiente manera:

1. Datos generales
2. Datos de los participantes
3. Datos del entrevistado
4. Identificación y ubicación de la edificación
5. Uso de la edificación
6. Capacidad de ocupación
7. Año de construcción
8. Condición del terreno
9. Tipo estructural
10. Esquema de planta
11. Esquema de elevación
12. Irregularidades
13. Grado de deterioro
14. Observaciones
15. Croquis de ubicación, fachada y planta

Los puntos mencionados anteriormente están organizados en la figura 3.1 donde se muestra cada punto desglosado con diferentes opciones para marcar.

3. Planilla de Inspección de Edificaciones

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación		Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)		
Versión 062013		PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES (Características Sismorresistentes)				G-20007752-2
1. Datos generales						
1.1 Fecha:	1.2 Hora inicio:	1.3 Hora culminación:	1.4 Código:			
2. Datos de los participantes						
Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico			
2.1 Inspector						
2.2 Revisor						
2.3 Supervisor						
3. Datos del entrevistado						
3.1 Relación con la Edif.	3.2 Nombre y apellido	3.3 Teléfono	3.4 Correo Electrónico			
4. Identificación y ubicación de la edificación						
4.1 Nombre o N°:	4.2 N° de pisos:	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:				
5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)						
<input type="checkbox"/> Gubernamental	<input type="checkbox"/> Militar	<input type="checkbox"/> Médico-Asistencial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Otro (Especifique)		
<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			
6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)						
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		
7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)						
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 1956 y 1967		
	<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		
8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)						
8.1. Edificación en:	<input type="checkbox"/> Planicie	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"/> Si	<input type="checkbox"/> No		
	<input type="checkbox"/> Rase	8.4 Pendiente del talud:	<input type="checkbox"/> 20° - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor a 45°		
8.6 Drenajes: <input type="checkbox"/> Si <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		
9. Tipo estructural						
9.1 Marque con "x", múltiples opciones:			9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos			
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado			<input type="checkbox"/> 10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada			
<input type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto			<input type="checkbox"/> 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada			
<input type="checkbox"/> 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales			<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"/> 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sist. tipo túnel)			<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"/> 5. Pórticos de acero			<input type="checkbox"/> 14. Viviendas de bahareque de un piso			
<input type="checkbox"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares			<input type="checkbox"/> 15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)			
<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero diagonalizados						
<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con cerchas						
9.2 Indique el número del tipo estructural predominante: _____						
10. Esquema de planta (marcar con "x")			11. Esquema de elevación (marcar con "x")			
<input type="checkbox"/> "H"	<input type="checkbox"/> "L"	<input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal	<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> "U"	<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical	
<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> Cajón	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> "L"	<input type="checkbox"/> Ninguno	
<input type="checkbox"/> "U" ó "C"	<input type="checkbox"/> Regular		<input type="checkbox"/> Piramidal	<input type="checkbox"/> Rectangular		

Figura 3.1. Planilla de recolección de datos(a)

Fuente: Funvisis 2018

<p>12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones</td> <td><input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección</td> <td><input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil</td> <td><input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entrespiso débil o blando</td> <td><input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas</td> <td>12.11 Separación entre edificios (cm): _____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes</td> <td></td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	<input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas	<input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección	<input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta	<input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil	<input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa	<input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entrespiso débil o blando	<input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna	<input type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas	12.11 Separación entre edificios (cm): _____	<input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes									
<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	<input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas																				
<input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección	<input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta																				
<input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil	<input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa																				
<input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entrespiso débil o blando	<input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna																				
<input type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas	12.11 Separación entre edificios (cm): _____																				
<input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes																					
<p>13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)</p> <table border="0"> <tr> <td>13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:</td> <td><input type="checkbox"/> Ninguno</td> <td><input type="checkbox"/> Moderado</td> <td><input type="checkbox"/> Severo</td> </tr> <tr> <td>13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:</td> <td><input type="checkbox"/> Ninguno</td> <td><input type="checkbox"/> Moderado</td> <td><input type="checkbox"/> Severo</td> </tr> <tr> <td>13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:</td> <td><input type="checkbox"/> Ninguno</td> <td><input type="checkbox"/> Moderado</td> <td><input type="checkbox"/> Severo</td> </tr> <tr> <td>13.4 Estado general de mantenimiento:</td> <td><input type="checkbox"/> Bueno</td> <td><input type="checkbox"/> Regular</td> <td><input type="checkbox"/> Bajo</td> </tr> </table>		13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo	13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo	13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo	13.4 Estado general de mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo				
13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo																		
13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo																		
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo																		
13.4 Estado general de mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo																		
<p>14. Observaciones</p> <hr/> <hr/> <hr/>																					
<p>15. Croquis de ubicación, fachada y planta</p> <table border="1"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Croquis de ubicación</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Croquis de fachada</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <p>Croquis de planta</p> </td> </tr> </table>		<p>Croquis de ubicación</p>	<p>Croquis de fachada</p>	<p>Croquis de planta</p>																	
<p>Croquis de ubicación</p>	<p>Croquis de fachada</p>																				
<p>Croquis de planta</p>																					
<p>Fotos a tomar:</p> <table border="0"> <tr> <td>- Fachadas</td> <td>- Identificación de la edificación</td> <td>- Pendiente del terreno</td> <td>- Talud cercano</td> <td>- Tipo estructural</td> </tr> <tr> <td>- Elementos estructurales</td> <td>- Losas</td> <td>- Juntas</td> <td>- Nodos o conexiones</td> <td>- Ausencia de vigas altas</td> </tr> <tr> <td>- Discontinuidad de elementos</td> <td>- Aberturas excesivas en planta</td> <td>- Asimetría en planta</td> <td>- Adosamiento</td> <td>- Grietas en paredes</td> </tr> <tr> <td>- Grietas o fisuras en elementos de concreto</td> <td>- Corrosión o deterioro en elementos de acero</td> <td>- Observaciones o casos especiales</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		- Fachadas	- Identificación de la edificación	- Pendiente del terreno	- Talud cercano	- Tipo estructural	- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Nodos o conexiones	- Ausencia de vigas altas	- 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		
- Fachadas	- Identificación de la edificación	- Pendiente del terreno	- Talud cercano	- Tipo estructural																	
- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Nodos o conexiones	- Ausencia de vigas altas																	
- 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 3.2. Planilla de recolección de datos(b)

Fuente: Funvisis 2018

Teniendo el formato listo se realizó el recorrido anotando todas las variables y datos que exige la misma planilla, logrando identificar los datos necesarios para el diagnóstico final. Esta información se apoyó con un registro fotográfico.

3.5.3 Clasificación de la tipología estructural que posee la edificación de acuerdo a lo establecido en la norma Funvisis 2018

Para la clasificación de la tipología de esta estructura, se recurrió a la norma Funvisis, detallando los criterios para determinar el tipo de estructura y su sistema constructivo predominante (muros, estructura metálica o concreto armado), y otras especificaciones relevantes.

Adicional a esto, se identificó el esquema en planta del liceo, mediante varios croquis de la instalación, como se puede apreciar en la figura 3.3, 3.4 y 3.5. Con esto, se buscó en la norma Funvisis y se le otorgó el tipo de esquema al cual pertenece este liceo, y así junto con la tipología estructural basado en la normativa, se proporcionó una base sólida para la evaluación de su vulnerabilidad sísmica.



Figura 3.3. Vista 3D de planta baja

Fuente: Documentación del liceo José Ramos Sucre



Figura 3.4. Vista 3D de primera planta

Fuente: Documentación del liceo José Ramos Sucre



Figura 3.5. Vista 3D de segunda planta

Fuente: Documentación del liceo José Ramos Sucre

3.5.4 Elaboración de los planos de distribución actual de los espacios de la edificación del liceo Bolivariano José Antonio Ramos Sucre.

Durante la etapa de recopilación de información básica, no fueron hallados planos estructurales, sin embargo, fue necesario consultar trabajos de grados como el de “Gascón y Larez (2008)” que evaluaron una edificación similar a la estudiada. Adicionalmente, se tomaron las medidas precisas de todo el plantel, incluyendo la longitud y anchura de las aulas y demás recintos, la altura de los techos y la distribución de las áreas. Se utilizó una cinta métrica, para medir todas las dimensiones necesarias las cuales fueron registradas.

Posteriormente se dibujó un croquis inicial del edificio, indicando las medidas tomadas y la distribución de la estructura. Se tomó fotografías del exterior e interior del edificio para tener una referencia visual durante el

proceso de dibujo que fue plasmado en los planos del edificio utilizando software (AutoCAD 2D).

3.5.5 Identificación de los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación, requeridos en la aplicación de la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del liceo, se procedió a la identificación de los factores de amenaza sísmica. Esta identificación se basó en una serie de criterios esenciales, específicamente, la ubicación geográfica del plantel, el historial sísmico de la región, la antigüedad de la edificación, su uso y el número de pisos, alineados con el modelo de Evaluación Sísmica mediante Curvas de Fragilidad y la Norma COVENIN 1756.

3.5.6 Construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, aplicando la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela

Es necesario recalcar, que la metodología propuesta se fundamenta en la hipótesis de que los edificios fueron diseñados y construidos acorde a lo establecido en las normas sísmicas vigentes para el momento de su construcción. Por lo tanto, el primer dato a tener en cuenta para continuar es que se trabajó con una edificación construida en 1976 aproximadamente.

3.5.6.1 Curva de capacidad

Para la construcción de las curvas de fragilidad, primero fue necesario desarrollar una curva de capacidad del edificio, como se muestra en la figura 3.6.

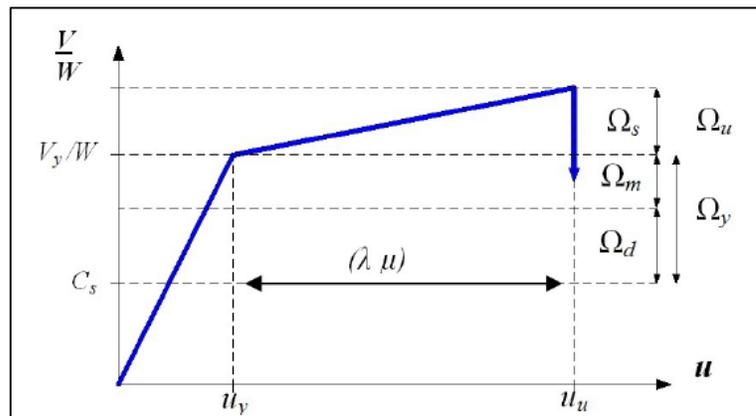


Figura 3.6. Representación bilineal y parámetros de la curva de capacidad
Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

La gráfica que se muestra en la figura 3.6, representa la relación entre la fuerza cortante (V) en la base de un edificio y el desplazamiento (u) en el nivel de techo del mismo; estas curvas constituyen la base a partir de la cual se construyen las curvas de fragilidad.

3.5.6.2 Capacidad Resistente

Para la obtención de las variables pertenecientes al eje Y, de la gráfica mostrada en la figura 3.6, se calculó la capacidad resistente a nivel cedente en forma adimensional con la ecuación 3.1.

$$\frac{V_y}{W} = \Omega_y \cdot C_s \cdot f_w$$

Ec. 3.1

Obtenido esto, se calculó la capacidad resistente ultima aplicando la siguiente formula (ver ecuación 3.2) que incorpora el factor de sobrerresistencia ultima:

$$\frac{V_u}{W} = \Omega_u \cdot \frac{V_y}{W}$$

Ec. 3.2

Donde:

Cs = coeficiente sísmico a nivel cedente. Se obtiene de la tabla 3.1.

Fw = factor de corrección del peso sísmico. Se obtiene de la tabla 3.3.

Ω_y = factor de sobrerresistencia cedente. Se obtiene de la tabla 3.4

Ω_u = factor de sobrerresistencia ultima. Se obtiene de la tabla 3.4

3.5.6.2.1 Coeficiente sísmico a nivel cedente

Para la determinación de este valor, primeramente, se tuvo que consultar la tabla 3.1, según la norma correspondiente al año de construcción de la edificación, la cual se asumió que era la norma MOP 1967.

Tabla 3.1. Expresiones para estimar C_s , derivadas de las siete normas nacionales

Norma	Coefficiente Sísmico	Descripción
MOP, 1939	$C_s = 1,33 \cdot C$	No incluye mapa de zonificación, $C=0,05$ para edificios de más de 3 pisos y para edificios con cualquier número de pisos ubicados en zonas montañosas de los Andes y de la costa. El peso W_{norma} incorporaba el 100% de la carga variable: $W_{norma} = CP + CV$.
MOP, 1947	$C_s = 1,5 \cdot C$	Mapa de zonificación sísmica con las zonas A, B y C. Para la zona A, $C=0,05$, en la zona B, la más severa, $C=0,10$ la cual contempla áreas del Estado Sucre incluyendo Cumaná. En la zona C no se exigía el diseño sísmico. Se adoptó una resistencia del suelo $R_s < 2 \text{ kg/cm}^2$. $W_{norma} = CP + 0,5CV$.
MOP, 1955	$C_s = 1,5 \cdot C$ $C = \frac{0,30}{N+4,5}$	El mapa de zonificación sísmica presenta las zonas A, B y C. El valor de C está definido por la fórmula para la zona B la cual incluía Caracas. Para la Zona C se exigía el doble, donde se incluía el Estado Sucre. Para la Zona A no se exigía el diseño sísmico. Se aplicó la versión no oficial (Hernández, 2009) para el cálculo de C . $W_{norma} = CP$.
MOP, 1967	$C_s = 1,5 \cdot C$	El mapa presenta cuatro zonas (0, 1, 2 y 3). El valor de C en la zona 3 varía entre 0,045 y 0,15 dependiendo del tipo estructural, el uso y tipo de suelo. Para las zonas 2 y 1 se multiplicaba por 0,5 y 0,25, respectivamente. El tipo de suelo se diferenciaba entre roca y aluvión. $W_{norma} = CP + 0,25CV$.
COVENIN, 1982	$C_s = \mu_0 \cdot A_d(T_d)$ $\mu_0 = \frac{3}{2} \frac{(N+1)}{(2N+1)}$	Presenta un mapa de zonificación sísmica con las zonas 0, 1, 2, 3 y 4. $A_d(T_d)$ representa el espectro de diseño estipulado en esta norma para un factor de ductilidad $D=6$. Define 3 formas espectrales S1, S2 y S3. Para escuelas el factor de importancia $\alpha = 1,25$. $W_{norma} = CP + 0,25CV$.
COVENIN, 1998	$C_s = \mu_0 \cdot A_d(T_d)$	Presenta un nuevo mapa de zonificación sísmica con las zonas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. $A_d(T_d)$ representa el espectro de diseño estipulado en estas normas para un factor de reducción de respuesta $R = 6$. Para escuelas $\alpha = 1,30$. $W_{norma} = CP + 0,5CV$.
COVENIN, 2001	$\mu_0 = 1,4 \frac{(N+9)}{(2N+12)}$	Es la norma vigente para edificaciones sismorresistentes. Representa una versión mejorada de la norma anterior las cuales se diferencian entre sí sólo en los parámetros que definen las formas espectrales. Para escuelas $\alpha = 1,30$.

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

De la tabla 3.1 se extrajo la siguiente expresión:

$$C_s = 1,5 \cdot C$$

Ec. 3.3

Donde "C" es el coeficiente sísmico utilizado en la norma MOP 1967, el cual depende del tipo estructural, el uso de la edificación, la zona sísmica y el tipo de suelo. Este valor se extrae de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Coeficiente sísmico C, para edificios situados en zona sísmica 3

Tipo de estructura	VALORES C			
	Depósitos Aluvionales (1)		Roca (2)	
	Uso del edificio		Uso del edificio	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
I	0,075	0,06	0,06	0,045
II	0,09	0,07	0,11	0,085
III	0,15	0,12	0,15	0,10

Fuente: Norma MOP 1967

Para un tipo estructural I, por ser estructura aporticada; uso de edificación incluido en el grupo 1, por ser educativo; y un suelo asumido como depósitos aluvionales; el valor de $C = 0.075$.

Sustituyendo el valor de C en la ecuación 3.3, se obtiene:

$$C_s = 0.1125$$

3.5.6.2.2 Factores F_w , Ω_y y Ω_u

Para la obtención del factor de corrección del peso sísmico (f_w), se consultó la tabla 3.3, y para los valores de sobrerresistencia (Ω_y y Ω_u), se consultó la tabla 3.4, en las cuales se seleccionaron los valores correspondientes según lo antes mencionado.

Tabla 3.3. Valores del factor de corrección del peso sísmico F_w

Número de pisos (N)	Norma					
	1939	1947	1955	1967	1982	1998 y 2001
1	0,857					
2-4	1,143	1,00	0,857	0,929	0,929	1,00

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

Tabla 3.4. Valores adoptados de Ω_y y Ω_u para los periodos indicados

Antes de 1967		Entre 1967 y 1982		Después de 1982	
(Nivel de diseño bajo)		(Nivel de diseño medio)		(Nivel de diseño especial)	
Ω_y	Ω_u	Ω_y	Ω_u	Ω_y	Ω_u
1,60	1,50	1,70	1,50	1,80	1,50

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

3.5.6.2.3 Capacidad resistente cedente y última

Una vez definidas las variables, los resultados obtenidos de las ecuaciones 3.1 y 3.2, respectivamente, fueron los siguientes:

$$V_y/W = 0.17767$$

$$V_u/W = 0.26651$$

3.5.6.2.4 Desplazamiento Cedente y Ultimo

Calculadas las variables en el eje Y, se procedió a calcular las variables pertenecientes al eje X. Este eje representa los desplazamientos cedente y último, los cuales se calcularon con las ecuaciones 3.4 y 3.5 respectivamente, como se muestra a continuación:

$$u_y = \frac{\alpha_1}{\beta_1} \frac{V_y}{W} g \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$u_u = \lambda \mu u_y \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

α_1 = Factor de participación en el modo fundamental en el desplazamiento del último piso.

β_1 = Fracción de la masa del edificio contenida en el modo fundamental

V_y/W = Ecuación 3.1

G = Aceleración de la gravedad igual a 981

T_e = periodo efectivo

λ = factor que permite llevar el desplazamiento hasta el estado ultimo o de daño completo.

μ = factor de ductilidad nominal.

3.5.6.2.5 Desplazamiento cedente

Para este cálculo, fue necesario consultar la tabla 3.5, de la cual se extrajeron los valores correspondientes según lo antes mencionado.

Tabla 3.5. Parámetros H , α_1 , β_1 , T_a y T_e para edificaciones de $N=1$ a 4 pisos

N	$H(m)$	α_1	β_1	$T_a (s)$	Antes de 1982
					$T_e (s)$
1	3	1,00	1,00	0,16	0,34
2	6	1,15	0,96	0,27	0,58
3	9	1,20	0,93	0,36	0,79
4	12	1,25	0,91	0,45	0,99

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

Una vez definidas las variables, el resultado obtenido de la ecuación 3.4 fue el siguiente:

$$U_y = 3.5553$$

3.5.6.2.6 Desplazamiento último

Para el desarrollo de la fórmula 3.5, primeramente, se tuvo que buscar el factor de ductilidad nominal (μ), la cual se extrajo de la tabla 3.6. En la cual se eligió el valor según la época en que fue diseñado la instalación educativa.

Tabla 3.6. Valores medios del factor de ductilidad nominal μ para distintas épocas.

Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (Nivel de diseño especial)	Después de 1998 (Nivel de diseño especial)
2,0	3,0	4,0	4,5

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

Y para el factor λ , se adopta un valor de 3.0, según G. Coronel, & O. Lopez (2012). Una vez establecidas todas las variables, el resultado de la ecuación 3.5, es el siguiente:

$$U_u = 31.99767$$

3.5.6.2.7 Estados de Daño

En este trabajo, el daño estructural por terremotos se describió mediante cinco estados discretos (i) vinculados a diferentes niveles de desplazamiento:

(0) Sin Daño, (1) Leve, (2) Moderado, (3) Severo y (4) Completo.

Estos niveles se describen en la tabla 3.7

Tabla 3.7. Descripción de lo estado de daño

i	Estado de Daño	Descripción	Factor de pérdida F_i (%)
0	Sin Daño Estructural	Sin daño estructural, con posible presencia de pequeños daños en componentes no estructurales.	0
1	Daño Leve	Presencia de pocas, localizadas y muy pequeñas grietas en elementos estructurales. Evidentes grietas en los elementos no estructurales, separación entre la tabiquería y los elementos.	2
2	Daño Moderado	Grietas evidentes en elementos estructurales con pérdida de recubrimiento en algunos casos. La mayoría de las paredes de tabiquería exhibe grandes grietas diagonales y horizontales y algunas pueden perder su estabilidad.	10
3	Daño Severo	Falla localizada de algunos elementos estructurales o sus conexiones sin pérdida de la estabilidad vertical del sistema. La mayoría de la tabiquería presenta grandes grietas y varias paredes pueden volcarse. La mayoría del mobiliario no anclado se ha volcado. La estructura presenta una deformación lateral permanente.	50
4	Daño Completo	Desplazamiento lateral excesivo. Pérdida de la estabilidad vertical. Representa el colapso parcial o total de la edificación.	100

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

El inicio de cada estado de daño está asociado con los desplazamientos U_1 , U_2 , U_3 y U_4 , como se muestra en la figura 3.7.

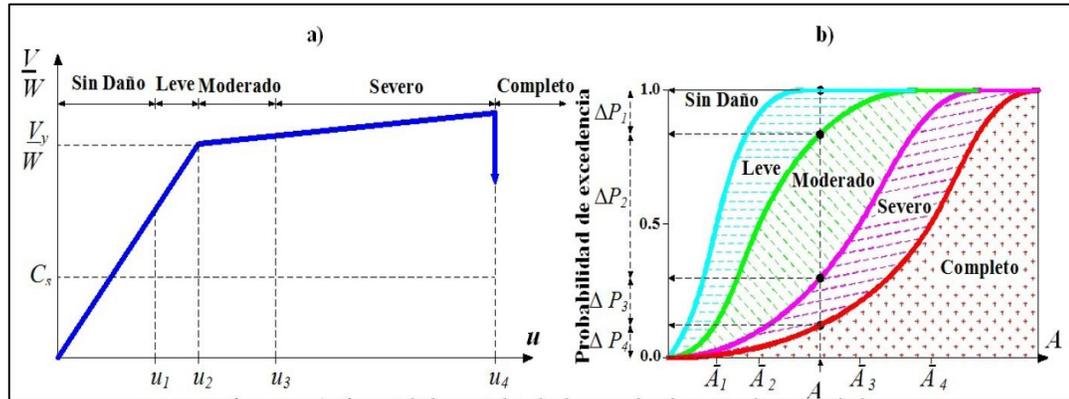


Figura 3.7. (a) límite de los estados de daños sobre la curva de capacidad & (b) curvas de fragilidad para cada estado de daño.

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

Para la determinación de estos desplazamientos, fue necesario consultar la tabla 3.7. Los resultados se muestran en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Desplazamientos asociados a cada límite de daño

i	Límite de Daño	Escuela diseñada con norma
1	Leve	$u_1 = 0,70 u_y$
2	Moderado	$u_2 = u_y$
3	Severo	$u_3 = u_y + 0,25(u_u - u_y)$
4	Completo	$u_4 = u_u$

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

Tabla 3.9. Desplazamientos U_i

Límite de daño	U_i
leve	$U_1 = 2.4887$
moderado	$U_2 = 3.5553$
severo	$U_3 = 10.6659$
completo	$U_4 = 31.998$

Fuente: Arena, C. (2025)

3.5.6.2.8 Gráfica de curva de capacidad con Excel

Una vez calculados los parámetros que rigen esta gráfica, se procedió a dar origen a la primera curva.

En los resultados proveniente de las ecuaciones 3.1 y 3.2, y los plasmados en la tabla 3.9, se pudo observar cuatro puntos para graficar en el eje x, y solo dos puntos para graficar en el eje y, correspondientes a los inicios de daño moderado y completo. Los valores de resistencia cedente para daño leve y severo fueron hallados interpolando. Los resultados se muestran en la tabla 3.10.

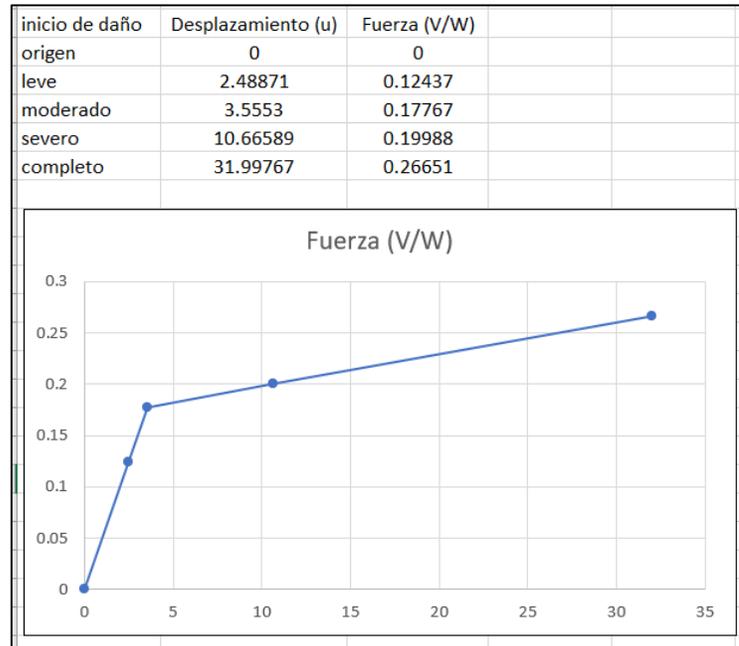
Tabla 3.10. Puntos para graficar curva de capacidad

Inicio de daño	Desplazamiento (U_i)	Resistencia (V_Y/W)
Sin daño	0	0
leve	2.4887	0.12437
moderado	3.5553	0.17767
severo	10.666	0.19988
completo	31.998	0.26651

Fuente: Arena, C. (2025)

Para graficar esta curva, se realizó una tabla de dos columnas, donde la primera correspondía a los desplazamientos ubicados en el eje X, y la segunda columna correspondía a los valores de resistencia para el eje Y. Una vez la tabla hecha en Excel, se utilizó la herramienta *insertar>>gráficos>>dispersión con líneas rectas y marcadores* dando origen a la primera gráfica, como se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.8. Curva de capacidad en Excel



Fuente: Extraído de Excel. Autor: Arena, C. (2025)

Una vez obtenida la gráfica mostrada en la figura 3.8, se editó la imagen para representar en ella los valores de los parámetros correspondientes.

3.5.6.3 Curva de Fragilidad

Los parámetros que rigen las curvas de fragilidad son la probabilidad de excedencia (ΔP_i) para un valor de aceleración normalizada del terreno (A).

Para cada uno de los cinco estados de daño definidos (Sin Daño, Leve, Moderado, Severo y Completo), se generaron 4 curvas, cada una representando su probabilidad de ocurrencia (plasmado en el eje Y) para diferentes valores de aceleración del terreno (plasmados en el eje X).

3.5.6.3.1 Valores medios de aceleración normalizada

Para la obtención de las variables del eje X, se calculó A_i para los cuatro estados de daño, con la siguiente expresión:

$$\bar{A}_i = \frac{u_i}{C_0 C_1(\bar{A}_i) C_2(\bar{A}_i) C_3 f(T_e) g \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

U_i = Desplazamientos asociados a cada límite de daño. Ver tabla 3.9

C_0 = Factor de corrección que correlaciona el desplazamiento del último piso con el de un sistema de un grado de libertad.

C_1 = Factor de corrección que correlaciona el máximo desplazamiento del sistema inelástico con el del sistema elástico.

C_2 = Factor de corrección que representa el efecto de la degradación de rigidez y de resistencia y el estrangulamiento de las curvas fuerza-deformación.

C_3 = Factor de corrección para representar los efectos $P-\Delta$ dinámicos.

$F(T_e)$ = Factor que representa la forma espectral utilizada para caracterizar la respuesta sísmica en el sitio de la escuela. se utilizará la forma espectral de la norma COVENIN (2001).

g = Aceleración de gravedad

T_e = Periodo efectivo. Ver tabla 3.5.

3.5.6.3.2 Aceleración de gravedad y factor $F(T_e)$

La aceleración de gravedad fue tomada de la siguiente manera:

$$g = 981 \frac{cm}{seg^2}$$

El Factor que representa la forma espectral fue tomada de la siguiente manera para un suelo S3:

$$F(T_e) = 3$$

3.5.6.3.3 Factor de corrección C_i

En la tabla 3.11, se encuentran las Condiciones para obtener los Factores de corrección C_0 , C_1 , C_2 y C_3 .

Tabla 3.11. Condiciones para Factores de corrección C_0 , C_1 , C_2 y C_3 .

Factor	Expresión
C_0	α_1 (ver tabla tal)
C_1	Para: $0.2 \leq T_e \leq 1$ $C_1 = 1 + \frac{R-1}{b \cdot T_e^2}$ $R = \frac{s_a(T_e)/g}{V_y/W} \cdot C_m$
C_2	Para: $T_e > 0.7$
C_3	Para: $N \leq 4$

Fuente: Arena, C. (2025)

Donde:

- R = cociente entre la demanda elástica y la capacidad, en términos de la fuerza cortante basal a nivel cedente.

- $b = 130, 90$ y 60 para roca sana, suelo muy duro y suelo denso, respectivamente. Según las características del suelo optamos por suelo denso.
- $S_a(T_e)$ = aceleración espectral del sistema elástico equivalente de período efectivo T_e y amortiguamiento de 5%.
- g = aceleración de gravedad
- V_y/W = Capacidad resistente a nivel cedente. Ver ecuación 3.1.
- C_m = Fracción de la masa participativa en el modo fundamental para la cual adoptamos los valores de μ_0 , que para efectos de este trabajo es el parámetro β_1 . Ver tabla 3.5

3.5.6.3.4 Factor C_1

Para hallar este factor se utilizaron las expresiones mencionadas en la tabla 3.11. Para dicha expresión se conocían todas las variables menos aceleración espectral ($S_a(T_e)$) la cual se encontró con la ayuda del programa ETABS.

Para obtener la aceleración espectral, se estableció un espectro de diseño representado en una gráfica, de la cual se extrajo el valor requerido. Para esto se utilizó la herramienta *Define>>Función>>Response Spectrum>>Add New Function* para la norma Venezuela COVENIN 1756-2:2001.

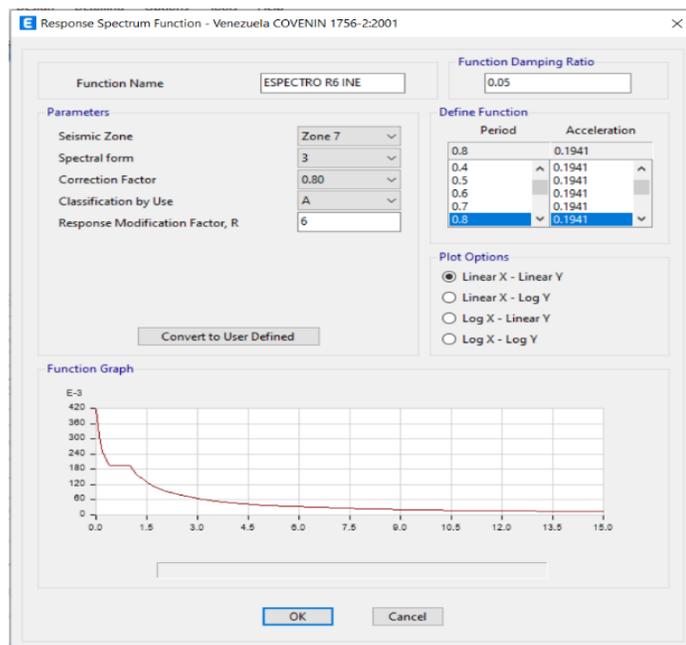
Luego se establecieron los parámetros definidos en la norma COVENIN 1756-2:2001, expresados en la tabla 3.12, generando la curva que se muestra en la figura 3.9.

Tabla 3.12. Parámetros del espectro de diseño usados en el programa ETABS.

Parámetros	
Zona sísmica	7
Forma espectral	3
Factor de corrección	0.8
Clasificación por su uso	A
Factor de modificación de respuesta	6

Fuente: Arena, C. (2025)

Figura 3.9. Espectro de diseño con ETABS



Fuente: ETABS

El valor de aceleración espectral requerido era para un valor de periodo efectivo (T_e) de 0.79. En la figura 3.9 se muestra que para un valor de periodo 0.7 y 0.8, el valor de aceleración es 0.1941, por ende, no fue necesario interpolar y se usó el mismo valor.

Luego de definir todas las variables necesarias, mostradas en la tabla 3.13, se procedió a introducir los valores en las expresiones antes mencionadas para obtener el resultado de C_1 . Los valores de todos los coeficientes se muestran en la tabla 3.14.

Tabla 3.13. Variables de factor C_1

Variable	Valor
b	60
$S_a(T_e)$	0.1941
g	981
V_y/W	0.17767
C_m	0.93

Fuente: Arena, C. (2025)

Tabla 3.14. Factores de corrección C_0 , C_1 , C_2 y C_3 .

Factor	Valor
C_0	$C_0 = 1.2$
C_1	$C_1 = 0.9733$
C_2	$C_2 = 1$
C_3	$C_3 = 1$

Fuente: Arena, C. (2025)

3.5.6.3.5 Valores medios de aceleración normalizada para cada desplazamiento

Una vez definidos todas las variables de la ecuación 3.6, se procedió a estimar los valores medios de aceleración normalizada a partir de los desplazamientos para cada estado de daño. Los valores se muestran en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Valores medios de aceleración normalizada

i	U _i	A _i
1	2.4887	0.357784
2	3.5553	0.402953
3	10.666	0.581159
4	31.998	0.838177

Fuente: Arena, C. (2025)

3.5.6.3.6 Probabilidad de excedencia

La probabilidad de que el daño en la estructura alcance o supere un estado de daño, condicionada a la ocurrencia de un valor de aceleración normalizada, viene dada por la siguiente expresión:

$$P[d \geq i/A] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{A_i}} \ln \left(\frac{A}{A_i} \right) \right]$$

Ec. 3.6

Donde:

Φ = función de distribución normal estándar acumulada.

A = aceleración horizontal del terreno dividida entre g, denominada aceleración normalizada, siendo g la aceleración de gravedad. Esta se encuentra en la norma COVENIN 1756-1:2019 como A_0 y su valor viene dado por coordenadas. Ver figura 3.10

A_i = valor medio asociado con el inicio del estado de daño. Ver tabla 3.15

β_{Ai} = desviación estándar del logaritmo natural de A, para cada estado de daño. Ver tabla 3.16.

3.5.6.3.7 Variables

3.5.6.3.7.1 Aceleración normalizada

A diferencia de los valores dados en la norma COVENIN 1756-2:2001, los cuales se dan en tablas, en la norma COVENIN 1756-1:2019, los valores vienen dados por coordenadas. Para esto, y con la ayuda del programa de diseño CANVA, se hizo coincidir el mapa de la zona a trabajar, mostrando la ubicación de la edificación, con las curvas dadas en la norma 1756-1:2019. Ver figura 3.10.

Figura 3.10. Sobreposición de curvas con valores de A_0 dadas en la norma COVENIN 1756-1:2019, con mapa de ubicación.



Fuente: Arena, C. (2025), extraído de la norma COVENIN 1756-1:2019, adaptado en Canva.

El valor adoptado para A , es $A_0 = 0.54$.

3.5.6.3.7 Desviación estándar

Para los valores de β_{Ai} fue necesario consultar la tabla 3.16, mostrada a continuación.

Tabla 3.16. Valores adoptados de β_{Ai} para cada estado de daño.

Escuelas	1) Leve	2) Moderado	3) Severo	4) Completo
Diseñada con Normas	0,40	0,45	0,50	0,60
Rural	0,50	0,55	0,60	0,70

Fuente: G. Coronel, & O. Lopez (2012)

3.5.6.3.7.3 Valores de probabilidad de excedencia

Según las variables dadas de la ecuación 3.6, las probabilidades son las mostradas en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Probabilidad de excedencia para cada estado de daño

probabilidad	
$P[d \geq 1/A=0.54]$	85%
$P[d \geq 2/A=0.54]$	74%
$P[d \geq 3/A=0.54]$	44%
$P[d \geq 4/A=0.54]$	23%

Fuente: Arena, C. (2025)

3.5.6.3.8 Grafica curva de fragilidad con Excel

Para esta grafica fue necesario generar más puntos para cada curva de cada estado de daño, por lo cual se creó un rango para el valor de A, que incluyera todos los valores de A_i .

Para $A = 0.54$

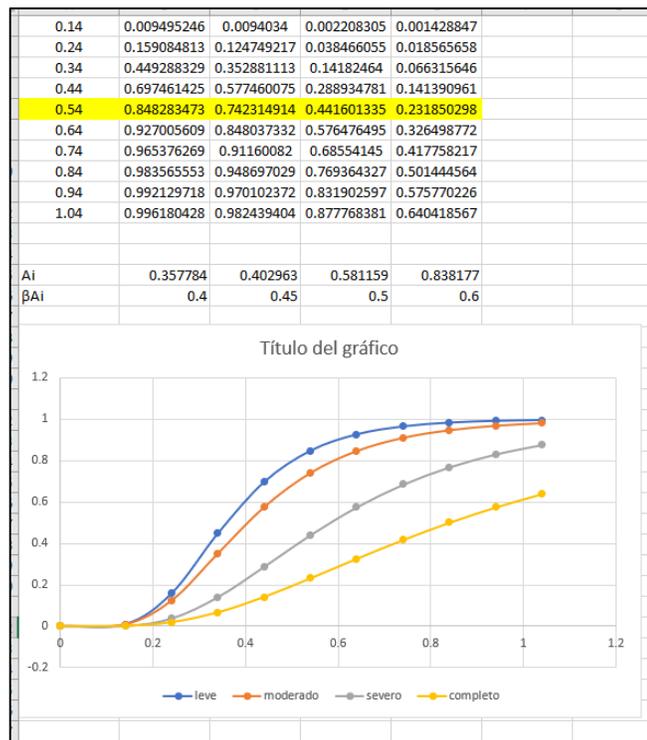
Rango = A desde 0.14 a 1.04

Incremento = 0.1

Luego se elaboró una tabla en Excel. la primera fila fue de los encabezados. En la primera celda se ubicó la aceleración (A) y en las otras cuatro celdas se colocaron los nombres dados a cada estado de daño (leve, moderado, severo y completo).

En la primera columna, se colocaron los valores del rango de aceleración normalizada previamente definido. Para cada estado de daño se aplicó la ecuación 3.6, sustituyendo en A , cada valor del rango definido, manteniendo los valores de A_i y β_{Ai} . Una vez completada la tabla, se seleccionó completa y nos dirigimos a la herramienta *Insertar>>Gráficos>>Gráfico de dispersión o burbujas>>Dispersión con líneas suavizadas y marcadores*. (Ver figura 3.11)

Figura 3.11. Curvas de fragilidad en Excel



Fuente: Arena, C. (2025) extraído de Excel.

Una vez obtenida la gráfica, se editó la imagen para representar en ella los valores de los parámetros correspondientes.

3.5.7 Determinación de los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad.

Para establecer el nivel de riesgo de la estructura, se diseñó una matriz que considera las siguientes variables clave: Antigüedad, Vulnerabilidad, Índice de Pérdida y Zona Sísmica. A cada una de estas variables se le asignó un rango, y cada rango se relacionó con un puntaje numérico de 1 a 3, donde 1 corresponde a un nivel bajo de riesgo, 2 a un nivel medio y 3 a un nivel alto, tal como se detalla en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Matriz para determinación de nivel de riesgo.

Variable	Baja (1)	Medio (2)	Alto (3)
Antigüedad	1-10	11-30	>30
Vulnerabilidad	Nulo-leve	moderado	Severo-completo
Índice de Pérdida	0-20	21-50	>50
Zona Sísmica	0-2	3-4	≥5

Fuente: Arena, C. (2025)

Donde un rango de resultados de 4-5, correspondería a un nivel de riesgo bajo, de 6-9 a un nivel de riesgo medio y de 10-12 un nivel alto.

Conociendo las variables antigüedad, vulnerabilidad y zona sísmica, solo faltaba el índice de pérdida, el cual se calculó con la siguiente expresión:

$$I_p = \sum_{i=0}^4 \Delta P_i \cdot F_i$$

Ec. 3.7

Donde:

ΔP_i = Probabilidad de ocurrencia de un daño específico. (Ver grafica 4.3)

F_i = Factor de perdida. (Ver tabla 3.7)

Una vez identificadas las variables, y sustituyéndolas en la ecuación 3.7, el resultado es el siguiente:

$$I_p = 37\%$$

Obtenidas todas las variables, se procedió a ubicar sus valores en los rangos establecidos para obtener los resultados de la matriz.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis y la presentación de los resultados obtenidos en la elaboración de este proyecto, lo cual permitió dar respuestas a cada uno de los objetivos planteados.

4.1 Diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentran los elementos estructurales y no estructurales de la edificación

El Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre", se encuentra ubicado en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, específicamente en la intercepción de las calles Badaracco Bermúdez y Puntales, diagonal al castillo San Antonio de la Eminencia. ver imágenes en anexos.

Es una edificación aporticada de concreto reforzado, constituida por tres (3) niveles en su totalidad, con alturas de entrepiso de 3,10 m en los niveles 1 y 2, y 3,05m en el nivel de techo, y losas nervadas en una dirección de 25cm de espesor.

Cuenta con 7 vanos en la dirección longitudinal de 7,20 m de longitud cada uno, y 5 vanos en la dirección transversal, de longitudes 7,20m y 3,60m.

4.1.1 Elementos estructurales

De los elementos estructurales del Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre", se pudo observar que:

4.1.1.1 Columnas

La edificación cuenta con columnas de dimensión 40x40cm, todas por igual, distribuidas como se muestra en la figura 4.1, presentando un grado de deterioro moderado de tal manera, que se evidencia la exposición y corrosión en acero de refuerzo (ver figura 4,2) y agrietamiento del concreto (ver figura 4,3). Además, se detectó presencia de columna corta. (ver figura 4,4).

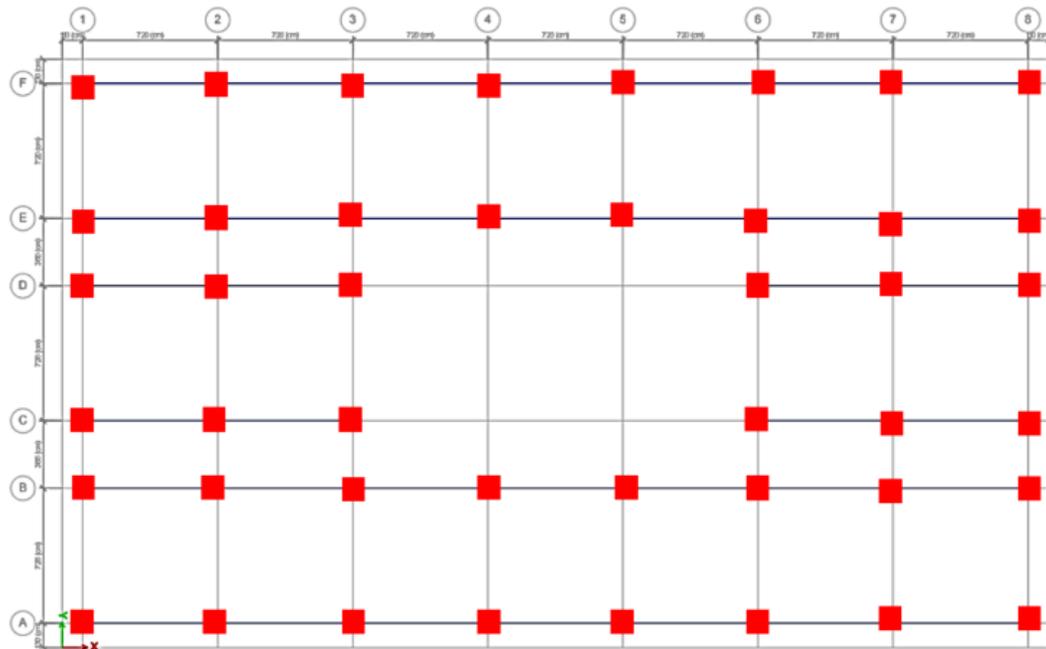


Figura 4.1. Distribución de columna

Fuente: Arena, C. (2025)



Figura 4.2. Exposición y corrosión en acero de refuerzo en la columna D8
Fuente: Arena, C. (2025)



Figura 4.3. Agrietamiento del concreto en la columna E8
Fuente: Arena, C. (2025)



Figura 4.4. Presencia de columnas cortas. Ubicadas en las caras laterales de la edificación.

Fuente: Arena, C. (2025)

4.1.1.2 Vigas

El edificio posee una irregularidad muy notoria como lo es la ausencia de vigas altas en la dirección transversal. Las vigas observadas en dirección longitudinal tienen una dimensión de 40x70cm, y están distribuidas como se muestra en la figura 4.4.

Con respecto a las vigas ausentes visualmente, según la información recopilada de otros trabajos de investigación de estructuras similares, se determinó que en ese sentido tienen vigas planas de dimensión 50x25cm y distribuidas como se muestra en la figura 4.5.

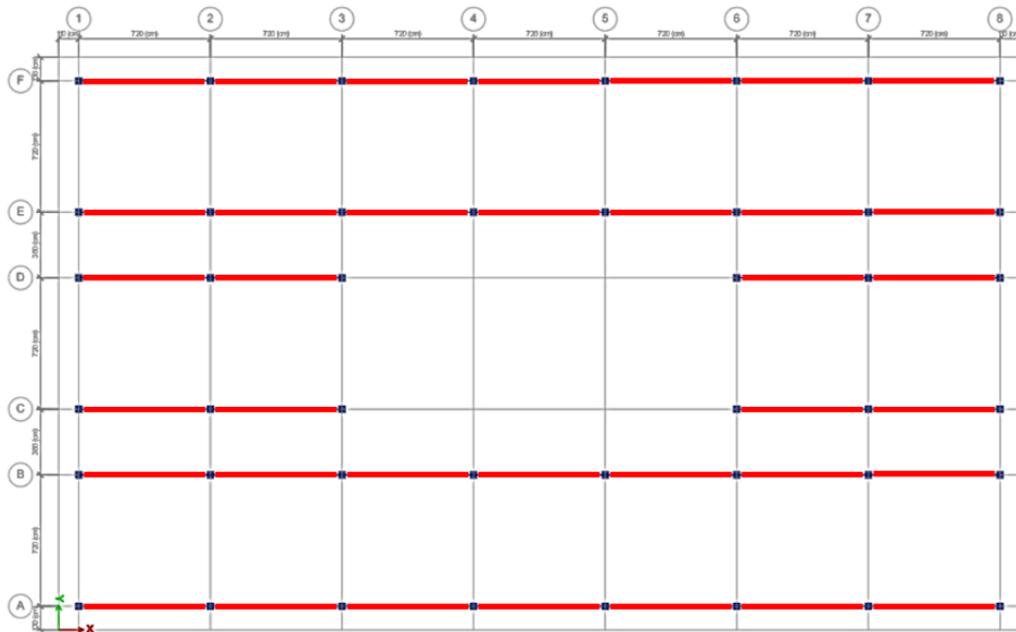


Figura 4.5. Distribución de vigas altas en los entrepisos y techo

Fuente: Arena, C. (2025)

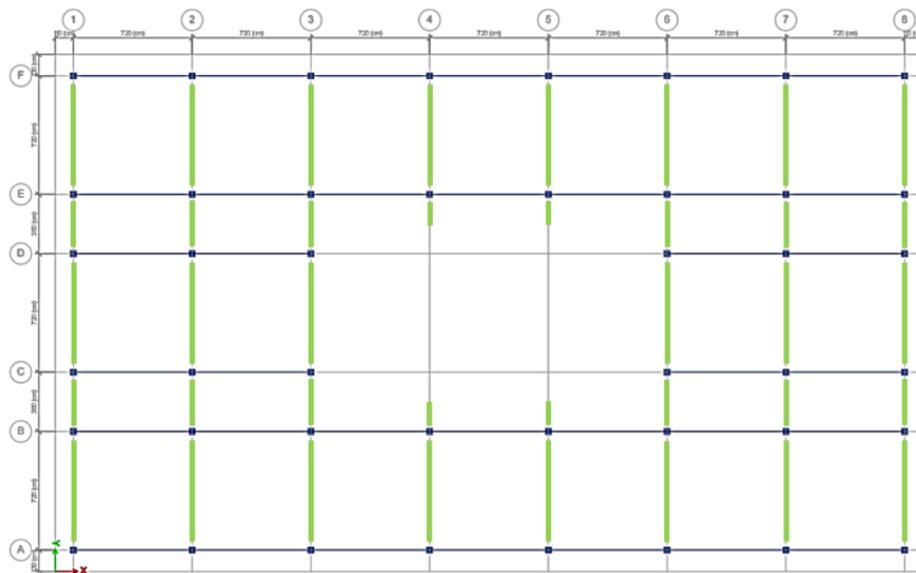


Figura 4.6. Distribución de vigas bajas en los entrepisos y techo

Fuente: Arena, C. (2025)

También, en algunos de estos elementos se evidenció agrietamiento de manera superficial. Asimismo, se detectó humedad por filtración (Ver figura 4.7).



Figura 4.7. Humedad por filtración de la viga alta

Fuente: Arena, C. (2025)

4.1.1.3 Muros:

La estructura cuenta con muros de concreto (antepechos) que bordean el agujero central de la edificación, en el nivel 1 y 2. Estos se encuentran en condiciones aceptables. (Ver figura 4.8)



Figura 4.8. muros de concreto (antepechos)

Fuente: Arena, C. (2025)

4.1.1.4 Losas de entepiso y techo

Se observó un gran deterioro por humedad en la losa de techo, por problema de filtraciones (Ver figura 4.9).

Las losas de piso de la edificación son nervadas de 25 cm de espesor, aligeradas con bloques de arcilla, armadas en dirección Y. A su vez, existe la presencia de un nervio transversal, bordeando el agujero central de la edificación, en los niveles 1 y 2.



Figura 4.9. Humedad por filtración en la losa de techo
Fuente: Arena, C. (2025)

4.1.1.5 Escaleras

Estas estructuras ubicadas internamente, cuentan con dos (2) tramos de diez (10) escalones, separados por un descanso. Se encuentran aparentemente en óptimas condiciones (Ver figura 4.10).



Figura 4.10. Condiciones de la escalera
Fuente: Arena, C. (2025)

4.1.2 Elementos No Estructurales

4.1.2.1 Paredes

La tabiquería existente en la edificación no solo contribuye a la división de espacios, sino también a la ventilación adecuada dentro del edificio, siendo las paredes exteriores en su mayoría de bloques de ventilación, los cuales presentan deterioro por desgaste por el tiempo de la mampostería.

Las paredes exteriores que no están conformadas por bloques de ventilación, muestran gran signo de deterioro, en su mayoría presentan agrietamiento, presencia de moho y filtraciones. (Ver figura 4.11)



Figura 4.11. Humedad y agrietamiento en la pared.

Fuente: Arena, C. (2025)

Al analizar el estado de cada uno de estos elementos que conforman la edificación del Liceo Bolivariano” José Antonio Ramos sucre”, se deduce que la estructura se ha ido deteriorando paulatinamente con el tiempo por la falta de mantenimiento.

4.2 Clasificación de la tipología estructural que posee la edificación de acuerdo a lo establecido en la norma Funvisis 2018

La tipología estructural presente en el liceo Bolivariano José Antonio Ramos Sucre, se clasifica según Funvisis en: pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto, como se muestra en la figura 4,12.

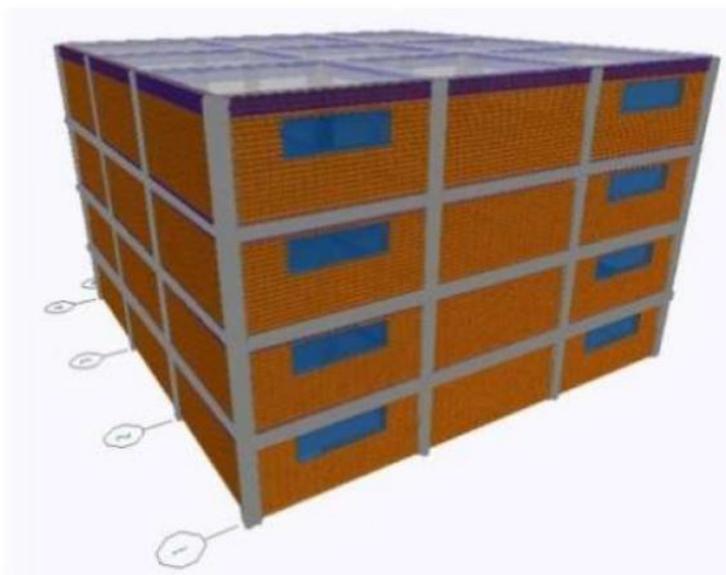


Figura 4.12. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto.

Fuente: FUNVISIS (2014)

Y a su vez el esquema de planta que posee la estructura es de tipo cajón, como se muestra en la figura 4.13 y 4.14.

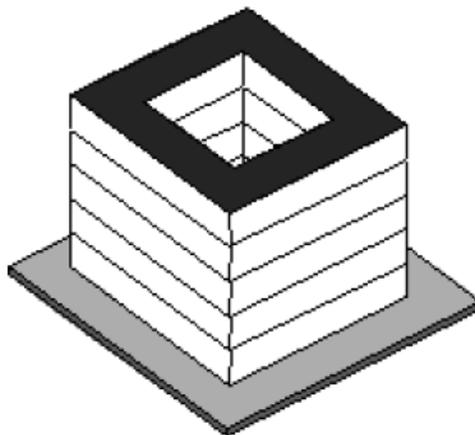


Figura 4.13. Esquema en planta en forma cajón

Fuente: FUNVISIS (2014)

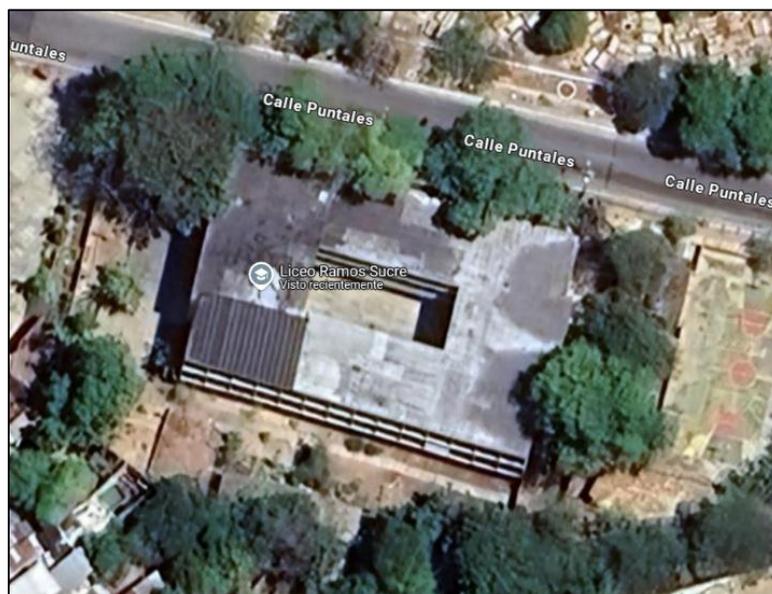


Figura 4.14. Vista satelital del L.B. "José Antonio Ramos Sucre"

Fuente: Google. (s.f.). [L.B. "José Antonio Ramos Sucre"]. Recuperado el 1 de marzo de 2025 de https://www.google.com/maps/@10.461609,-64.1701212,91m/data=!3m1!1e3!5m1!1e1?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDIyNi4xIKXMDSOjLDEwMjExNDUzSAFQAw%3D%3D

4.3 Elaboración de los planos con la distribución actual de los espacios de la edificación del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”.

En la figura 4.15, 4.16, 4.17 Y 4.18, se muestran los planos de planta baja, nivel 1, nivel 2 y techo, respectivamente, con la distribución de sus espacios.

En los anexos se puede apreciar los planos con su respectiva identificación.



Figura 4.15. Plano de planta baja.

Fuente: Arena, C. (2025). Extraído de AUTOCAD y modificado en PowerPoint

Tal como se puede apreciar en la figura. 4.15, que corresponde a la planta baja del edificio, este nivel contiene una distribución de áreas de

servicios representadas de la siguiente manera: 3 oficinas de dirección subdirección de la edificación, 7 salones de clases, 4 baños (2 de damas y 2 de caballeros), la cocina de la escuela, dos depósitos y 7 oficinas.

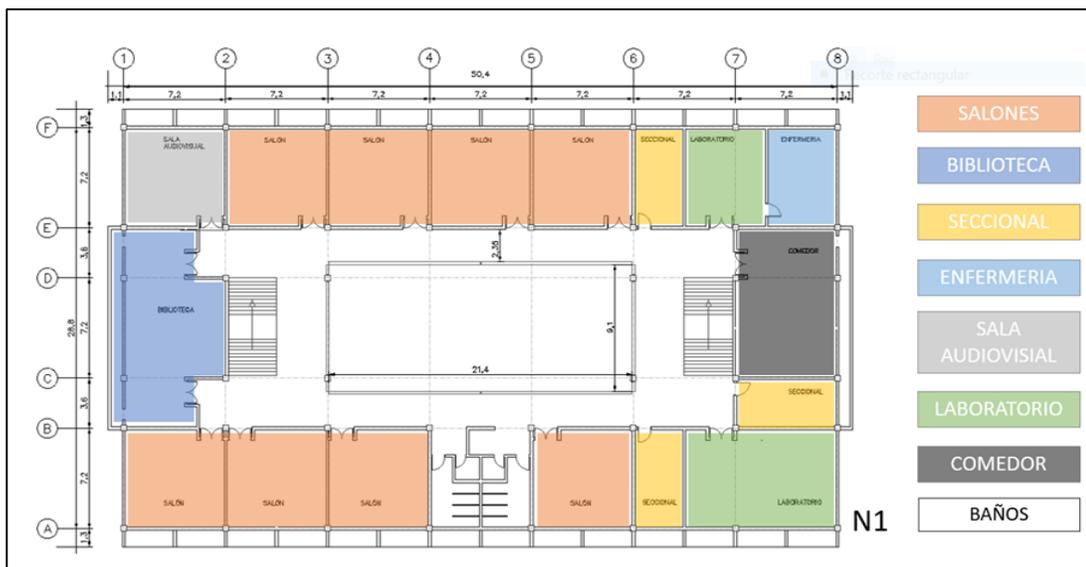


Figura 4.16. Plano del Nivel 1

Fuente: Arena, C. (2025). Extraído de AUTOCAD y modificado en PowerPoint

Se puede observar en el nivel 1, que los espacios están distribuidos en su mayoría por salones de clases (8 en total); seccionales 3, baños 4 (2 de damas y 2 de caballeros) y un consultorio, conformada por una enfermería y el departamento de orientación de la escuela, el comedor, dos Laboratorios, una biblioteca y una (1) sala audiovisual.

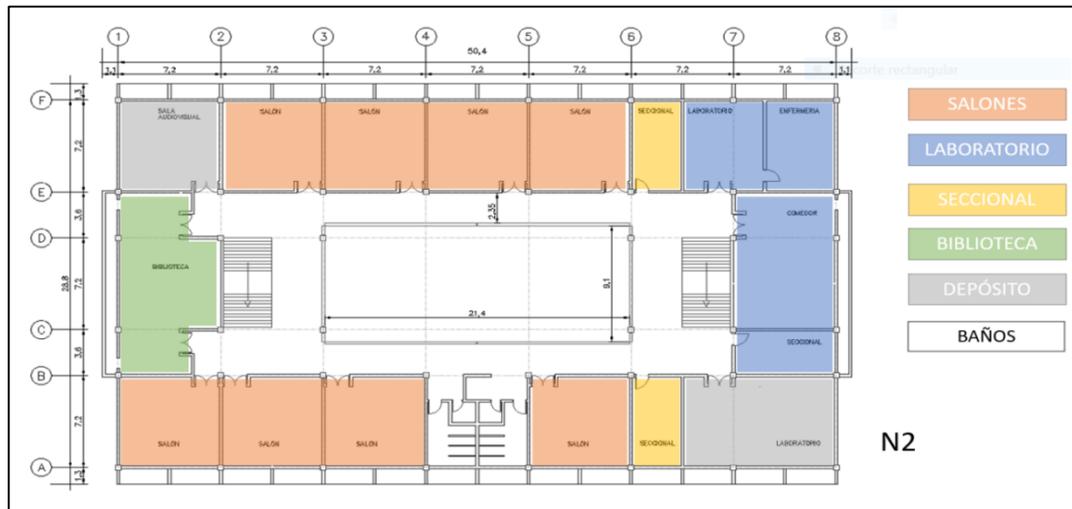


Figura 4.17. Plano del nivel 2

Fuente: Arena, C. (2025). Extraído de AUTOCAD y modificado en PowerPoint

En esta figura 4.17, se presenta el nivel 2, estructurado por ocho salones, dos laboratorios, dos seccionales, dos depósitos, una biblioteca y cuatro baños.

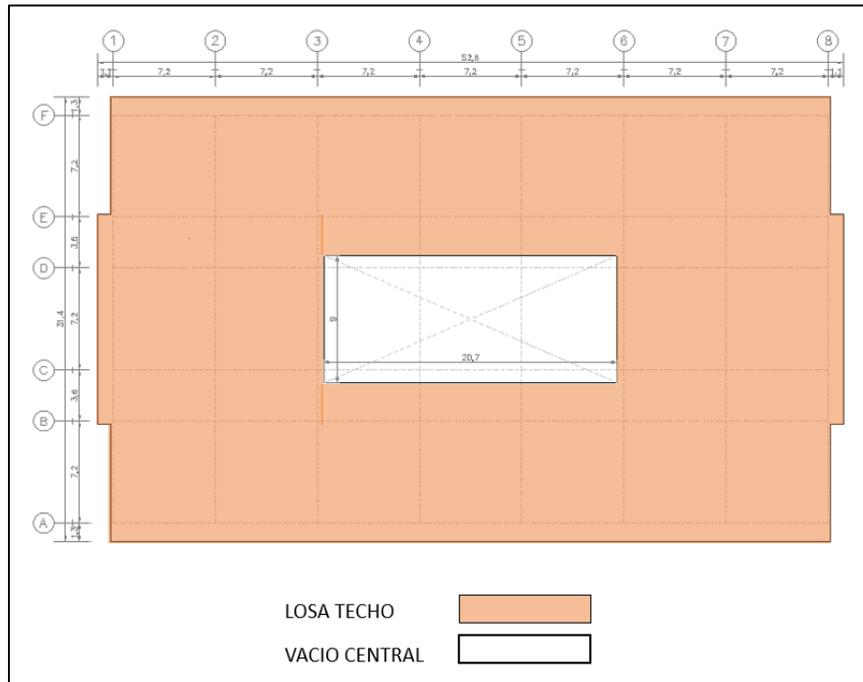


Figura 4.18. Plano del nivel techo.

Fuente: Arena, C. (2025). Extraído de AUTOCAD y modificado en PowerPoint.

En la figura 4.18, se muestra el plano del nivel techo. En este plano se puede apreciar de mejor manera las dimensiones de las losas, a excepción del agujero central, ya que este es un poco más pequeño que las otras dos losas de entrepiso.

4.4 Identificación de los factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación, requeridos en la aplicación de la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela, tomando en cuenta la ubicación geográfica, la historia de sismicidad en la zona, la antigüedad de la edificación, el uso de la misma y el número de pisos.

En la tabla 4.1, se aprecia los factores que toman en cuenta para las amenazas sísmica que enfrenta la edificación.

Tabla 4.1. Factores de amenaza sísmica que enfrenta la edificación

factores de amenaza sísmica		Variable	Fuente
Ubicación Geográfica	Zona sísmica	Zona 7	COVENIN 1756-2001
	Forma espectral	S3	
Año de construcción	Antigüedad	49 años	Revisión Documental
	Norma de construcción	MOP1967	
Edificación	Estructura	Aporticada	COVENIN 1756-2019 & Revisión Documental
	Niveles	3	
	Uso	A1	

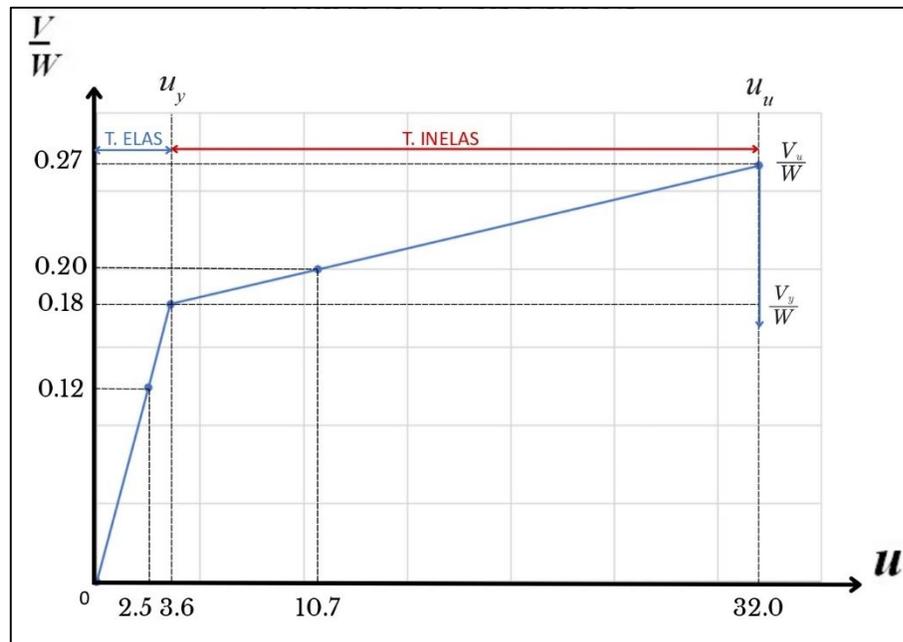
Fuente: Arena, C. (2025)

Por consiguiente, el Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” enfrenta un conjunto de amenazas sísmicas significativas, derivados de su ubicación en una zona 7 de alta peligrosidad sísmica, su antigüedad, el número de estudiantes a atender y su estructura de varios pisos.

4.5 Construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, aplicando la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones escolares de Venezuela.

A continuación, se muestra la curva de capacidad, que expresa los desplazamientos del edificio según su capacidad resistente (ver grafica 4.1).

Gráfica 4.1. Curva de capacidad



Fuente: Arena, C. (2025)

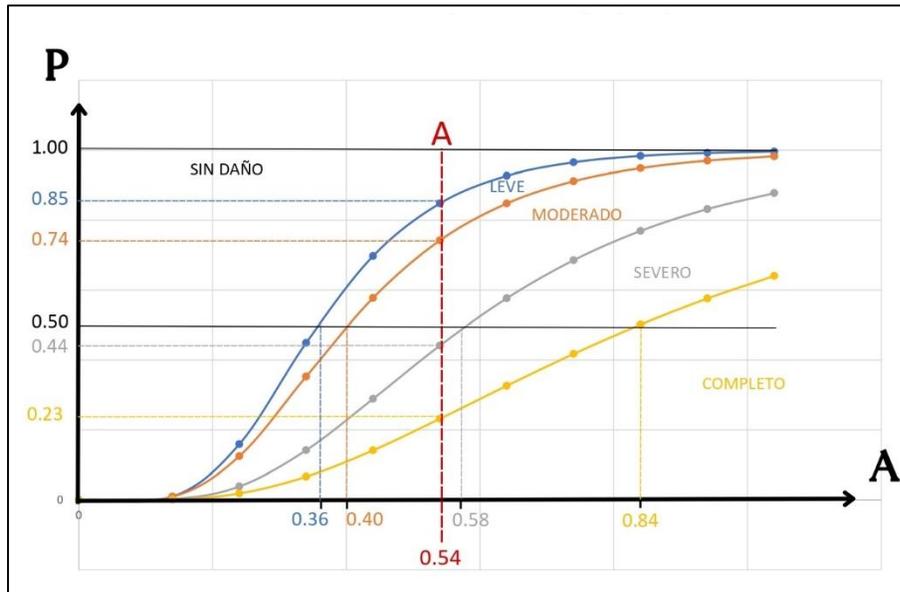
La Gráfica 4.1 ilustra la curva de capacidad sísmica de la estructura, reflejando su respuesta a la carga lateral tanto en un comportamiento elástico inicial y un comportamiento inelástico posterior. En la fase elástica, que se extiende desde un desplazamiento nulo hasta aproximadamente 0.036 m (o 3.6 cm) en el eje horizontal, las deformaciones son directamente proporcionales a las fuerzas aplicadas, donde la estructura recuperaría su

forma original si la carga sísmica cesara, sin sufrir daños permanentes significativos en sus elementos estructurales y manteniendo su estabilidad.

Sin embargo, al superar el valor de la capacidad resistente de cedencia ($V/W = 0.18$) en el eje vertical (correspondiente al desplazamiento de 0.036 m), la estructura entra en la fase inelástica. Este punto marca el inicio de la plastificación o fluencia de los elementos estructurales. A partir de aquí, la Gráfica 4.1 muestra cómo un ligero aumento en la capacidad resistente resulta en un aumento considerable de la deformación en el techo. Este comportamiento inelástico implica que la estructura comienza a sufrir daños permanentes (fisuración, fluencia del acero), lo que reduce su rigidez efectiva, pero le permite absorber la energía sísmica sin colapsar de inmediato.

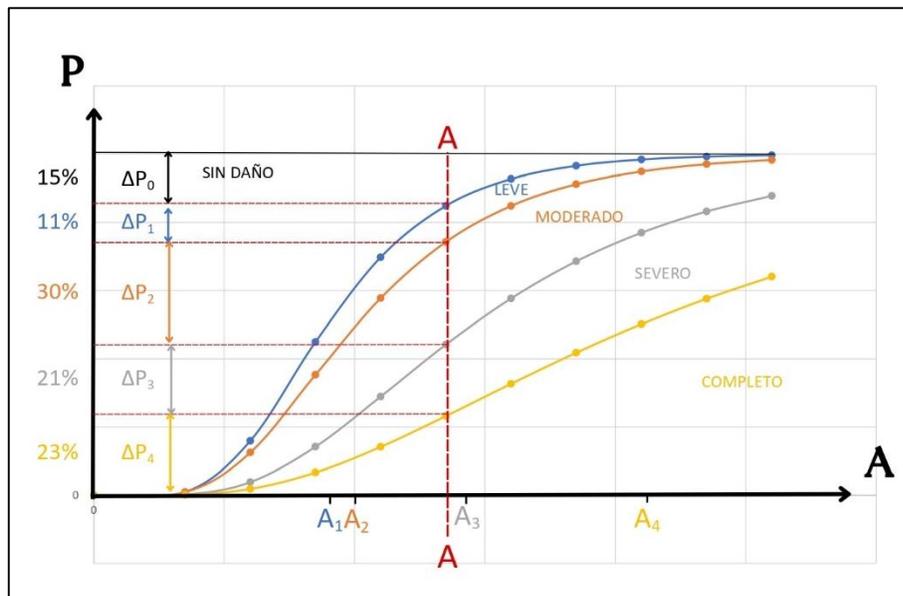
Adicionalmente se detalla en las gráficas 4.2 y 4.3, las probabilidades que tiene el edificio en estudio de sufrir un estado de daño (leve, moderado, severo y completo).

Gráfica 4.2. Curva de fragilidad (probabilidad de excedencia)



Fuente: Arena, C. (2025)

Gráfica 4.3. Curva de fragilidad (probabilidad de ocurrencia)



Fuente: Arena, C. (2025)

La Gráfica 4.2 ilustra la probabilidad de alcanzar o exceder cada estado de daño, representada por líneas de diferentes colores en función de una aceleración del terreno dada. Para un valor de aceleración de 0.54, se observan las siguientes probabilidades de ocurrencia de estos estados: 85% para daño leve, 74% para daño moderado, 44% para daño severo y 23% para daño completo. Por su parte, la Gráfica 4.3 muestra la probabilidad específica del estado de daño en el que la estructura incursionará.

Interpretando los valores de (ΔP_i), tenemos que:

- Daño Leve ($\Delta P_1=11\%$): Hay una baja probabilidad de que el daño se limite a ser leve, implicando que es muy probable que se superen este nivel de daño.
- Daño Moderado ($\Delta P_2=30\%$): Existe una alta probabilidad de que la estructura incurra específicamente en un estado de daño moderado. Aunque los daños estructurales no sean catastróficos, se esperarían agrietamientos considerables en los elementos.
- Daño Severo ($\Delta P_3=21\%$): La probabilidad de alcanzar un estado de daño severo es moderada. Esta situación, si bien no es alarmante, tampoco debe subestimarse.
- Daño Completo ($\Delta P_4=23\%$): Existe una probabilidad similarmente moderada de que la estructura alcance un estado de daño completo. Esta situación es alarmante, ya que implica daños irreversibles y riesgo de colapso, subrayando la importancia de medidas preventivas.

Considerando estos resultados, y enfocándose en la probabilidad de excedencia del daño moderado del 74% (Gráfica 4.2), se puede afirmar que la estructura tiene una alta vulnerabilidad a sufrir al menos daños moderados ante una aceleración del terreno de 0.54g.

Luego de esta interpretación, y tomando en cuenta el valor más alto de ΔP_i , ($\Delta P_2=30\%$), señalando un 74% de probabilidad de alcanzar el estado de daño 2, podemos afirmar que la estructura tiene una alta vulnerabilidad a sufrir al menos daños moderados ante una aceleración del terreno de 0.54g.

4.6 Determinación de los niveles de riesgos ante amenaza sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” mediante el uso de las curvas de fragilidad

En la tabla 4.2 se encuentra la matriz con la asignación de puntos para establecer el nivel de riesgo.

Tabla 4.2. Puntuación de nivel de riesgo

Variable	Baja (1)	Medio (2)	Alto (3)
Antigüedad	1-10	11-30	>30
Vulnerabilidad	Nulo-leve	moderado	Severo-completo
Índice de Perdida	0-20	21-50	>50
Zona Sísmica	0-2	3-4	≥5
Σ	0	4	6

Fuente: Arena, C. (2025)

Tras la exhaustiva evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, la combinación de las variables analizadas según los rangos establecidos en la tabla 4.2 arroja un resultado final de 10, clasificando el riesgo sísmico de la edificación en un nivel alto. Este resultado se sustenta en la confluencia de los siguientes elementos críticos: su ubicación en la Zona 7 de máxima amenaza sísmica, una antigüedad de 49 años que implica diseño pretérito y posible deterioro, su vulnerabilidad inherente, y un Índice de Pérdida (Ip) del 37%. Este porcentaje sugiere que casi el 40% del valor del edificio podría perderse, indicando una alta probabilidad de daños estructurales graves o colapso parcial. El riesgo potencial para la vida de sus 382 estudiantes y 173 trabajadores subraya la impostergable necesidad de intervención para asegurar la integridad de la comunidad educativa."

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico visual de los elementos estructurales (vigas, columnas, muros, losas y escaleras) y no estructurales (tabiquería) del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” reveló un estado de conservación regular, con evidencia de fisuras menores en elementos no estructurales y deterioro superficial en algunos puntos, pero sin comprometer la integridad estructural aparente en condiciones de servicio.
2. La identificación de factores de amenaza sísmica, tales como zona sísmica 7, 49 años de antigüedad, implementación de la norma MOP1967 en su diseño y construcción con criterios sísmicos menos estrictos, y estructura de 3 niveles y de uso escolar, revela que el Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre”, enfrenta un riesgo significativo. Y no solo incrementan la probabilidad de daños estructurales graves, también expone un elevado número de víctimas y aumenta la posible y considerable interrupción socioeducativa en caso de un sismo.
3. La construcción de las curvas de fragilidad permitió observar que la probabilidad de ocurrencia de un daño moderado en la estructura está directamente condicionada a la magnitud de la aceleración del terreno. Para el caso de estudio, esta aceleración se fijó en 0.54g, valor establecido según la norma COVENIN 1756-1:2019. Sin embargo, y considerando que los movimientos telúricos son eventos intrínsecamente impredecibles, se concluye que un ligero incremento en la intensidad del sismo podría aumentar considerablemente la probabilidad de que el daño alcance o exceda el siguiente nivel en la escala de afectación.

4. El análisis de probabilidades de ocurrencia reveló una preocupante cercanía entre el daño severo (21%) y el completo (23%) a 0.54g. Esto, sumado a la rigidez estructural, falta de ductilidad y deterioro por antigüedad, acelera la progresión del daño. Consecuentemente, un ligero aumento sísmico podría llevar a la edificación a un colapso total.
5. La evaluación del riesgo sísmico, combinando curvas de fragilidad y factores de amenaza, reveló que el Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” presenta un nivel de riesgo alto. Un Índice de Pérdida (Ip) del 37% indica que casi el 40% del valor del edificio podría perderse, señalando una alta probabilidad de daños estructurales graves o colapso parcial.
6. Finalmente, aunque la edificación no se clasifique como inmediatamente propensa al colapso, esta circunstancia no la exime de un riesgo inherente. Si no se implementan medidas preventivas y de mitigación, los daños resultantes de un evento sísmico podrían ser catastróficos, comprometiendo irreversiblemente la estructura y, consecuentemente, la seguridad de sus ocupantes.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios a profundidad del suelo y de los materiales que componen los elementos estructurales.
2. Realizar inspecciones periódicas más detalladas por parte de un ingeniero estructural, especialmente tras eventos sísmicos leves, para monitorear la evolución de las condiciones observadas.
3. Evaluar la vulnerabilidad de los elementos no estructurales e implementar de medidas de reforzamiento para mitigar su riesgo de colapso.
4. Utilizar las curvas de fragilidad como base para futuras evaluaciones de riesgo sísmico en edificaciones escolares de tipologías similares en Venezuela.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2017). *El Proyecto de Investigación*. Guía para la Elaboración. 6ta. Edición Caracas.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS 2018), Requisitos sísmicos para edificios-Norma AIS 100-81, Bogotá,

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, (2017) Comisión Asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (Creada por la Ley 400 de 1997 Disponible en: <https://www.asosismica.org.co/wp-content/uploads/2018/07/ACTA-149> (Consultado: 2024/04/29)

Barón, S. y Delgado, G. (2017) Determinación de los niveles de riesgo sísmico mediante el uso de curvas de fragilidad en edificaciones ubicadas en el sector noreste del Municipio San Diego Edo. Carabobo, Universidad de Carabobo.

Blaikie, P. (2016). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Red de Estudios sociales en prevención de Desastres en América Latina. Documento en línea. Disponible en: <http://www.desenredando.org>. (Consultado: 2024/04/29)

Blandón, J. (2017). Generación de Curvas de Fragilidad y Escenario de Vulnerabilidad Sísmica a partir de Modelos Teóricos e Información Catastral. Ciudad de Medellín. V Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona

Cardona, O. (2020) Proyecto integral de mitigación del riesgo sísmico urbano: Metodologías y Estrategia para su Coordinación y Manejo en Colombia", Revista Geofísica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, No.33, Julio-Diciembre.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes, Parte 1: Articulado, Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Coronel, G. y López, A. (2013). Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 28, N° 2,

Enriquez Porras Junior Rafael (2018) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, Actualizada A La Norma E-030 Tesis de ingeniería Civil. Universidad Señor Sipán. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5497/Enriquez%20Porras%20Junior%20Rafael.pdf?sequence> (Consultado: 2024/04/29)

FEMA (2002). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Second Edition, FEMA 154/March

FUNVISIS, (2014) Índices de priorización de edificios para la gestión del riesgo sísmico. 3ra Versión, Informe Técnico, 002,

FUNVISIS (2018). La investigación sismológica en Venezuela. Documento en Línea. República Bolivariana de Venezuela. Disponible en <http://www.funvisis.org.ve>. (Consultado: 2024, 04/ 15).

Giménez, A. Olavarrieta, M. y Otros (2019). Estudio de la vulnerabilidad sísmica cualitativa en instituciones escolares de concreto armado del Estado Falcón”. Tesis de grado. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5703/570362079004/html/>(Día Consultado: 2024/04/22).

Hernández, J. (2009). Proyecto de Refuerzo Estructural. Adecuación de la Escuela Básica Cristóbal Rojas. Informe Técnico IMME No. 81-04, Caracas.

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI 2006). Estudio para determinar el nivel de vulnerabilidad física ante la posible ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Lima. Perú.

Lee, C., Abou, F., y López, O.(2007) Riesgo sísmico en edificaciones escolares del tipo antiguo II. Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652007000200009(Día de consulta: 2024/04/22)

López, O., Hernández, J. Del Re, G. y Puig, J. (2004). Reducción del riesgo sísmico en escuelas de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2(Día de consulta: 2024/04/22).

Mayorga, C (2021). Caracterización mecánica y modelamiento estructural de un disipador pasivo de energía de tipo arriostamiento de pandeo restringido. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Melone, S. (2002) Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/6226;jsessionid=DDC585683C579CDDDB7744877063>.) (Consultado: 2024/04/22).

Montezuma, D. (2011) Determinación de áreas de riesgo sísmico, Estado Sucre, Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. (Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892011000200002#:~:text=A%20manera%20general%2C%20se%20concluye,posee%20unas%20caract(Consultado:2024/04/16)

Rivas, L. y Terán, A. (2019) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la Institución Educativa Particular “San José School” de la Provincia de Trujillo. Región La Libertad., Perú. Tesis de grado. Universidad César Vallejo.

Safina, S. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona, España.

Salazar, J. y Vélez, I. (2017). Índice de riesgo sísmico urbano. Documento en línea. *Scientia et Technica*. N° 21. 2003. Disponible en: www.utp.edu.co. (Consultado: 2024, abril 16).

Sarria, A. (2015). Ingeniería sísmica. Universidad de los Andes. ECOE ediciones. Bogotá.

Safina S. (2013). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de contribución al riesgo sísmico. Universidad politécnica de Cataluña. Tesis doctoral: España.

Vásquez, R. (2017). Aporte de la red sismológica nacional en la evaluación de la amenaza sísmica de Venezuela. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). Documento en Línea. Disponible en: <http://opsu.sicht.ucv.ve/bvd/pdf/FUNVISIS-Raquel%20vasquez.pdf>. (Consultado: 2024, 04/ 14).

Velásquez, J. (2009). Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas. Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

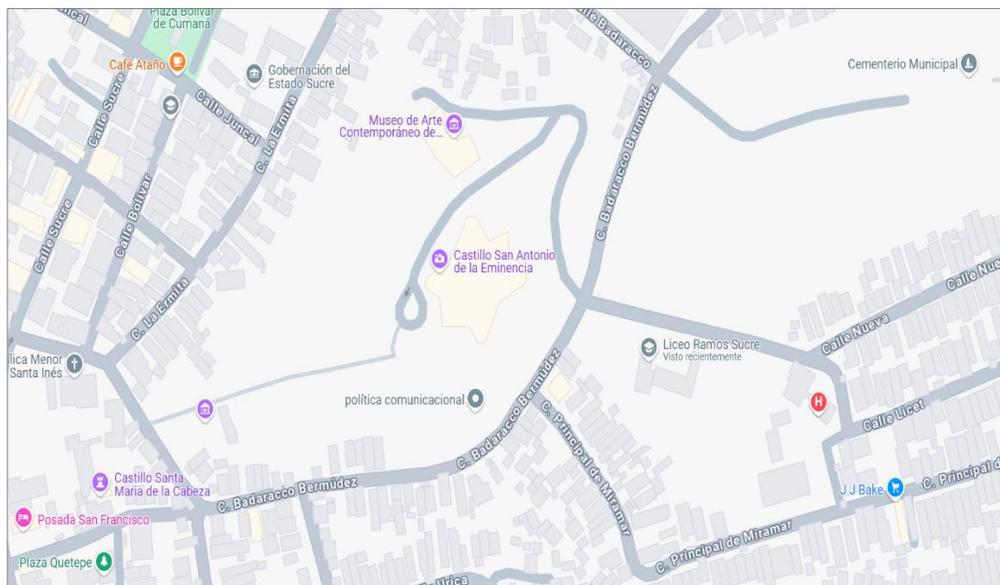
Anexo 1. Planilla de FUNVISIS

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Fundación Venezolana de Investigaciones Sísmológicas (FUNVISIS)	
Versión 062013		G-20007752-2	
PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES (Características Sísmorresistentes)			
1. Datos generales			
1.1 Fecha:	19/04/25	1.2 Hora inicio:	8:00am
		1.3 Hora culminación:	1:00pm
		1.4 Código:	
2. Datos de los participantes			
Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico
2.1 Inspector	Carolina Arca	041248232198	carolinaarca95@gmail.com
2.2 Revisor	Narciso Carreón		
2.3 Supervisor			
3. Datos del entrevistado			
3.1 Relación con la Edif.	3.2 Nombre y apellido	3.3 Teléfono	3.4 Correo Electrónico
	Sub-Dirigente Francisco Lemus	0412-8333778	Francyl772010@hotmail.com
4. Identificación y ubicación de la edificación			
4.1 Nombre o N°:	L.B. José A.P.S	4.2 N° de pisos:	2
4.3 N° de semi-sótanos:	0	4.4 Estado:	Sucumb
4.5 Ciudad:	Cumaná	4.6 Urb., Barrio:	B. Miramar
4.7 Municipio:	Sucumb	4.8 Parroquia:	Sta. Inés
4.9 Sector:	Sta. Inés	4.10 Calle, Vereda:	C. Bolívar
4.11 Pto. de Referencia:	Castillo y Cementerio	4.12 Pto. de Referencia:	
4.13 Proj. UTM (REGVEN)	4.13 Coord. X: -64.17003	4.14 Coord. Y: 10.46153	4.15 Huso: UTC-4
5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)			
<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 checked="" 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
6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)			
6.1 Número de personas que ocupan el inmueble:	520	6.2 Ocupación durante:	<input checked="" type="checkbox"/> Mañana <input checked="" type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noche
7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)			
Año:	1976	<input type="checkbox"/> Antes de 1939	<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947
		<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982	<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955
		<input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998	<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001
		<input type="checkbox"/> Después de 2001	
8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)			
8.1 Edificación en:	<input checked="" type="checkbox"/> Planicie	8.2 Pendiente del terreno:	<input type="checkbox"/> 20° - 45°
	<input type="checkbox"/> Ladera	8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> Base	8.4 Pendiente del talud:	<input type="checkbox"/> 20° - 45°
	<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
8.6 Drenajes:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		
9. Tipo estructural			
9.1 Marque con "x", múltiples opciones:		9.2 Indique el número del tipo estructural predominante: 2	
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	<input type="checkbox"/> 9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos	<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"/> 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sist. tipo túnel)	<input type="checkbox"/> 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada	<input checked="" 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"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares	<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"/> 14. Viviendas de bahareque de un piso
<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero diagonalizados	<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con cerchas	<input type="checkbox"/> 15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)	
10. Esquema de planta (marcar con "x")		11. Esquema de elevación (marcar con "x")	
<input type="checkbox"/> "H"	<input type="checkbox"/> "L"	<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> "U"
<input type="checkbox"/> "T"	<input checked="" type="checkbox"/> Cajón	<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> "L"
<input type="checkbox"/> "U" 6" C"	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Piramidal	<input checked="" type="checkbox"/> Rectangular
<input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> "U"	<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical

<p>Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación Fundación Venezolana de Investigaciones Científicas (FUNVIC) funvisik</p>	
<p>12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)</p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones</p> <p><input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección</p> <p><input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil</p> <p><input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entripiso débil o blando</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas</p> <p><input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes</p>	<p><input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas</p> <p><input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta</p> <p><input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa</p> <p><input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna</p> <p>12.11 Separación entre edificios (cm): _____</p>
<p>13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)</p>	
<p>13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:</p> <p>13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:</p> <p>13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:</p> <p>13.4 Estado general de mantenimiento:</p>	<p><input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Severo</p> <p><input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Severo</p> <p><input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Severo</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Bajo</p>
<p>14. Observaciones</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>15. Croquis de ubicación, fachada y planta</p>	
<p>Croquis de ubicación</p>	<p>Croquis de fachada</p>
<p>Croquis de planta</p>	<p>Fotos a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fachadas - Elementos estructurales - Discontinuidad de elementos - Grietas o fisuras en elementos de concreto - Identificación de la edificación - Losas - Juntas - Aberturas excesivas en planta - Corrosión o deterioro en elementos de acero - Pendiente del terreno - Nodos o conexiones - Asimetría en planta - Talud cercano - Ausencia de vigas altas - Adosamiento - Observaciones o casos especiales - Tipo estructural - Presencia columna corta - Grietas en paredes



Ubicación: Cumaná, estado Sucre, entre calle Badaracco Bermúdez y Puntales



Puntos de referencia: Castillo San Antonio de la Eminencia y cementerio de Cumaná.



Fachada frontal del liceo Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre".



Fachada posterior del liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre".



Fachada lateral derecha del Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre".



Fachada lateral izquierda del Liceo Bolivariano "José Antonio Ramos Sucre".



Patio central



vigas de sección transversal 40x70 cm. Ausencia de vigas en sentido transversal (dirección Y).



Antepedochos. Muros de concreto armado que bordean el agujero central de la edificación en los niveles 2 y 3.



Escalera principal



Escalera secundaria



Losa Techo con deterioro por humedad y desprendimiento de recubrimiento.



Presencia de grietas en columnas



Desprendimiento de recubrimiento en columnas



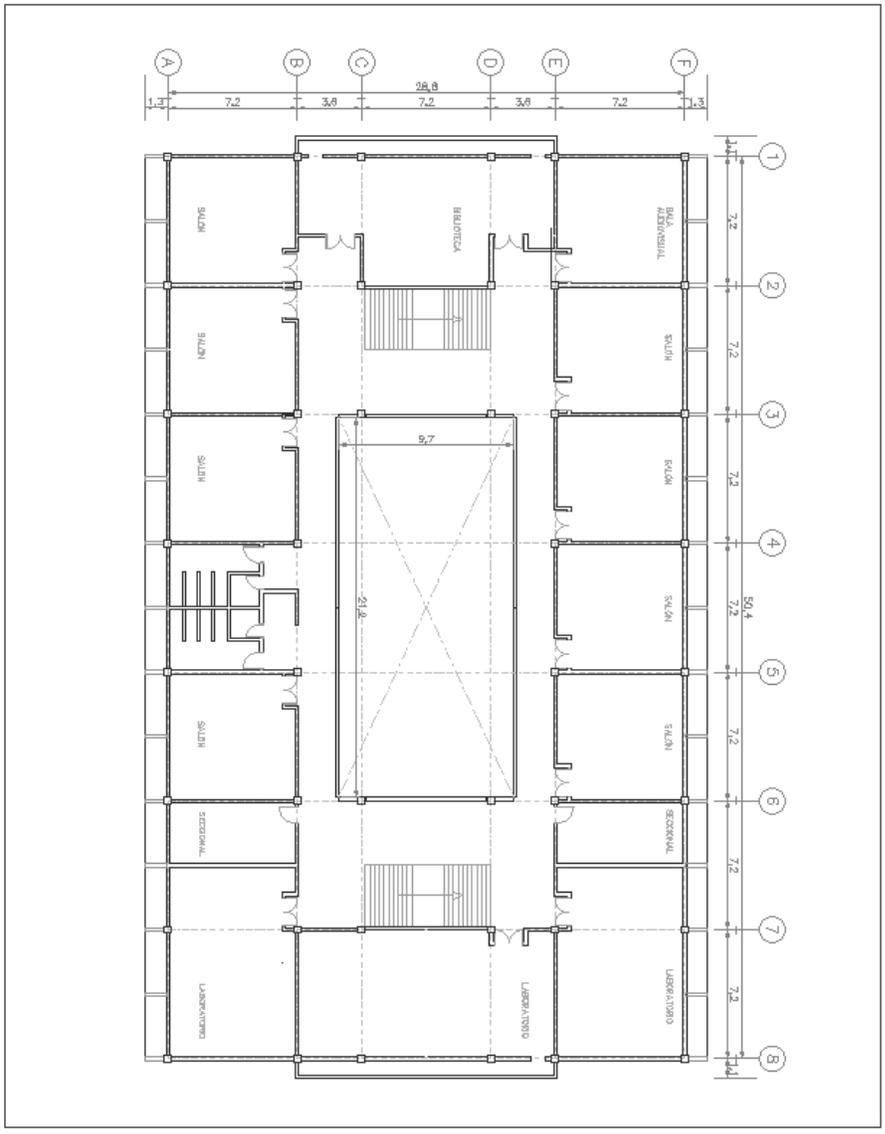
Exposición y corrosión y de acero de refuerzo en columnas.



Bloques de ventilación en paredes laterales.



Presencia de columna corta



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTOR:
 EVALUACION DE LA VIABILIDAD
 FISICA DE EDIFICIO DEL USDO RELACIONADO
 CON EL AREA DE SERVICIOS
 DE SERVICIOS EDUCATIVOS

CONTENIDO:
 VISTA DE PLANTA DE LA DISTRIBUCION
 DE ESPACIO DEL NIVEL 2

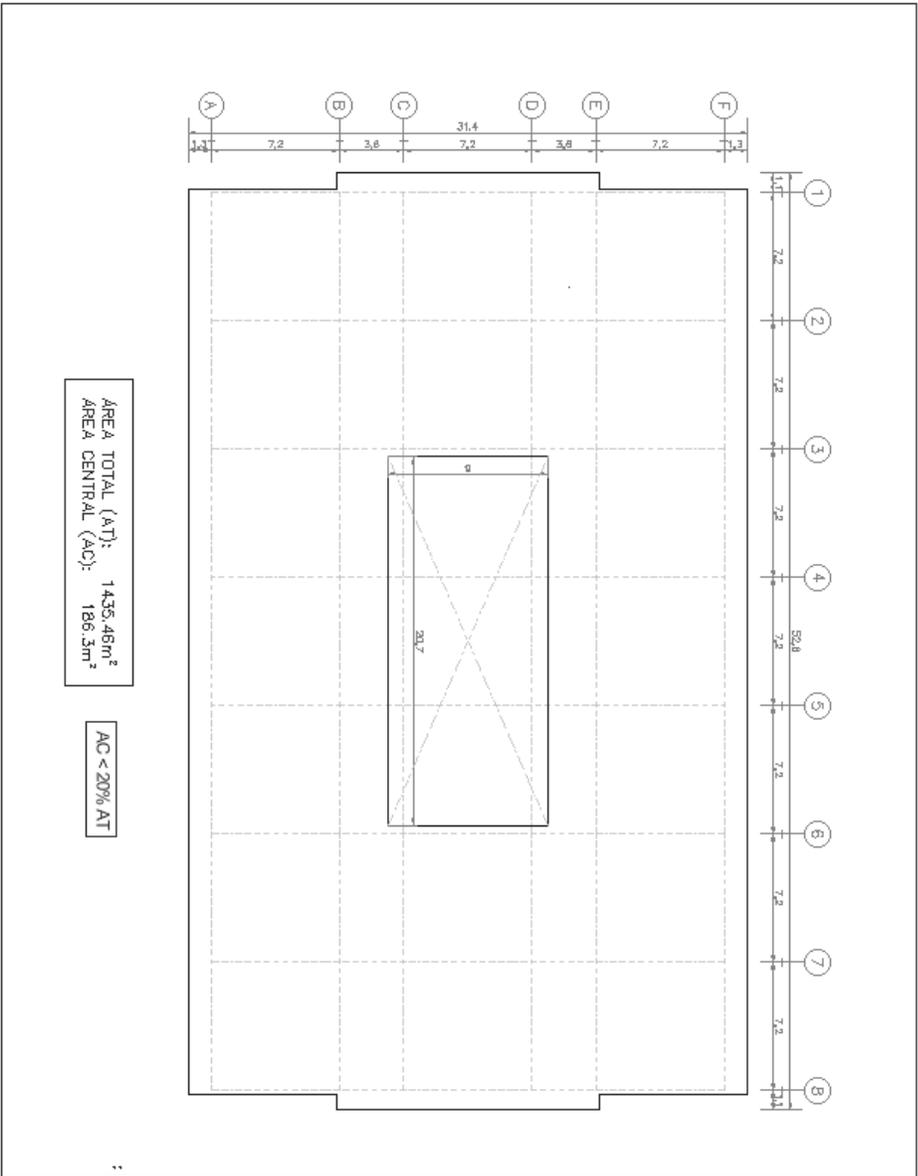
OBSERVACIONES:
 LAS MEDIDAS COMPARTIDAS EN ESTE
 PLANO SON SOLO CARACTERES PARA
 LA CLASIFICACION Y NO SON
 DE EJECUCION ESTIMATIVAS

ELABORADO POR:
 BR. CARMELA ARENA

ESCALA:
 1/190

PLANO:
N2

FECHA:
 20/05/2025



UNIVERSIDAD DE GUAYACIL
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:

PLAN DE OBRAS DE LA UNIVERSIDAD
 SERVICIO DE EDIFICIO DEL USDO BILLAGANO
 AREA CENTRO TRANS SUR
 EN CIUDAD, ESTADO SURCO.

CONTENIDO:

VERIF. EN PLANTA DEL NIVEL TÉCNICO.

OBSERVACIONES:

LAS MEDIDAS COMPROBADAS EN ESTE
 PLANO SON LA REPRESENTACION DE
 ESPACIOS, NO INCLUYEN DIMENSIONES
 DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

ELABORADO POR:

BR. CARMELA ARENA

ESCALA:

1/190

PLANO:

T

FECHA:

20/05/2025

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TITULO	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificio del liceo bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” en Cumaná, estado Sucre.
SUBTITULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CODIGO CVLAC / E-MAIL
Arena C, Carmela M	CVLAC: 24.878.653 E- MAI: carmelaarena95@gmail.com

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Vulnerabilidad
sismo
curva
estructura

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

AREA	SUB AREA
Escuela de ingeniería y Ciencias aplicadas	Ingeniería civil

RESUMEN (ABSTRACT):

Este trabajo tuvo como propósito, evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificio del Liceo Bolivariano “José Antonio Ramos Sucre” en Cumaná, estado Sucre, durante el año 2024, utilizándose para ello, la metodología para la estimación de daños por sismos en edificaciones, mediante curvas de fragilidad, puesto que es una edificación similar al Liceo Raimundo Martínez Centeno, colapsado en el terremoto de Cariaco, 1997, y así determinar la susceptibilidad de la estructura a sufrir daños en caso de la ocurrencia de un sismo permitiendo implementar medidas de mitigación adecuadas. Se ubicó una investigación descriptiva con la aplicación de un diseño de campo, las técnicas de recolección de datos fueron la revisión documental, la observación directa, y entrevista no estructurada, con la finalidad de conocer la realidad a investigar, en función de los objetivos planteados. Este proyecto se llevó a cabo bajo las siguientes etapas: revisión documental, inspección visual, registro de un archivo fotográfico, levantamiento de planos, clasificación de la tipología estructural, identificación de los factores de amenaza sísmica, construcción de las curvas de fragilidad de la edificación, estimación de daños y niveles de riesgo sísmico, representación y análisis de los resultados. Las conclusiones revelan que el Liceo Bolivariano, José Antonio Sucre, es un edificio que pertenece a la tipología cajetón cerrado, enfrenta un conjunto de amenazas sísmicas significativas, especialmente considerando su construcción de 49 años, ubicación, zona de alta sismicidad, (7), construido en suelo blando, uso de materiales considerados inadecuados, alta ocupación por 554 personas diariamente, su estructura es de tres niveles. Todo esto indica que la institución presenta una vulnerabilidad sísmica muy elevada y requiere una evaluación estructural exhaustiva, así como la implementación de medidas de reforzamiento y de mantenimiento, esto con el fin de mitigar los riesgos para la seguridad de los estudiantes y personal en caso de un sismo.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

APELLIDO Y NOMBRE	ROL / CODIGO CVLAC / E-MAIL				
CARREÑO, NARCISO	ROL	CA	AS	TU	JU
	E-MAIL	Narfraudo@gmai.com			
	ORCID				
RAMÍREZ, MARÍA	ROL	CA	AS	TU	JU
	E-MAIL	profmariajramirezt@gmail.com			
	ORCID				
ÁLVAREZ, ANNA	ROL	CA	AS	TU	JU
	E-MAIL	Alvanna2008@gmail.com			
	ORCID				

FECHA DE DISCUSION Y APROBACION:

AÑO	MES	DIA
2025	JUNIO	27

LENGUAJE: SPA

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DEL ARCHIVO	TIPO MIME
NAZTTG_ARCM2025	Application/ms.word

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:

ALCANCE

ESPACIAL: inespacial

TEMPORAL: intemporal

TITULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero civil.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado.

AREA DE ESTUDIO:

Departamento de ingeniería civil.

INSTITUCION:

Universidad de Oriente/Núcleo de Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELLECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Ragely*
FECHA 05/08/09 HORA 5:20
Cordialmente,
Juan A. Bolanos Cuviel
JUAN A. BOLANOS CUVEL
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034.2009)

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario, para su autorización”.

Carmela María Arena Castañeda

AUTOR

Prof. Narciso Carreño

Tutor Académico

Prof. Anna Álvarez

Jurado Principal

Prof. María Ramírez

Jurado Principal

Prof. Anna Álvarez

Coordinador de la comisión

POR LA COMISION DE TRABAJO DE GRADO