

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN LOS LICEOS
L.N.B. SAN CARLOS, L.N.B. CREACIÓN Y U.E.T.A. LUIS TOVAR EN
SAN CARLOS, EDO. COJEDES**

(Vulnerability and seismic risk analysis in liceos L.N.B. San Carlos L.N.B. Creación and U.E.T.A. Luis Tovar, San Carlos, Cojedes State)

Inírida Loreto¹ & Samar Rivas²

⁽¹⁾ MSc. Gerencia Pública. Ingeniero Industrial y Civil. Docente con categoría Asociado de la UNELLEZ. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Email: iniloreto@gmail.com

⁽²⁾ Ingeniero Civil. Fiscal de Obra en FUNDAESCUELA. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Email: rivas.samarjhohalin@gmail.com

Recibido: 13-02-19 Aprobado: 21-03-19

RESUMEN

En esta investigación se analiza la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en tres edificios escolares de la ciudad de San Carlos del municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes. Bajo el enfoque de diseño no experimental, con tipo de investigación de campo, nivel descriptivo-evaluativo, sustentado en una investigación documental. La unidad de estudio está conformada por: el Liceo Nacional Bolivariano San Carlos, Liceo Nacional Bolivariano Creación y Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar. La investigación se estructuró en tres fases, primero se realizó una revisión bibliográfica de las afectaciones producidas por los sismos. Luego, se realizó un diagnóstico y levantó la información y por último, se realizó un análisis de riesgo sísmico de las edificaciones mediante el método de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico empleado por la Universidad Central de Venezuela. Al culminar se concluye que: las instalaciones educativas estudiadas han sido capaces de responder de forma satisfactoria a los eventos sísmicos superficiales generados en el estado Cojedes sin provocar daños visibles en las estructuras. Las manifestaciones patológicas encontradas en las edificaciones son por falta de mantenimiento, recomendando implementar un plan para detener o minimizar el deterioro de las mismas. Los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico obtenidos se encuentran por debajo de los índices del Liceo Raimundo Martínez Centeno colapsado en el terremoto de Cariaco en 1997, el cual es tomado como indicador, no obstante, el índice obtenido en la U.E.T.A. Luis Tovar es muy cercano a este indicador considerándose como el más desfavorable de los tres planteles, el cual debería tomarse como prioridad ante la toma de decisiones y medidas de mitigación. El porcentaje de columnas cortas existentes en las edificaciones es altamente desfavorable, porque el efecto de un sismo sobre las mismas provocaría su colapso debido a una falla frágil.

Palabras Clave: *Análisis, riesgo sísmico, estructuras educativas.*

SUMMARY

This research analyzes the vulnerability and the seismic risk in three school buildings in the city of San Carlos of the municipality Ezequiel Zamora of Cojedes state. Under the approach of non-experimental design, with type of field research, descriptive-evaluative level, supported by a documentary research. The study unit grouped: the Bolivarian National School of San Carlos, the National Bolivarian School of Education and the Agricultural Technical Education Unit Luis Tovar. The research was structured in three phases, first a bibliographical revision of affections produced by earthquakes was carried out. Then, a diagnosis and survey of the information and finally, a seismic risk analysis of the buildings was carried out using the vulnerability and seismic risk indexes method used by the Central University of Venezuela. Our results show that the educational facilities studied have been able to respond satisfactorily to the surface seismic events generated in Cojedes state without causing visible damage to the structures. The pathological manifestations found in the buildings are due to lack of maintenance, recommending to implement a plan to stop or minimize the deterioration of them. The vulnerability indexes and seismic risk obtained are below the Raimundo Martínez Centeno Liceo indexes, which collapsed during the Cariaco earthquake in 1997, it

has been taken as an indicator, however, the index from the U.E.T.A. Luis Tovar is very close to this indicator considering himself as the most unfavorable of the three campuses, therefore this should be taken as a priority before the decision-making and mitigation measures. The percentage of short columns existing in the buildings is highly unfavorable, because the effect of an earthquake on them would cause their collapse due to a fragile fault.

KeyWords: *Analysis, seismic risk, educational structures.*

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la actividad sísmica es medida y analizada, principalmente por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), quien es la institución oficial encargada de operar y mantener la red sismológica de Venezuela. El terremoto de Caracas en 1967 fue el punto de partida de FUNVISIS para crear junto con COVENIN la Norma 1756:2001 - Edificaciones Sismorresistentes, la cual sirve de guía en el diseño de las construcciones sismorresistente en Venezuela.

Uno de los terremotos más impactantes ocurrido en Venezuela que ocasionó daño a infraestructuras escolares ocurrió en Cariaco registrando una magnitud Richter 6.8, el 9 de Julio de 1.997 derrumbando cuatro edificios escolares. De acuerdo con la base de datos de información general de planteles, existen en Venezuela 28.878 edificaciones de uso educacional de diferentes características, ubicadas un 70% en zonas de alto riesgo sísmico, estas instituciones son de construcciones antiguas y edificadas con normas que hoy en día están desactualizadas y no se consideraron importantes criterios antisísmicos (López, 2009). En esta base de datos, se señala que en el estado Cojedes hay un total de seiscientos noventa y seis (696) edificaciones escolares, ubicándose en el municipio Ezequiel Zamora doscientos tres (203).

Por lo antes expuesto, esta investigación tuvo por objeto realizar la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de tres edificaciones escolares construidas con normas antiguas denominadas: Liceo Nacional Bolivariano San Carlos, Liceo Nacional Bolivariano Creación y Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar, ubicadas en el municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes, mediante el método de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico empleado por la Universidad Central de Venezuela. (López, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tomando en cuenta la naturaleza de este estudio, la técnica utilizada para la recolección de la información fue la observación y el instrumento empleado una lista de cotejo realizada bajo las especificaciones empleada por López (2011), la cual se denomina: planilla para inspección sismorresistente de edificaciones escolares en Venezuela, que se usó en el proyecto FONACIT Nro. 2005000188. La investigación se estructuró en cuatro fases:

Fase I: Revisión bibliográfica acerca de las afectaciones producidas por sismos a los liceos objetos de estudio, indagando en textos, informes generados por FUNVISIS y trabajos de grado.

Fase II: Diagnóstico y levantamiento de la información proveniente de las instituciones

educativas seleccionadas, con la finalidad de observar y recabar datos requeridos por la lista de cotejo, realización de registro fotográfico y obtención de información necesaria para el cálculo y evaluación sismorresistente.

Fase III: Análisis de la vulnerabilidad y riesgo sísmico en las edificaciones escolares seleccionadas, aplicando el método de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico:

Método de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico.

Este método permite determinar no solo el grado de vulnerabilidad de cada una de las edificaciones en estudio, sino también el riesgo sísmico asociado a ésta, para ello se utilizó un baremo definido por los autores del método que permite calcular un índice de riesgo que se obtendrá mediante el producto de los índices de: amenaza sísmica (I_a), vulnerabilidad (I_v) y la población escolar de la edificación (I_p).

El I_a se estableció según la ubicación de las edificaciones escolares dentro del mapa de zonificación sísmica de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001. El I_v se calculó en función de la información estructural y no estructural que se recopiló durante la inspección sismorresistente al plantel. Y el I_p se establecerá en función a la población escolar que atiende la edificación escolar. Los resultados de los índices derivados de este método fueron calibrados mediante su comparación con los índices de las edificaciones escolares derrumbadas durante el terremoto de Cariaco de 1997; estos permitieron sustentar la toma de decisiones en aras de establecer prioridades para

estudios más detallados y el reforzamiento de aquellas edificaciones que lo ameriten.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En las inspecciones se pudo constatar mediante la observación directa, que las edificaciones no presentan ninguna manifestación patológica en los elementos estructurales que fuese causado por sismos. Sin embargo, una investigación exhaustiva en la página de FUNVISIS arrojó que no hay informes ni antecedentes que demuestre que los Liceos estudiados, hayan presentado algún daño provocado por sismos. De igual manera, los Bomberos y Protección Civil 171 del estado Cojedes, no poseen reportes ni información acerca de afectaciones producidas por sismos de las escuelas antes mencionadas.

El Liceo Nacional Bolivariano San Carlos, se encuentra ubicado en la Urbanización Las Tejitas en San Carlos. Fue fundado en 1975, con una matrícula actual de 615 estudiantes. La institución no posee planos estructurales. Es un edificio de 3 niveles, incluyendo un apéndice en el nivel superior el cual ocupa una porción menor. Es de planta rectangular con abertura central, se desconoce el sistema estructural de la infraestructura. Está conformado por pórticos de concreto armado, el edificio posee 7 pórticos en el sentido de la dirección corta (eje "y") Las columnas son de sección cuadrada de 35x35 cm, son constantes en toda su longitud, posee vigas altas de sección transversal constante de 35x70 cm, incluyendo la losa que soporta, ubicadas solamente en sentido de la dirección larga "x" y estas vigas altas son constantes en todos los niveles. Presenta techo plano, con altura de entepiso de 2,80 m. Las plantas no poseen juntas divisorias.

Las paredes son de bloques de concreto de 40x20x15 cm, las losas del entrepiso son de $e=25$ cm. La edificación está asentada sobre un terreno plano. Se evidenció pocas grietas y fisuras en paredes y pisos, como también desprendimiento de los cerramientos. Además, se apreció desprendimiento del friso en varias zonas de la losa, proliferación de moho en las fachadas de la edificación y presencia de porosidad en las columnas y vigas.

El Liceo Nacional Bolivariano "Creación", está ubicado en la urbanización Limoncito en San Carlos. Fue fundado en 1982. Posee una matrícula actual de 487 estudiantes, con capacidad de alojamiento de 1.440 estudiantes. La estructura es de 3 niveles, incluyendo un apéndice en el nivel superior el cual ocupa una porción. Es de planta rectangular con abertura central, conformado por pórticos de concreto armado. El edificio posee 7 pórticos en el sentido de la dirección corta y 6 pórticos en sentido de la dirección larga. Las columnas exteriores son de sección cuadrada de 35 cm, las columnas internas son de sección cuadrada de 40x40 cm, todas las columnas son continuas, posee vigas altas de sección transversal de 30x66 cm, incluyendo el espesor de la losa que soporta.

La edificación tiene techo plano, con altura de entrepiso de 2,80 m. La planta no posee juntas divisorias. Se evidenció la presencia de cuevas de bachacos ubicadas debajo y en las cercanías de la edificación, lo que puede traer como consecuencia el asentamiento en la estructura. Las paredes son de bloques de concreto de espesor 15 cm, las losas de entrepiso son de 30 cm de espesor. La edificación está asentada sobre un terreno plano, posee aleros en

la fachada frontal y posterior, en los cuales se evidenció grietas y fisuras en las paredes del segundo y tercer nivel, y en sus pisos pequeñas grietas.

La Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar, está ubicada en la avenida Bolívar en San Carlos. Se construyó en el año 1977. Con matrícula de 306 estudiantes. Esta institución no posee los planos estructurales. Es un edificio de 3 niveles de planta rectangular con abertura central, se desconoce el sistema estructural de la infraestructura. Está conformado por pórticos de concreto armado. El edificio posee 8 pórticos en el sentido de la dirección corta y 6 pórticos en sentido de la dirección larga. Las columnas son de sección cuadrada de 40x40 cm, son constantes desde el empotramiento del piso hasta la losa del techo, posee vigas altas de dimensiones de sección transversal constante de 35x70 cm incluyendo la losa que soporta, ubicadas solamente en sentido de la dirección larga "x" son constantes en todos los niveles.

Presenta un techo plano, con altura de entrepiso de 2,80 m. Las plantas no poseen juntas divisorias. Las paredes son de bloques de concreto de 40x20x15 cm, las losas de entrepiso tienen un espesor de 25 cm. La edificación está asentada sobre un terreno plano. Se evidenció pocas grietas y fisuras en sus paredes y pisos, la mayoría de las cuales se ubican en los aleros del segundo y tercer nivel.

Fase III: Cálculo de la condición de riesgo sísmico de las edificaciones seleccionadas.

Según Lopez (2011), el índice de riesgo se obtiene del producto del índice de amenaza sísmica

por el índice de vulnerabilidad por el índice de población escolar.

Tabla 1. Índice de Amenaza Sísmica (I_a) de los Liceos en estudio.

Institución	Descripción	Resultado
Liceo Nacional Bolivariano San Carlos. Liceo Nacional Bolivariano Creación Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar	Municipio Ezequiel Zamora estado Cojedes, zona 4 con peligro sísmico intermedio (norma COVENIN 1756-1:2001).	$I_a = 0,625$

Fuente: Loreto & Rivas (2017)

Tabla 2. Índice de Vulnerabilidad Sísmica (I_v). Liceo Nacional Bolivariano San Carlos

Descripción		Resultado
Tipo de Estructura I_1	Pórtico de concreto armado con dimensiones de columnas mayores o iguales a 30 cm.	$I_1 = 3$
Antigüedad de la Construcción I_2	Entre 1968 y 1982.	$I_2 = 10$
Irregularidad Estructural I_3	21 columnas Cortas de un total de 40, lo que representa un 52,5 %.	$I_3 = 17$
	No se observó entrepiso blando.	
	Ausencia de vigas altas en una sola dirección.	
	Forma de Planta rectangular con abertura central.	
	No hay discontinuidad Vertical.	
	No hay choque entre edificios.	
Condición Geotécnica I_4	No observó asentamiento.	$I_4 = 0$
	No está construido sobre una ladera.	
	La infraestructura no está cerca de un talud.	
Grado de deterioro del Edificio I_5	No se observó grietas en los elementos estructurales.	$I_5 = 6$
	Existen grietas en tabiquerías de grado menor.	
	No existe evidencia de corrosión de acero	
	El estado general de mantenimiento se determinó como malo	

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:

$$I_v = 3 + 10 + 17 + 0 + 6 = 36$$

Fuente: Loreto & Rivas (2017)

Tabla 3. Índice de Vulnerabilidad Sísmica (I_v). Liceo Nacional Bolivariano Creación

Descripción		Resultado
Tipo de Estructura I_1	Pórtico de concreto armado con dimensiones de columnas mayores o iguales a 30 cm.	$I_1 = 3$
Antigüedad de la Construcción I_2	Entre 1968 y 1982.	$I_2 = 10$
Irregularidad Estructural I_3	20 columnas Cortas de un total de 40, lo que representa un 50 %.	$I_3 = 14$
	No se observó entrepiso blando.	
	Ausencia de vigas altas en una sola dirección.	
	Forma de planta rectangular con abertura central.	
	No hay discontinuidad vertical.	
Condición Geotécnica I_4	No hay choque entre edificios.	$I_4 = 4$
	Se evidenció existencia de cuevas de bachacos ubicadas debajo y en las cercanías de la edificación, lo que puede traer como consecuencia asentamiento en la estructura.	
	No está construido sobre una ladera.	
Grado de deterioro del Edificio I_5	La infraestructura no está cerca de un talud.	$I_5 = 5$
	No se observó grietas en los elementos estructurales.	
	Existen grietas en tabiquerías de grado menor.	
	No existe evidencia de corrosión de acero	
	El estado general de mantenimiento se determinó como regular	
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA: $I_v = 3 + 10 + 14 + 4 + 5 = 36$		

Fuente: Loreto & Rivas (2017)

Tabla 4. Índice de Vulnerabilidad Sísmica (I_v). Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar de Fundación La Salle.

Descripción		Resultado
Tipo de Estructura I_1	Pórtico de concreto armado con dimensiones de columnas mayores o iguales a 30 cm.	$I_1 = 3$
Antigüedad de la Construcción I_2	Entre 1968 y 1982.	$I_2 = 10$
Irregularidad Estructural I_3	16 columnas Cortas de un total de 44, lo que representa un 36,36 %.	$I_3 = 20$
	Se observó disminución apreciable en el número de paredes en la planta baja, en relación con el resto de los demás entrepisos.	
	Ausencia de vigas altas en una sola dirección.	
	Forma de Planta rectangular con abertura central.	
	No hay discontinuidad Vertical.	
Condición Geotécnica I_4	No hay choque entre edificios.	$I_4 = 4$
	Se evidenció existencia de árboles de gran altura ubicados en las adyacencias de la edificación, lo que puede traer como consecuencia problemas de asentamiento provocado por las raíces.	
	No está construido sobre una ladera.	
Grado de deterioro del Edificio I_5	La infraestructura no está cerca de un talud.	$I_5 = 5$
	No se observó grietas en los elementos estructurales.	
	Existen grietas en tabiquerías de grado menor.	
	No existe evidencia de corrosión de acero	
	El estado general de mantenimiento se determinó como regular	
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA: $I_v = 3 + 10 + 20 + 4 + 5 = 42$		

Fuente: Loreto & Rivas (2017).

Tabla 5. Índice de población escolar (I_p) de los Liceos en estudio.

Institución	Descripción	Resultado
Liceo Nacional Bolivariano San Carlos	615 estudiantes	$I_p = 0,85$
Liceo Nacional Bolivariano Creación	487 estudiantes	$I_p = 0,75$
Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar	306 estudiantes	$I_p = 0,75$

Fuente: Loreto & Rivas (2017)

Tabla 6. Índice de Riesgo Sísmico (I_R) de los Liceos en estudio.

Institución	Resultado
Liceo Nacional Bolivariano San Carlos	$I_R = 19,13$
Liceo Nacional Bolivariano Creación	$I_R = 16,88$
Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis Tovar	$I_R = 18,90$

Fuente: Loreto & Rivas (2017).

Tabla 7. Resultados obtenidos del método de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico aplicado a los Liceos seleccionados.

Edificaciones escolares estudiadas	Índice de vulnerabilidad sísmica (I_v)	Índice de riesgo sísmico (I_R)
Liceo Nacional Bolivariano San Carlos.	36	19,13
Liceo Nacional Bolivariano Creación.	36	16,88
Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luís Tovar	42	18,90

Edificación Derrumbada en Cariaco en el terremoto de 1997

Liceo Raimundo Martínez Centeno	43.7	43.7
---------------------------------	------	------

Fuente: Loreto & Rivas (2017).

CONCLUSIONES

Basado en el resultado se concluye que las edificaciones estudiadas se encuentran por debajo de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico que registró la escuela derrumbada en Cariaco el 9 de julio de 1997 (de la misma tipología). Sin embargo, el valor numérico de estos índices está muy cercanos, en especial el índice de vulnerabilidad de la Unidad Educativa Técnica Agropecuaria Luis

Tovar (Fundación La Salle). Al mismo tiempo, los índices de riesgos sísmicos obtenidos de los liceos en estudio, revelaron valores inferiores al obtenido por el Liceo Raimundo Martínez Centeno, esto es debido a que el índice de riesgo es afectado por dos razones, la población escolar y la ubicación de las edificaciones estudiadas, ya que estos liceos presentaron matriculas inferiores a mil estudiantes y se encuentran ubicados en zona sísmica 4

(COVENIN 1756-1:2001), lo que disminuye los valores obtenidos del índice del riesgo sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

FUNVISIS. 2002. La Investigación Sismológica en Venezuela. [Consulta en: mayo 5, 2017]. Recuperado de http://www.funvisis.gob.ve/archivos/pdf/libros/funvisis_1_18.pdf

López O. 2009. Indicadores de riesgo sísmico en edificios escolares de Venezuela. Boletín técnico IMME. 47(1).

López O. 2011, Proyecto FONACIT Nro. 200500018. Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela Informe Técnico Final. Venezuela.