



JOSÉ NIMATUJ
PROFESOR INVESTIGADOR
E ING. GUSTAVO ADOLFO
LÓPEZ CIFUENTES

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS ESTRUCTURALES EN LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS COMERCIALES DE OCCIDENTE -ENCO- DE QUETZALTENANGO POR MEDIO DEL INSTRUMENTO ISCE

RESUMEN

La presente investigación presenta el análisis de vulnerabilidad y riesgos estructurales en la Escuela Nacional de Ciencias Comerciales de Occidente (ENCO) de Quetzaltenango. El objetivo principal fue evaluar los aspectos estructurales, no estructurales y funcionales para determinar el nivel de seguridad integral del centro educativo ante eventos naturales y antrópicos. La recolección de datos se realizó mediante inspección visual rápida y directa in situ, complementada con entrevistas al personal operativo y administrativo. Para el procesamiento sintético de la información se aplicó el instrumento Índice de Seguridad de Centros Educativos (ISCE), confrontando los hallazgos con la normativa nacional vigente (AGIES, NRD-2 de CONRED y MI-

NEDUC). Los resultados arrojaron vulnerabilidades severas en el componente estructural (48.33%, nivel Bajo) asociadas a deterioro por meteorización, falta de mantenimiento, modificaciones no controladas e

irregularidades en elevación y planta.

Aunque los aspectos no estructurales (76.24%, nivel Alto) y funcionales (74.21%, nivel Alto) mostraron mayor resiliencia, el Índice de Seguridad Global se situó en 61.88% (nivel Medio). Se concluye que las deficiencias estructurales representan un riesgo latente para la vida de los ocupantes, recomendando intervenciones técnicas inmediatas y rehabilitación estructural.

Palabras Clave: Vulnerabilidad y riesgo estructural, Seguridad en centros educativos, Índice de Seguridad de Centros Educativos (ISCE), Gestión del riesgo de desastres, AGIES NSE.

“Esta investigación busca evaluar y analizar la vulnerabilidad y los riesgos estructurales, no estructurales y funcionales en la Escuela Nacional de Ciencias Comerciales de Occidente”.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y Justificación del Problema

La región occidental de Guatemala, y particularmente el municipio de Quetzaltenango, exhibe una elevada susceptibilidad ante amenazas geológicas (sismos) e hidrometeorológicas (lluvias intensas y ciclones tropicales). En los últimos años, el acortamiento de los períodos de retorno de eventos climáticos extremos y la persistente actividad sísmica han generado impactos severos en la infraestructura social y productiva de la región. Un claro antecedente lo constituye el evento sísmico de 2017 y las intensas precipitaciones de junio de 2024, las cuales afectaron a más de 51 centros educativos en el país, incluyendo daños estructurales considerables en instituciones del departamento de Quetzaltenango.

Los establecimientos educativos albergan a una alta densidad de población vulnerable (estudiantes, docentes y personal administrativo) durante extensas jornadas. La Escuela Nacional de Ciencias Comerciales de Occidente (-ENCO-), fundada institucionalmente hace más de un siglo (AGENCIA GUATEMALTECA DE NOTICIAS, 2021) y funcionando en sus instalaciones actuales desde 1980, presta atención a tres jornadas (matutina, vespertina y nocturna) y a múltiples niveles educativos (básico y diversificado).

Dada su antigüedad constructiva y el uso intensivo de sus instalaciones, resulta imprescindible diagnosticar técnicamente la vulnerabilidad de sus edificaciones para fundamentar planes de prevención, mitigación y respuesta ante emergencias.

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General:

Evaluar y analizar la vulnerabilidad y los riesgos estructurales, no estructurales y funcionales en la Escuela Nacional de Ciencias Comerciales de Occidente (-ENCO-) de Quetzaltenango, mediante la aplicación del instrumento Índice de Seguridad de Centros Educativos (ISCE), para determinar el Índice de Seguridad Global de la institución.

Objetivos Específicos:

- . Diagnosticar el estado de la seguridad estructural de los edificios de la ENCO identificando patologías, irregularidades y nivel de cumplimiento de las Normas de Seguridad Estructural (NSE) de AGIES.
- . Evaluar los componentes no estructurales (líneas vitales, instalaciones eléctricas, sanitarias, techos, cielos falsos y elementos arquitectónicos) conforme a la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD-2) de CONRED.
- . Determinar el grado de capacidad funcional y organizativa del establecimiento, incluyendo señalización, rutas de evacuación, planes de respuesta e inclusión de accesibilidad universal.
- . Calcular el Índice de Seguridad Global ponderado de la ENCO y proponer recomendaciones técnicas y operativas para la mitigación y rehabilitación estructural.

1.3. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

La Gestión Integral para la Reducción de Riesgos de Desastres (GIRRD) conceptualiza el RIESGO como el resultado de la interacción entre la AMENAZA (probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico) y la VULNERABILIDAD (susceptibilidad física, social o técnica de sufrir daño). Las fases de la GIRRD abarcan la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación.

Para el sustento técnico de la evaluación se tomaron como referencia los siguientes marcos legales y normativos de Guatemala:

- AGIES NSE (2024): Normas de Seguridad Estructural emitidas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, especificando demandas cargas sísmicas (NSE 2) y criterios de diseño y evaluación (NSE 1, 3, 6).
- CONRED NRD-2: Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público, que regulan anchos de pasillos, salidas de emergencia, abastimimiento de puertas y rampas.
- Manual de Criterios Normativos del MINEDUC: Define los estándares arquitectónicos y dotación mínima de sanitarios y espacios por alumno.
- CONADI: Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad Universal.

2. MÉTODOS (METODOLOGÍA)

2.1. Tipo de Estudio y Área de Investigación

Se desarrolló una investigación cuantitativa y cualitativa de tipo transversal descriptivo-analítico. El estudio se realizó en las instalaciones de la ENCO, ubicada en la 5ª calle 12-60, zona 3 del municipio de Quetzaltenango (coordenadas: Latitud 14°50'40.83"N, Longitud 91°30'53.22"O). El complejo consta de tres edificios principales y un área deportiva exterior:

- Edificio 1: Aulas y administración (2 niveles).
- Edificio 2: Salón de usos múltiples, oficinas y laboratorios de emprendimiento.
- Edificio 3: Laboratorios de computación.

2.2. Instrumento de Evaluación ISCE

Se utilizó el instrumento oficial 'Índice de Seguridad de Centros Educativos' (ISCE), validado por el Banco Mundial y CONRED. Este instrumento evalúa tres grandes módulos estructurados en formularios de verificación:

Seguridad Estructural (Ponderación: 50%): Evalúa antecedentes sísmicos, estado de elementos estructurales (marcos, muros, losas), calidad de materiales y configuración geométrica (pisos suaves, columnas cortas, regularidad en planta y elevación).

Seguridad No Estructural (Ponderación: 30%): Analiza líneas vitales (agua, electricidad, gas), elementos arquitectónicos (cielos falsos, ventanas, puertas, techos) y mobiliario.

Seguridad Funcional (Ponderación: 20%): Revisa la capacidad ocupacional, comité de emergencias, planes de respuesta, simulacros y accesibilidad universal.

2.3. Procedimiento de Recolección y Procesamiento de Datos

El trabajo de campo consistió en inspecciones visuales rápidas y directas, medición dimensional de elementos críticos (desplomes de muros con plomada y cinta métrica, pendientes de rampas, áreas por aula)

y entrevistas semiestructuradas a las autoridades (director Lic. Alfonso Darío de León Camacho). Cada ítem del ISCE se categorizó cuantitativamente en 'Bajo', 'Medio' o 'Alto'. El Índice Ponderado por componente y el Índice Global se calcularon mediante la fórmula:

FÓRMULA DE CÁLCULO ISCE:
$$I_{ponderado} = \frac{Ponderación \% \cdot I_{grado\ de\ seguridad}}{100}$$

Rango de Evaluación del Índice	Nivel de Seguridad resultante
0.00% – 25.00%	Muy Bajo
25.01% – 50.00%	Bajo
50.01% – 75.00%	Medio
75.01% – 100.00%	Alto

3. RESULTADOS

3.1. Evaluación de Seguridad Estructural

La evaluación estructural determinó un Índice de Seguridad Estructural de 48.33%, situándose en la

categoría 'BAJO'. La distribución de los hallazgos fue: 33% Alto, 30% Medio, 27% Bajo y 10% No Aplicable.

Área de Valor	Calificación	Observaciones del Levantamiento Técnico
Seguridad según antecedentes	Medio	Agregados no controlados que modifican el comportamiento estructural de los edificios.
Estado estructural de la edificación	Medio	Presencia de deformaciones notorias (alabeos) en losas de entrepiso y sistemas de marcos.
Materiales de construcción	Medio	Deterioro por meteorización, fisuramiento en muros y envejecimiento de concreto habiendo alcanzado su vida útil de diseño.
Configuración estructural	Bajo	Presencia crítica de columna corta, interrupción de trayectoria de cargas, irregularidad severa en planta y elevación.
Interacción no estructural	Bajo	Interacción rígida de tabiques de mampostería con marcos sin juntas de dilatación sísmica.

3.2 Evaluación de Seguridad no Estructural

El Índice de Seguridad No Estructural alcanzó un 76.24%, clasificándose en nivel 'ALTO'. La distribución de

hallazgos mostró: 68% Alto, 17% Medio, 0% Bajo y 15% No Existe. Pese al indicador alto, existen deficiencias críticas en instalaciones vitales.

Elemento No Estructural	Valor	Hallazgos Principales
Sistema Eléctrico	Medio	Instalaciones sobrepuestas, cables expuestos sin canaletas; deterioro en tomacorrientes (solo 51% funcionales).
Sistema de Iluminación	Alto	Más del 80% de luminarias operativas.
Aprovisionamiento de Agua	Medio	Tanque de reserva insuficiente para cubrir 72 horas continuas.
Techos y Drenaje Pluvial	Medio	Bajadas pluviales parcialmente obstruidas, provocando filtraciones, humedad en muros y colapso de cielos falsos.
Cilindros de Gas LPG	Medio	Falta de anclaje sísmico y ubicación insegura a menos de 1 metro de estufas en cocinas.
Cielos Falsos	Medio	Dañados parcialmente en aulas por filtraciones de agua.
Mobiliario y Pisos	Alto	Mobiliario adecuadamente fijado; pisos con desgaste regular pero funcionales.
Puertas y Salidas	Medio	Abatimiento hacia el interior (90°), violando la norma NRD-2 de CONRED.

3.3 Evaluación de Seguridad Funcional

El Índice de Seguridad Funcional se cuantificó en 74.21%, perteneciendo al nivel 'MEDIO' (muy próximo al

umbral superior). Los hallazgos se distribuyen en: 70% Alto, 9% Medio, 9% Bajo y 12% No Existe.

Componente Funcional	Valor	Detalle Diagnóstico
Capacidad Instalada Aulas	Medio	Área promedio de 1.53 m ² por estudiante (aceptable, sin hacinamiento severo).
Servicios Sanitarios	Bajo	Déficit severo de artefactos sanitarios en relación con la población estudiantil.
Rampas y Accesibilidad	Bajo	Existencia de rampas únicamente en Edificio 1, con pendientes superiores al 6% e incumpliendo dimensiones de CONADI.
Espacios para Discapacidad	Bajo	Inexistencia de servicios sanitarios adaptados ni estacionamiento/espacios señalizados.
Comité y Plan de Emergencia	Alto	Comité escolar formalmente constituido, con roles definidos y plan operativo activable.
Señalización y Simulacros	Alto	Rutas de evacuación señalizadas; realización de al menos 3 simulacros al año.
Protección Contra Incendios	Bajo	Ausencia total de sistema contra incendios y carencia de plan de contingencia específico para incendios.

Tabla Detallada de Capacidad Sanitaria en la ENCO

Artefacto	Género	Usuarios	Requerido por Nor-	Operativos Actuales
Lavamanos	Femenino / Masculino	696 / 432	24 / 15	3 / 2 (Insuficiente)
Inodoros	Femenino / Masculino	696 / 432	24 / 9	5 / 4 (Insuficiente)
Mingitorios	Masculino	432	15	5 (Insuficiente)

3.4. Consolidado del Índice de Seguridad Global ENCO

La integración de los índices específicos según las ponderaciones del instrumento ISCE arroja un Índice de Seguridad Global de 61.88%, clasificando a la ENCO en un nivel de seguridad 'MEDIO'.

Componente Evaluado	Índice Obtenido	Ponderación	Índice Ponderado	Nivel de Seguridad
Seguridad Estructural	48.33%	50%	24.17%	BAJO
Seguridad No Estructural	76.24%	30%	22.87%	ALTO
Seguridad Funcional	74.21%	20%	14.84%	MEDIO
ÍNDICE GLOBAL ENCO	-	100%	61.88%	MEDIO

3.5. Análisis Espacial y Diagnóstico del Muro Perimetral (Anexos)

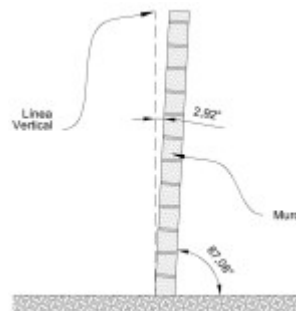
En la zona exterior de canchas deportivas se identificó una patología severa en el muro perimetral de mampostería (longitud 26.41 m, altura 4.64 m) impulsada por el empuje de raíces de cipreses colindantes. La medición geométrica de verticalidad arrojó una desviación de 110.69 mm a una altura de 2.17 m, representando un ángulo de inclinación de 2.92° (desplazamiento vertical del 5.11%).



Fuente: investigador

Cotejo con criterios normativos de tolerancias de desplome:

- Criterio CDMX-2023 / AGIES (Tolerancia = $0.004 * h$): Para $h=2.17\text{m}$, la tolerancia máxima es de 8.68 mm. El desplome real (110.69 mm) supera en más de 12 veces el valor permitido.
- Criterio IMCYC (Tolerancia máxima absoluta): 12.70 mm. Incumple ampliamente.
- Criterio de Gravedad (Cemix): Desviación $> 2\%$ se clasifica como 'DESPLOME SEVERO'. Al registrar 5.11%, se determina un riesgo inminente de colapso.



4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Implicaciones de la Vulnerabilidad Estructural

El resultado de 48.33% (Bajo) en el componente estructural representa el factor determinante que castiga el Índice Global de la ENCO. Los Edificios 1 y 2 fueron diseñados e introducidos entre 1978 y 1980 bajo las Especificaciones Técnicas de la Dirección General de Obras Públicas de 1976 (sustentadas en los códigos obsoletos ACI 318-71 y UBC-1976). Existe una brecha temporal superior a 40 años frente a la normativa AGIES 2024 vigente. Como edificación de categoría de uso 'Importante', la ENCO requiere un nivel de protección sísmica D (sismo de diseño con 5% de probabilidad de excedencia en 50 años). Las estructuras actuales han superado su vida útil de diseño sin haber sido sometidas a procesos de reforzamiento.

El Edificio 3 (construido en la década de 1990 sin registros formales de planos o supervisión municipal/MINEDUC) presenta serias irregularidades geométricas: relación de aspecto en planta $L/B = 4.32$, asimetría en elevación, presencia generalizada de 'columna corta' por confinamiento parcial de ventanas y susceptibilidad a efectos torsionales. Adicionalmente, el alabeo detectado en las losas de entrepiso del Edificio 1 evidencia una excesiva flexibilidad lateral del sistema de marcos de concreto reforzado y un deficiente control de derivas de piso.

4.2. Deficiencias No Estructurales y Riesgos Operativos

Aunque el componente no estructural obtuvo un 76.24% (Alto), se detectaron vulnerabilidades puntuales pero críticas. El deterioro del sistema eléctrico (solo 51% de tomacorrientes funcionales y cableado expuesto sobrepuesto) constituye una amenaza permanente de cortocircuito e incendio. El sistema de evacuación pluvial colapsado inunda aulas académicas en época lluviosa, degradando los cielos falsos y acelerando la corrosión del acero estructural. Asimismo, el abatimiento de puertas a 90° hacia el interior contraviene la norma NRD-2 de CONRED, constituyendo un atrapamiento potencial en evacuaciones masivas.

4.3. Brechas Funcionales y Accesibilidad Universal

En la dimensión funcional (74.21%), la mayor vulnerabilidad radica en la falta de capacidad sanitaria (déficit > 80% de artefactos según normas MINEDUC) y la total ausencia de infraestructura inclusiva para personas con discapacidad (cumplimiento nulo de normativas CONADI). Destaca negativamente la ausencia total de un sistema de detección y supresión de incendios (extintores, gabinetes, plan de contingencia específico), lo cual contrasta con la alta preparación de la institución en materia de simulacros sísmicos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El Índice de Seguridad Estructural de la ENCO se cuantificó en 48.33% (nivel BAJO), evidenciando serias vulnerabilidades asociadas a la antigüedad de diseño (código UBC-76), falta de mantenimiento, deformaciones en losas (alabeo), presencia de columnas cortas y severa interacción no controlada entre marcos y mampostería.
2. El Índice de Seguridad No Estructural alcanzó un 76.24% (nivel ALTO); sin embargo, existen fallas críticas en el sistema eléctrico (49% de tomacorrientes inoperativos), falta de anclaje en cilindros de gas, drenaje pluvial deficiente y abastimimiento incorrecto de puertas según NRD-2.
3. El Índice de Seguridad Funcional se registró en 74.21% (nivel MEDIO/ALTO), destacando una excelente organización del comité de emergencias y simulacros, pero revelando severos déficits en capacidad sanitaria, nula accesibilidad para personas con discapacidad y ausencia de protección contra incendios.
4. El Índice de Seguridad Global de la ENCO se fijó en 61.88% (Nivel MEDIO). La estructura requiere intervenciones correctivas a corto y mediano plazo para garantizar la integridad física de la comunidad educativa durante y después de un evento sísmico o hidrometeorológico severo.

5.2. Recomendaciones

Intervenciones Estructurales Urgentes:

- Edificio 1: Ejecutar un diagnóstico estructural detallado, evaluación de derivas de piso, mantenimiento a juntas constructivas y rehabilitación de losas alabeadas conforme a AGIES NSE.
- Edificio 2: Realizar un análisis de martilleo en la colindancia del Salón de Usos Múltiples y laboratorios, construyendo una junta de dilatación adecuada y reforzando marcos sísmicos.
- Edificio 3: Diseñar e independizar estructuralmente el módulo de gradas y desacoplar los tabiques para eliminar el efecto de columna corta.

Intervenciones No Estructurales y Funcionales:

- Reemplazar el cableado eléctrico expuesto, instalar canaletas normalizadas y reacondicionar la totalidad de tomacorrientes e iluminación nocturna.
- Readecuar el sentido de apertura de puertas hacia las rutas de evacuación conforme a NRD-2.
- Ampliar la batería de servicios sanitarios e incorporar módulos exclusivos adaptados para personas con discapacidad según CONADI.
- Implementar un sistema integral de protección contra incendios (extintores, red de gabinetes y plan de contingencia).

Intervención en Área Exterior (Muro Perimetral):

- Proceder a la demolición y reconstrucción controlada del tramo afectado de 26.41 m del muro perimetral, integrando mochetas de confinamiento y efectuando la poda/control radicular de los árboles de ciprés colindantes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGIES, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2024). *NSE 1 - Generalidades, Administración de las Normas y Supervisión Técnica*. Guatemala.

AGIES, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2024). *NSE 2 - Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*. Guatemala.

AGIES, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2024). *NSE 3 - Diseño Estructural de Edificaciones*. Guatemala.

Banco Mundial. (2010). *Safety Index of Educational Centers (ISCE): Evaluator's Guide*. Grupo Banco Mundial.

CEMIX SAINT-GOBAIN. (2025). *¿Cómo arreglar un muro desplomado? Guía práctica y efectiva*.

CONADI, Gobierno de Guatemala. (2020). *Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad Universal*. Guatemala.

CONRED, Gobierno de Guatemala. (2010). *Índice de Seguridad de Centros Educativos: Guía del evaluador de centros educativos seguros*.

CONRED, Gobierno de Guatemala. (2011). *Acuerdo 04-2011: Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD-2), Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público*.

IMCYC. (2005). *Especificación para estructuras de mampostería (ACI 530.01-05/ASCE 6-05/TMS 602-05)*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

MINEDUC, Gobierno de Guatemala. (2016). *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala.

MINEDUC, Gobierno de Guatemala. (2023). *Guía para la Gestión Integral del Riesgo y Desastres para la Seguridad Escolar en el Sistema Educativo Nacional*.

Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno de la Ciudad de México. (2023). *Norma Técnica Complementaria - CDMX-2023 - Mampostería*. Ciudad de México. Tucux Cuá, M. E. (2012). *Estudio de factibilidad y diagnóstico para aumentar la vida útil de la estructura de concreto armado del edificio de la ENCO*. Quetzaltenango, Guatemala.

Los artículos publicados en este boletín son responsabilidad exclusiva de sus autores, en contenido y forma.

DIRECTORIO

Director Dicunoc: Raúl Bethancourt

Autor: José Nimatuj (Profesor Investigador)

Diseño y Estilo : Fred Rivera (Profesor Investigador)

La Dirección General de Investigación del Centro Universitario de Occidente (Dicunoc)
"José Baldomero Arriaga Jerez",

es una dependencia del Centro Universitario de Occidente, cuya misión es el desarrollo de la Investigación Científica en todos los campos del conocimiento. Se interesa especialmente en impulsar la investigación científica y tecnológica vinculada al desarrollo regional y local en el área de influencia del CUNOC que comprende los Departamentos del Sur-Nor-Occidente del país.