

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR PAN DE AZÚCAR, MUNICIPIO CAMPO ELÍAS DEL ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

EVALUATION OF PHYSICAL CONDITIONS AND VULNERABILITY ANALYSIS OF PAN DE AZÚCAR AREA, CAMPO ELÍAS, MÉRIDA, VENEZUELA

PEDRO J. MONTILLA M.¹

RECIBIDO: 15-02-11
ACEPTADO: 05-06-11

¹ Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela.
E-mail: mpedro@ula.ve

RESUMEN

Los estudios de vulnerabilidad sísmica son determinantes en el análisis de riesgos en zonas pobladas. Este estudio se basó fundamentalmente en el análisis cualitativo de la tipología y técnica constructiva, antecedentes, calidad de materiales, detalles constructivos y previsiones de diseño ingenieril sismorresistente. La clasificación de vulnerabilidad y cuantificación de daños de las construcciones existentes se hizo aplicando metodología basada en la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98). Se plantearon escenarios sísmicos, cuantificándose las edificaciones con daños moderados, severos y colapsadas para cada escenario. Se encuentran, para los escenarios más severos, altas concentraciones de edificaciones con tipologías muy vulnerables, especialmente de origen autóctono, severamente dañadas o colapsadas. La metodología propuesta es muy sencilla, versátil, económica, práctica y de efectiva aplicación. Se trata de la evaluación de un proyecto de investigación ya realizado y sus resultados, con miras a determinar si cumplió con los parámetros básicos de todo proyecto adecuadamente planificado y ejecutado.

Palabras clave: centros poblados, vulnerabilidad sísmica, tipología constructiva, escala macrosísmica, escenario sísmico, evaluación de proyecto.

SUMMARY

Seismic vulnerability studies are crucial to risk analysis in populated areas. Present research was primarily based on qualitative analysis of the building typology, construction techniques, history, quality of materials, construction details and precautions on seismic-resistant engineering design. Vulnerability classification and quantification of damage to existing buildings are made using an evaluation method based on the European Macroseismic Scale (EMS-98). We classified seismic scenarios of the buildings into moderate to severe damage and those of collapsed. We found that more serious scenarios came from high concentration of buildings with highly vulnerable construction type. Buildings of indigenous origin were also observed severely damaged or collapsed. The proposed methodology is simple, versatile, economical and practical and offers an effective implementation. This study was an evaluation of the research project already completed to determine whether it complied with the basic parameters of all planned and executed projects.

Key words: populated areas, seismic vulnerability, constructive typology, macro-seismic scale, seismic scenario, project evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

El noción de evaluación data de muchos años atrás, de hecho, los chinos tenían un gran sistema de evaluación funcional para sus sirvientes civiles locales, con antigüedad de unos 2000 años antes de Cristo. En su larga historia, la evaluación ha tenido variadas definiciones y también ha podido significar diferentes cosas para diferente gente. En este contexto, según la National Science Foundation (NSF) (2002), la evaluación puede ser vista como sinónimo de test, descripciones, documentos o gerencia. Es más, plantea que la evaluación ha sido frecuentemente vista como un proceso adversario. Su principal uso ha sido proveer una especie de visión aprobatoria o desaprobatoria de un proyecto. En este rol ha sido muy a menudo considerada por los directores o gerentes de proyectos como una imposición externa que representa una amenaza, distorsión y no muy beneficiosa para el grupo que desarrolla el proyecto. Mientras que esto pueda ser verdad en algunas ocasiones, la evaluación no necesita ser, y muy a menudo no son, conducidas en un modo adversario o de enfrentamiento.

La Evaluación es una herramienta importante que toda organización puede implementar en sus planes, programas o proyectos para demostrar su viabilidad, mejorar su desempeño, incrementar sus potencialidades para obtener

más y nuevas inversiones y planificaciones futuras, cumplir los objetivos y motivaciones institucionales y satisfacer las expectativas y metas de la organización. La Evaluación de proyectos es una evaluación sistemática y objetiva de un proyecto en ejecución o ya ejecutado. La idea de la evaluación es determinar la viabilidad, relevancia y grado de alcance de los objetivos propuestos durante el diseño del proyecto, su efectividad, éxito, eficiencia, impacto, así como, su pertinencia y sostenibilidad en el tiempo. Siguiendo estos principios, Monterde (2010) plantea que la evaluación se sustenta sobre la base de cinco componentes o criterios de evaluación básicos: la viabilidad, el impacto, la pertinencia, la eficiencia y la eficacia (Figura 1). La evaluación realizada en este trabajo tendrá como principios metodológicos la aplicación de esta secuencia de criterios.

Adicionalmente, la evaluación de proyectos es fundamental para las organizaciones o instituciones que los elaboran, impulsan o financian, ya que, sus resultados, observaciones y experiencias adquiridas pueden contribuir favorablemente a mejoras en su desempeño y en la toma de decisiones, su reorientación, redireccionamiento o eliminación, reflejar los impactos de decisiones anteriores, ampliar el conocimiento y experticia en el campo especializado del proyecto, aprendizaje institucional y organizacional para futuras planificaciones y cuantificación y validación de los criterios que privaron durante la elaboración del proyecto.

Desde el punto de vista de los promotores, financistas y beneficiarios del proyecto, los propósitos más resaltantes de la evaluación del proyecto ya ejecutado están dirigidos a proveer información clave para la toma de las decisiones inherentes a proyectos y planificación estratégica futura, modificación de criterios y estrategias de diseño y aprendizaje y experiencia basados en las lecciones aprendidas del proyecto. Así lo plantean autores e investigadores, entre otros, como ILO/PARDEV (2006), ITC/ILO (2010), NSF



FIGURA 1.5
componentes o
criterios de
evaluación básicos.
Fuente: Adaptada por
Monterde (2010).

(2002), Tamayo y Tamayo (1999), Zarinpoush (2006) y Monterde (2010), quienes exponen que, aún cuando hay muchos beneficios en la realización de una evaluación, ésta será un desperdicio de recursos de la organización si sus resultados no son usados; planteándose la necesidad de que la evaluación de proyectos ya ejecutados tenga fines y objetivos claros y determinados, con la intención de que sus resultados sean fácilmente analizados, interpretados y aplicados, en su justa medida y percepción, en la planificación de proyectos similares futuros.

Por ello, la evaluación de proyectos en el presente caso de estudio, permite señalar su importancia y aplicación en los estudios de vulnerabilidad sísmica en zonas pobladas, las cuales no fueron de interés para la humanidad hasta que ésta no estuvo consciente, por medio de la experiencia adquirida a través de los años, de la amenaza, potencialidad de daño y peligrosidad que representan los sismos para el ser humano y su entorno; así como, de que la ocurrencia de eventos sísmicos es un fenómeno natural que no puede ser controlado por el hombre. Es a comienzos del siglo XX cuando la comunidad científica mundial da sus primeras iniciativas tendentes a la reducción del riesgo sísmico y a la implementación de estudios y propuestas para la mitigación de daños en escenarios de eventos sísmicos. En esta iniciativa ha sido de vital importancia la recopilación de datos, observaciones de campo y experiencias adquiridas en zonas de desastre originadas por eventos sísmicos. Todo con miras a la creación de una amplia base de datos que permita documentar el posible comportamiento de materiales y tipologías constructivas durante la ocurrencia de eventos sísmicos moderados a severos. En este sentido, los grandes centros urbanos mundiales, con reconocido riesgo sísmico, han acometido estudios de vulnerabilidad sísmica a gran escala, con la finalidad de cuantificar el nivel de daños sobre las

edificaciones y pérdidas materiales como consecuencia de la ocurrencia de eventos sísmicos de magnitud considerable.

En ese sentido, este trabajo se propone la autoevaluación cualitativa final del proyecto de investigación y sus resultados sobre la evaluación de las condiciones físicas y análisis de vulnerabilidad del sector Pan de Azúcar, Municipio Campo Elías del Estado Mérida, Venezuela, que fue elaborado y ejecutado por la Unidad de Asesoría, Proyectos e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes (UAPIT-ULA) para el Instituto de Infraestructura de la Gobernación del Estado Mérida (INFRAM), Venezuela (Montilla *et al.*, 2002). Los principales objetivos de este proyecto fueron: la evaluación de las condiciones físicas y análisis de vulnerabilidad del terreno y de las construcciones del sector Pan de Azúcar (Figura 2); y el establecimiento de los niveles de susceptibilidad y uso recomendado de la tierra en dicho sector.

FIGURA 2. Fotografía aérea del sector Pan de Azúcar (cortesía Google Earth, 2009).



2. INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO TÉCNICO DE EVALUACIÓN DE CONDICIONES FÍSICAS Y VULNERABILIDAD. OBJETIVOS, ALCANCE Y RESULTADOS

2.1 IDENTIFICACIÓN

El proyecto, cuyo título completo fue: *Evaluación de condiciones físicas y análisis de vulnerabilidad como base al establecimiento de niveles de susceptibilidad del sector Pan de Azúcar, Municipio Campo Elías del Estado Mérida*, fue elaborado por la UAPIT-ULA en el año 2002 para el Instituto de Infraestructura del Estado Mérida, INFRAM (Montilla *et al.*, 2002), organismo adscrito a la Gobernación del Estado Mérida, y formó parte del Programa II, Habilitación Física de la Zona de Barrios, de dicha gobernación, el cual tenía como misión la recuperación, reacondicionamiento y rehabilitación de los barrios populares del Estado Mérida, sobre la base de proyectos de este tipo.

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Los principales objetivos del proyecto fueron la evaluación de las condiciones físicas y análisis de vulnerabilidad de las edificaciones existentes en el sector y del terreno de soporte o fundación, así como, las posibles consideraciones y recomendaciones sobre el uso recomendado de la tierra. Esto con la intención de establecer las políticas gubernamentales tendentes a minimizar, eliminar o mitigar las posibles amenazas sobre estos elementos, al mismo tiempo, dictar las normativas, prescripciones técnicas o regulaciones inherentes al uso de la tierra y de las tipologías constructivas recomendadas en la zona de estudio. El estudio comprendió toda el área que abarca la zona, zona poblada y sus adyacencias, la totalidad de las construcciones del sector y del suelo de fundación, incluido terreno no construido o urbanizado.

2.3 DESARROLLO DEL PROYECTO. METODOLOGÍA

El análisis de vulnerabilidad del terreno se planteó en función de la mecánica de suelos, la geología general y local, estabilidad de taludes y comportamiento sísmico; y el análisis de vulnerabilidad de las construcciones existentes sobre el terreno del sector que se hizo en función de la sismología y sismicidad regional y local, la vulnerabilidad del suelo y la vulnerabilidad sísmica de las construcciones, entendida ésta como el comportamiento probable y daño esperado, ante la ocurrencia de eventos sísmicos de características moderadas a severas. En este sentido, se aplicó la Escala Macrosísmica Europea del año 1998 (EMS-98) (Grünthal, 1998), la cual es ampliamente aceptada y usada a nivel mundial, por considerar y comprender una amplia base de datos de tipologías constructivas y daños experimentados por éstas durante sismos ocurridos en la región europea y zonas aledañas, que le permiten dar muy buenas estimaciones con relación a los daños sísmicos esperados sobre las edificaciones existentes y su cuantificación más probable en una determinada zona sísmica. Por su parte el estudio de sismología y sismicidad regional y local permitió determinar la existencia de una falla local activa, la cual fue considerada en el análisis de los resultados del proyecto de investigación.

El proyecto de investigación, por su carácter multidisciplinario, se desarrolló en cuatro partes:

2.3.1 ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO

Desarrollado por expertos en el área, profesores José Tomás Castrillo, Oscar Odreman y Francisco Bongiorno. El objetivo principal es el de realizar un estudio geológico-geomorfológico a escala 1:1000, el cual debe arrojar el diagnóstico detallado y completo de las condiciones físico naturales de los terrenos circunscritos dentro del espacio que hoy ocupa el sector Pan de Azúcar del Estado Mérida. Este estudio tiene como

resultado la estructuración de un mapa geológico-geomorfológico con toda la información litológica, estructural, geomorfológica y de estabilidad morfodinámica de las vertientes de la zona. Asimismo, la identificación e individualización de zonas con características homogéneas y bajo condiciones límites de seguridad geotécnica. En este estudio se establece la posible vulnerabilidad del terreno por causa de estabilidad de taludes de borde o pendientes excesivas del terreno natural.

2.3.2 ESTUDIO SÍSMICO. SISMOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

Estudio realizado por un experto en el área. Sus objetivos fueron la de investigar sobre la sismicidad, histórica e instrumental, así como, establecer la sismología predominante en la zona de estudio. La sismicidad histórica comprende la revisión y análisis de toda la información existente acerca de eventos sísmicos ocurridos en una determinada región, los cuales no fueron registrados instrumentalmente. Se consideran períodos de registro de sismicidad bastante largos, a los efectos de tener una idea, lo más cercana posible, de las características reales del comportamiento sísmico de una determinada región. Los datos usados para esta clase de estudio lo constituyen los reportes, narraciones o reseñas históricos acerca de los daños ocasionados por eventos sísmicos regionales, noticias sobre eventos sentidos o experimentados por la población de una zona y, en general, de cualquier información que pueda ser útil en la determinación de Intensidades Macrosísmicas y en la elaboración de Mapas de Isosistas (curvas que unen los puntos de igual intensidad sísmica estimada en una determinada región y para un evento dado). La sismicidad instrumental es la revisión y análisis de toda la información sísmica registrada en la zona por intermedio de instrumentos de medición sísmica, sismográfica o acelerográfica. Esta información fue obtenida a partir de la Red de la Fundación para la Preven-

ción del Riesgo Sísmico (FUNDAPRIS), organismo adscrito a la Gobernación del Estado Mérida.

El estudio sobre la sismología tiene que ver con el análisis de los eventos históricos o instrumentales ocurridos en la zona, con la finalidad de obtener los parámetros característicos más significativos y de interés, desde el punto de vista sísmico. Estos parámetros pueden ser eventos más destructores en la región y su punto o lugar de origen (epicentro), la máxima intensidad sísmica probable en la zona, las aceleraciones máximas que se han presentado, el patrón de propagación y atenuación de las ondas sísmicas en el terreno y la posible relación de atenuación que se presenta en la zona de estudio.

2.3.3 MICROZONIFICACIÓN E INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA

Adicionalmente, se realiza la microzonificación sísmica del terreno del sector, estudio no contemplado inicialmente en el proyecto, con la finalidad de efectuar su instrumentación sísmica en diferentes puntos estratégicamente seleccionados, tratando de cubrir todo el sector, a los fines de realizar mediciones programadas de vibración ambiental con miras a obtener los registros de vibración digitalizados requeridos para la determinación de los parámetros dinámicos del suelo que caracterizan su comportamiento dinámico y los posibles efectos de sitio, frecuencia y período de vibración predominante, y amplificación relativa máxima esperada en cada sitio de medición. Estos valores son obtenidos con uso de los espectros de Fourier de los registros de vibración ambiental capturados en cada sitio y la aplicación de la Técnica de Nakamura o de los cocientes espectrales, razón entre los espectros horizontales y verticales, técnica ampliamente usada y mundialmente aceptada.

Estos parámetros y el comportamiento dinámico observado del suelo permitirán hacer las respectivas estimaciones con relación a posibles efectos negativos sobre las

edificaciones existentes debido a los efectos de sitio y posibles fenómenos de resonancia entre edificaciones y terreno de fundación.

Se fijaron nueve (9) estaciones sismométricas para la microzonificación sísmica de la zona de estudio, con la finalidad de cubrir la totalidad de su extensión, así como, poder capturar los posibles puntos o sitios de discontinuidades o de comportamiento dinámico irregular. En cada estación se midieron las vibraciones ambientales durante diez (10) ventanas continuas de 30 segundos cada una.

2.3.4 ESTUDIO ESTRUCTURAL: VULNERABILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO ASOCIADA A EDIFICACIONES Y URBANISMO

Estudio de la vulnerabilidad de las edificaciones desde el punto de vista sísmico, vulnerabilidad sísmica, entendida como el nivel de daños esperados o previsibles en las edificaciones y demás componentes constituyentes del conjunto urbanístico durante la ocurrencia de un evento sísmico, cuyo poder destructor sea considerado dentro del rango de moderado a severo. La vulnerabilidad sísmica de centros poblados o de áreas urbanizadas depende en forma directa del nivel de daños esperados en las construcciones que se encuentran dentro de los límites físicos del asentamiento poblacional ante la ocurrencia de sismos moderados a severos y a una cierta distancia epicentral determinada. El estudio se basa fundamentalmente en el análisis específico de la tipología constructiva, técnica de construcción utilizada, calidad de los detalles constructivos y calidad de materiales y de mano de obra. El inventario de edificaciones y su tipología constructiva existente es enfrentada a la clasificación de tipologías constructivas vulnerables dadas por la Escala Macrosísmica Europea del año 1998 (EMS-98), con la finalidad de obtener su posible vulnerabilidad y grado de daño ante la posible ocurrencia de un evento sísmico de características moderadas a severas.

Se trata entonces, de la determinación de la vulnerabilidad y susceptibilidad de daños de suelos y edificaciones existentes fundamentándose en los datos técnicos obtenidos, en las observaciones realizadas y en la experiencia adquirida de sismos recientes ocurridos en localidades con condiciones geotécnicas, urbanísticas y constructivas similares. Determinación de cuadros resumen, gráficos ilustrativos y Mapas de Vulnerabilidad Sísmica que considere las diferentes tipologías estructurales, niveles de daño actuales y potenciales, magnitudes y/o intensidades sísmicas máximas probables y condiciones locales del suelo de fundación en la zona. Adicionalmente, identificación y reconocimiento de las posibles causas de daños de suelos y edificaciones por causa de un evento sísmico de características moderadas a severas.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO

En función de las investigaciones realizadas y resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, se obtuvieron los resultados siguientes:

2.4.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO, GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

Determinación de tres zonas o unidades geológicas claramente diferenciadas (Figura 3):

- **Unidad N° 1.** Ocupa la parte sur de la zona de estudio, localizada en la parte más baja del sector, y corresponde a suelos con características similares a los de la terraza de Mérida. Esta parte está constituida por material detrítico aportado por los diferentes eventos aluviales del Cuaternario. Los terrenos de esta unidad presentan pendientes entre 4% y 8% y pueden considerarse como estables, ya que las características geológicas y geomorfológicas de los materiales que los constituyen no presentan problemas serios de comportamiento geotécnico.

- **Unidad N° 2.** Ocupa la mayor extensión espacial dentro del área de estudio, incluido una parte importante del casco poblado del sector. Corresponde a la vertiente media de la zona e incluye los sitios influenciados por cauces de quebradas que disectan el sector. Posee una topografía irregular con pendientes que superan el 30%. Estos terrenos son los que presentan mayores problemas de estabilidad, ya que se encuentran sometidos a condiciones geológicas y geomorfológicas muy desfavorables, con pendientes muy fuertes, material coluvial, heterométrico, no consolidado y afectados por procesos de remoción de masas. Esta características hacen que las condiciones geotécnicas de esta zona sean precarias y, en consecuencia, inestables.
- **Unidad N° 3.** Esta unidad se localiza en los sectores más altos de la vertiente, parte norte del sector. Aquí aflora, de manera predominante, la Formación Sabaneta (Paleozóico Superior) con una litología compuesta fundamentalmente por metaconglomerados, filitas y metaareniscas. Presenta perfiles de alteración bastante profundos como resultado de la meteorización. La estructura de la roca que aflora y su disposición favorecen altamente su grado de estabilidad.

El análisis de las unidades antes citadas permite concluir, de manera muy categórica, que la gran mayoría de la zona poblada ocupada por el sector Pan de Azúcar es un área bajo condiciones de inestabilidad potencial en su estado natural, que se encuentra en equilibrio precario o crítico, ya que todos los factores geológicos y geomorfológicos de incidencia geotécnica se combinan de una manera muy desfavorable. En este sentido, cualquier intervención mal planificada en esa zona puede romper este equilibrio crítico y desencadenar la activación de todos los procesos perjudiciales ya descritos, acarreado

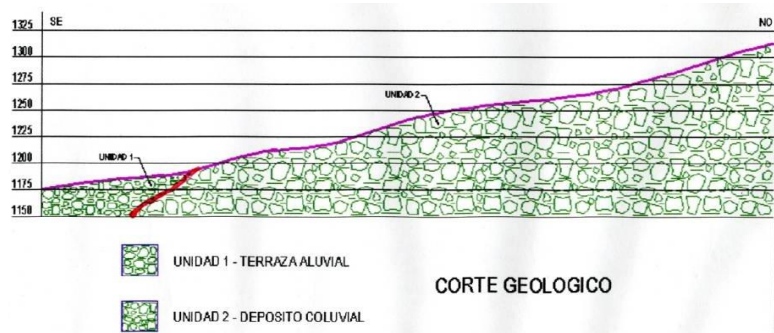


FIGURA 3. Corte Geológico de la Zona. Aparecen sólo dos Unidades. Fuente: Montilla *et al.*, 2002.

grandes riesgos naturales para los habitantes del sector. Como resultado de esta etapa del proyecto, se elaboraron dos planos, el plano de pendientes del terreno y el plano de Geología del Sector, en el que aparecen indicadas claramente las tres unidades antes descritas. Esta información fue incorporada en la elaboración del plano síntesis de vulnerabilidad de edificaciones y de suelos, así como de uso recomendado de la tierra del sector Pan de Azúcar.

2.4.2 ESTUDIO SÍSMICO. SISMOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

El resultado de este estudio fue la investigación sobre la sismología y la sismicidad histórica e instrumental de la zona de estudio que permitió determinar:

2.4.2.1 RELACIÓN O FUNCIÓN DE ATENUACIÓN APLICABLE A LA ZONA DE ESTUDIO

Se estableció que la relación de atenuación que más se ajusta a la zona de estudio está dada por la Ecuación 1:

$$\log(a) = 0.65 + 0.54 M - 1.49 \log(R) \quad (\text{Ec.1})$$

La Ecuación 1, para un mejor manejo, desde el punto de vista de la investigación propuesta, puede escribirse en función de la Intensidad Sísmica *I*, dada por la Escala de Mercalli Modificada, de la manera siguiente por la Ec.2:

$$\log(a) = 0.248 + 0.276 I \quad (\text{Ec.2})$$

2.4.2.2 LOCALIZACIÓN DE LA INTENSIDAD MACROSÍSMICA MÁXIMA PROBABLE ESTIMADA EN LA ZONA

Fundamentada en las curvas isosistas o de igual intensidad sísmica para los máximos eventos catastróficos ocurridos en la zona de estudio, el terremoto del año 1812 y el gran terremoto de los andes del año 1894. El rango de intensidades máximas probables esperada en la zona está entre VIII y IX de la Escala de Mercalli Modificada. En este sentido, de acuerdo a la Ecuación 2, para el escenario sísmico más probable se estima una intensidad de VIII y una aceleración esperada del terreno de 0,29 g, y para el escenario sísmico máximo probable una intensidad de IX y una aceleración máxima esperada del terreno de 0,55 g, con g, aceleración de gravedad de la tierra ($1\text{ g} = 981\text{ m/seg}^2$).

2.4.2.3 UBICACIÓN DE UNA TRAZA DE FALLA SÍSMICA LOCAL, QUE ATRAVIESA EL SECTOR PAN DE AZÚCAR EN DIRECCIÓN APROXIMADA SUROESTE-NORESTE (FIGURA 4)

Este elemento puede hacer que en el sector se presenten aceleraciones superiores a las esperadas, que se obtendrían con uso de la Ecuación 2. Adicionalmente al hecho de que en

caso de ocurrencia de un terremoto local, de magnitud fuerte a severa, pudiera darse el caso de grandes intensidades y amplificaciones sísmicas en el terreno, aceleraciones máximas por encima de los valores esperados y, muy probablemente, una zona de ruptura que agravaría los efectos del terremoto sobre esa zona.

2.4.3 MICROZONIFICACIÓN, INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA Y COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

Esta etapa del proyecto de investigación tuvo como resultados la obtención de los valores dinámicos característicos del suelo del sector en cada estación sismométrica. Encontrándose que, dependiendo de la zona o unidad donde se encuentre la estación, los efectos de sitio varían de una zona o unidad a otra. En la figura 5, se muestran las funciones de transferencia de las mediciones realizadas y de transferencia promedio en estaciones sismométricas representativas de cada unidad que constituye el perfil geológico-geomorfológico del terreno, Estación Z02-Unidad N° 1; Estación Z04-Unidad N° 2 y estación Z08-Unidad N° 3. Se puede notar, al observar las gráficas mostradas, que existe

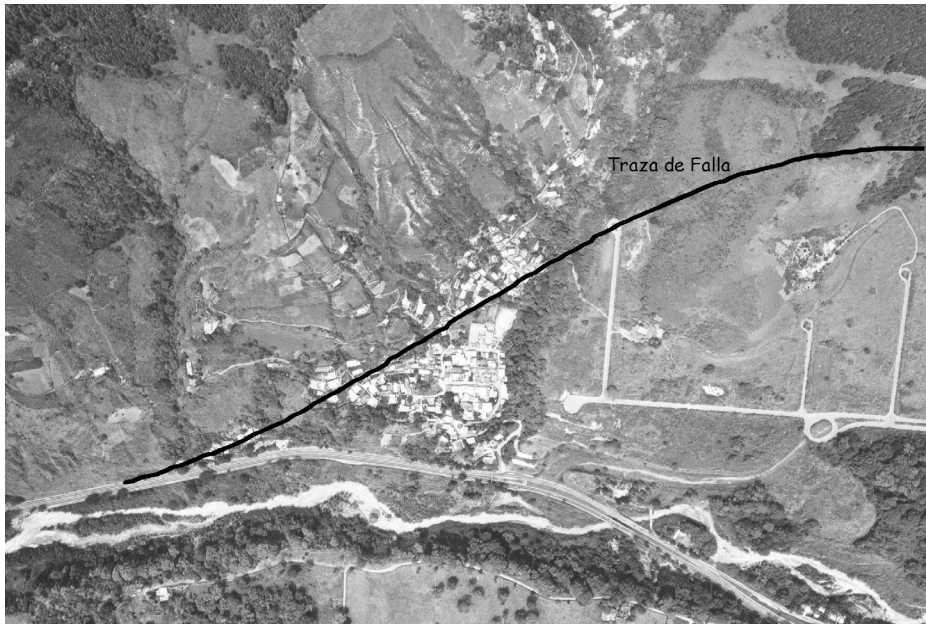


FIGURA 4. Foto aérea del sector Pan de Azúcar. La línea negra gruesa representa la traza de falla observada en el campo y por fotointerpretación. Cortesía IMPRADEM-Mérida.

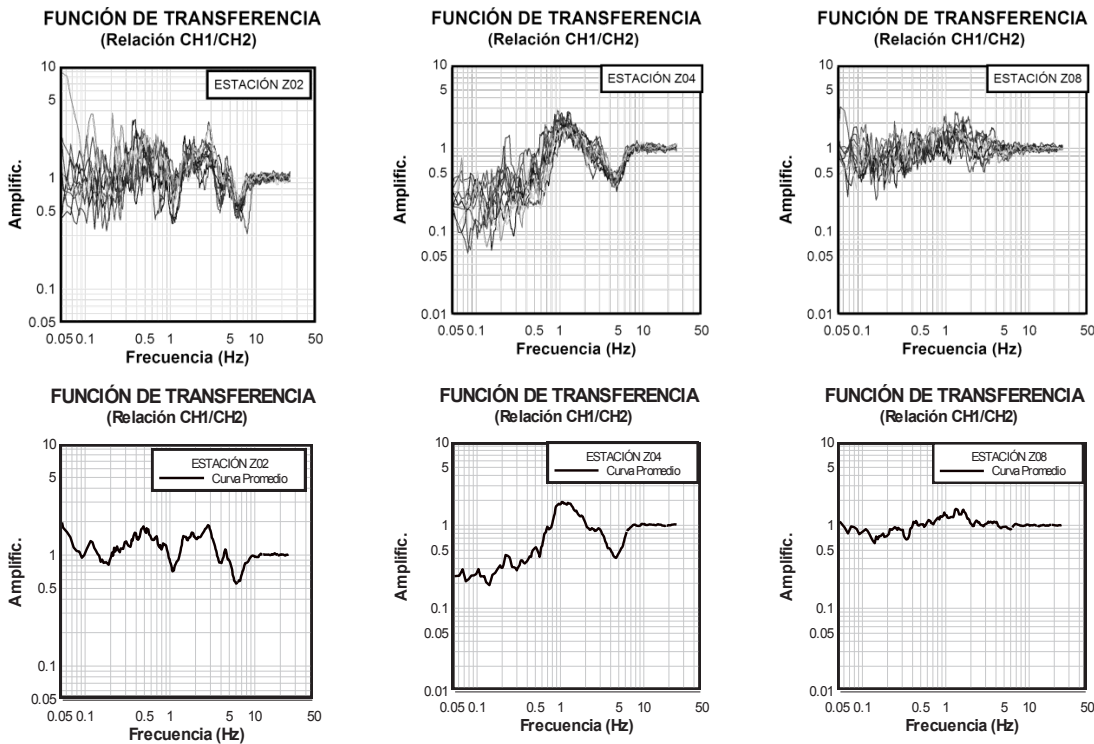


FIGURA 5. Cocientes Espectrales (Nakamura-HVSR) (sup.) y cociente espectral promedio (inf.) de los registros para las estaciones sismométricas representativas. Fuente: Montilla *et al.*, 2002.

una especie de aflojamiento del terreno en la estación correspondiente a la zona 2, Estación Sismométrica Z05, denotado por un valor más bajo de la frecuencia predominante y un valor más alto de la amplificación relativa probable en dicha estación. Los valores de frecuencia predominante y amplificación relativa van desde 1.90 Hz y 1.80 (Estación Z02), 1.15 Hz y 2.00 (Estación Z04), hasta 1.75 Hz y 1.70 (Estación Z08), respectivamente.

Esta parte del estudio permitió identificar y clarificar, en concordancia con el estudio geotécnico y geológico de la parte 1, la existencia de una zona de transición en el terreno del sector, con propiedades dinámicas erráticas, irregulares y que la caracterizan como altamente inestable para fines de asentamiento de construcciones civiles sobre él, por lo que se indica en las recomendaciones técnicas la inviabilidad de su uso para tales fines.





2.4.4 ESTUDIO ESTRUCTURAL: VULNERABILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO ASOCIADA A EDIFICACIONES Y URBANISMO

Esta etapa permitió, mediante el inventario de las construcciones del sector, determinar las tipologías constructivas existentes en la zona, encontrándose un total de trescientas cuarenta y siete (347) edificaciones, distribuidas en un número de nueve (9) tipologías estructurales constructivas. Algunas de las construcciones existentes presentan combinaciones entre diferentes tipologías constructivas. El cuadro 1 muestra las diferentes tipologías encontradas en la zona de estudio ordenadas en orden descendente de vulnerabilidad sísmica, de la Tipo I, de mayor vulnerabilidad, a la Tipo IX, de menor vulnerabilidad. Las tipologías constructivas existentes, de acuerdo a su grado de vulnerabilidad establecido por la EMS-98 (Grünthal, 1998), fueron ubicadas en cuatro (4) clases de vulnerabilidad aplicables a la zona de estudio, igualmente de mayor grado, color rojo intenso, a

menor grado de vulnerabilidad, color verde, tal como se muestra en el cuadro 2. Adicionalmente, los cuadros 1 y 2 muestran el inventario realizado de las construcciones, de acuerdo a su tipología constructiva y a la clasificación

realizada por clase de vulnerabilidad, respectivamente, así como, los porcentajes de cada tipología constructiva y clase de vulnerabilidad con respecto a la población total de edificaciones.

CUADRO 1. Tipología constructiva en el Sector Pan de Azúcar.

TIPO	Tipología Construcción	Configuración o Sistema Estructural	Tipo de Techo y/o Entrepiso (Predominante)	COLOR Tipología	Nº de Construcciones (%)	Detalle
I	TRADICIONAL (TÍPICA-ADOBE)	ADOBE	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o de Asbesto		55 (15.85)	
II	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	BLOQUE TRABADO	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o de Asbesto		91 (26.22)	
III	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	MACHONES	Losa de Concreto y Tabeles y/o Cubierta Pesada de Tejas.		04 (1.15)	
IV	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	MACHONES	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o de Asbesto		91 (26.22)	

TIPO	Tipología Construcción	Configuración o Sistema Estructural	Tipo de Techo y/o Entrepiso (Predominante)	COLOR Tipología	Nº de Construcciones (%)	Detalle
V	ARTESANAL (RANCHO)	Sin Estructura o Estruct. Informal de Madera y/o Metal	Cubierta y paredes de material liviano		07 (2.02)	
VI	TRADICIONAL	BAHAREQUE	Cubierta liviana		02 (0.58)	
VII	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO	Losa de Concreto y Tabelones o Losa Maciza Concreto		86 (24.78)	
VIII	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	VIGAS Y COLUMNAS DE ACERO	Losa de Concreto y Tabelones		06 (1.73)	
IX	DISEÑO INGENIERIL	ESTRUCTURA APORTICADA	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o de Asbesto		05 (1.44)	

CUADRO 2.
Clasificación de la vulnerabilidad sísmica basada en la EMS-98.

CLASE Vulnerabilidad	Tipo	Tipología Construcción	Configuración o Sistema Estructural	Tipo de Techo y/o Entrepiso (Predominante)	Color Clase	Nº de Edificaciones (%)
A	I	TRADICIONAL (TÍPICA ADOBE)	ADOBE	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o Asbesto		146 (42.07)
	II	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	BLOQUE TRABADO	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o Asbesto		
B	III	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	MACHONES	Losa de Concreto y Tablones y/o Cubierta Pesada Tejas.		04 (1.15)
C	IV	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	MACHONES	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o de Asbesto		186 (53.60)
	V	ARTESANAL (RANCHO)	SIN ESTRUCT O ESTRUCT INFORMAL MADERA Y/O METAL	Cubierta y paredes de material liviano		
	VI	TRADICIONAL (BAHAREQUE)	BAHAREQUE	Cubierta liviana de tejas y/o lámina metálica o de asbesto		
	VII	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO	Losa de Concreto y Tablones o Losa Maciza Concreto		
D	VIII	ARTESANAL (Bloque de Arcilla)	VIGAS Y COLUMNAS DE ACERO	Losa de Concreto y Tablones		11 (3.17)
	IX	DISEÑO INGENIERIL	ESTRUCTURA APORTICADA	Cubierta Liviana de Tejas y/o Lámina Metálica o Asbesto		

En el caso de combinación de tipologías, los proyectistas tomaron como criterio de clasificación el de ubicar a la construcción en la clasificación más desfavorable para la edificación, ya que, es altamente probable que la tipología constructiva de mayor vulnerabilidad predomine o incida negativamente sobre la tipología de menor vulnerabilidad. Finalmente, se plantea el escenario de daños sísmicos más probable, correspondiente a una intensidad sísmica de VIII en la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada, encontrándose que cerca de 168 edificaciones del sector, 48.4% de la población total, resultarán seriamente dañadas, de las cuales 96 serán destruidas o colapsaran y, 72 resultaran con daños graves a severos.

En la figura 6, Plano Síntesis del Proyecto, resumen de la geología, clasificación de la Vulnerabilidad de Edificaciones de acuerdo a la EMS-98, susceptibilidad al daño y vulnerabilidad del terreno y uso recomendado de la tierra se muestran los resultados relacionados con esta etapa del proyecto.

2.4.5 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO Y USO RECOMENDADO DE LA TIERRA

Con base al estudio geotécnico y geológico, pendientes y relieve del terreno y las observaciones realizadas durante la microzonificación sísmica, se efectuó la división territorial del terreno ocupado por el sector Pan de Azúcar, en tres grandes zonas o unidades, claramente

diferenciadas, las cuales pueden visualizarse en la figura 6, Plano Síntesis del Proyecto:

- Unidad N° 1.** Zona que coincide con la terraza de la Ciudad de Mérida, caracterizada por suelos granulares, relieves muy suaves y una topografía evidentemente plana. Las características geotécnicas obtenidas para este tipo de suelos indican muy poca susceptibilidad a la inestabilidad, son suelos muy favorables para el diseño y construcción de edificaciones con fundaciones profundas o superficiales. En esta zona se recomienda como la más apropiada y estable para la ubicación de asentamientos nuevos o reubicación de los ya existentes.
- Unidad N° 2.** Los suelos que ocupan esta zona deben ser objeto de estudios minuciosos y detallados a la hora de realizar cualquier proyecto de ingeniería, debido a que presentan una tendencia a la inestabilidad generalizada. Los movimientos en masa, las fuertes pendientes y el régimen de infiltración que afecta a los suelos arcillosos, son limitantes importantes desde el punto de vista geotécnico, ya que tiene grandes implicaciones en la estabilidad de las fundaciones de las edificaciones que se asienten sobre él. Esta zona no debería tomarse en cuenta con fines de diseñar nuevos asentamientos o de reubicar los asientos urbanísticos ya existentes, por lo que se recomienda, dentro del análisis de susceptibilidad al daño y uso recomendable de la tierra, utilizar estos espacios, en caso de necesidad, considerar sus fuertes restricciones y prescripciones geotécnicas desfavorables.
- Unidad N° 3.** Esta unidad, en base a la investigación realizada y a los resultados de los análisis efectuados, no presenta problemas serios de inestabilidad geotécnica. Se recomienda su uso geotécnico, previa evaluación detallada de los riesgos, a través

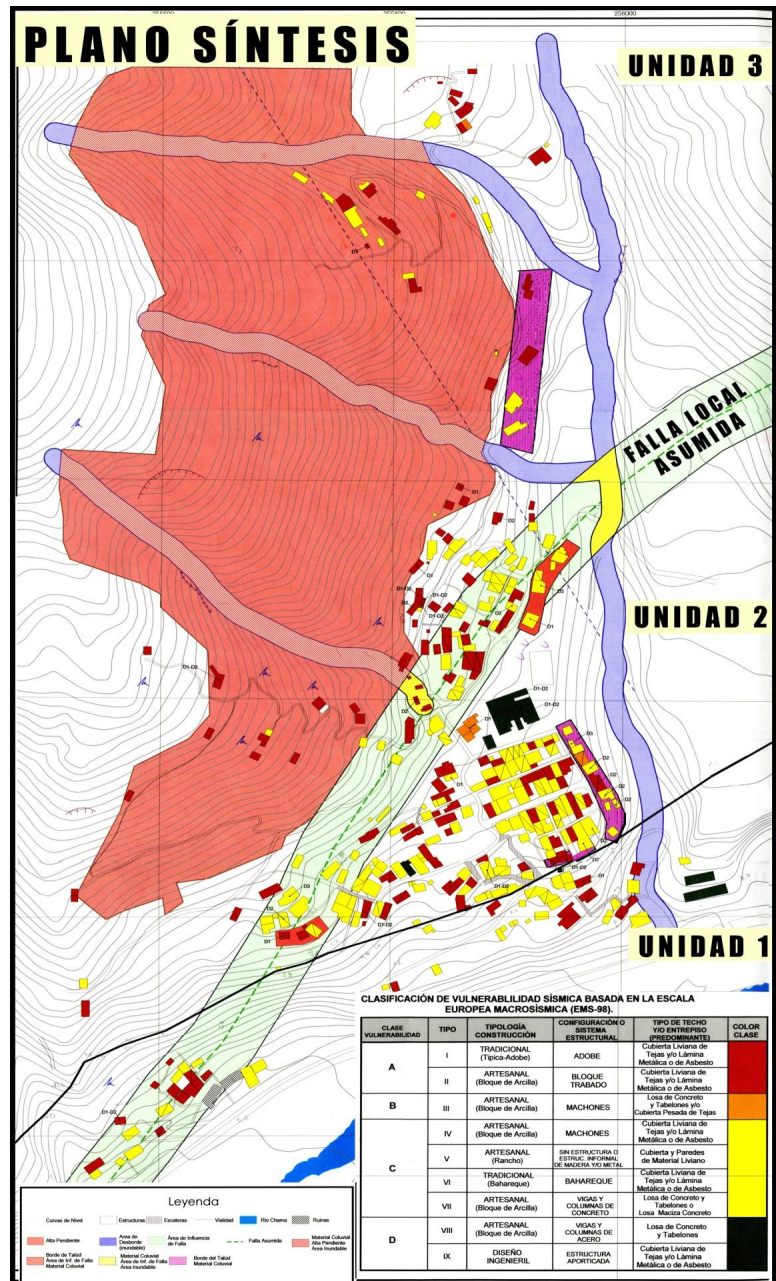


FIGURA 6. Plano síntesis del proyecto de vulnerabilidad sísmica, sus unidades/zonas y el uso recomendado de la tierra. Fuente: Montilla et al., 2002.

de estudios específicos enmarcados dentro del contexto geotécnico, geológico y geomorfológico, que caracterizan al área de estudio. Esta zona es también recomendable para el desarrollo de nuevos asentamientos y posible reubicación de los ya existentes. Adicionalmente, en la figura 6, Plano Sínte-

sis del Proyecto, se plasman, en forma gráfica, las observaciones, recomendaciones y limitaciones en cuanto al uso y disposición de la tierra con miras a nuevos asentamientos de edificaciones, así como, la posibilidad de reubicación de las ya existentes. Aparecen señaladas franjas o zonas limitativas del uso de la tierra con fines urbanísticos fundamentadas en las observaciones, mediciones y análisis realizados de inestabilidad y vulnerabilidad del terreno, posibles zonas de crecidas de cauces naturales de aguas de drenaje y escorrentía, así como, la existencia de la falla geológica local ya comentada.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN REFERIDOS A LAS FASES DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Las fases de la evaluación realizada se adecuan a la estructura presentada por Monterde (2010) y NSF (2002), en la cual se reflejan cinco (5) fases fundamentales, consecutivas e interrelacionadas, a saber:

2.5.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Fase inicial que, además de encargarse de la recolección de la información básica del proyecto, muestra en líneas generales el modelo lógico conceptual sobre el que se desarrolla y fundamenta el proyecto en cuestión. Esta fase permitió identificar los puntos clave sobre los cuales enfatizar o dirigir la evaluación, lo cual constituye y orienta el diseño de la evaluación a realizar. En este sentido, se considera que la información recabada y el modelo lógico seguido en la elaboración y desarrollo del proyecto fueron acertados, ya que, tanto la metodología seguida, procedimiento y criterios establecidos para la ejecución del proyecto, así como sus resultados, se ajustan adecuadamente al logro de los objetivos y metas propuestas en el proyecto. Esta fase se cumplió con satisfacción en la primera parte de este trabajo. En este caso, el diseño de la evaluación a seguir en muy simple y directo, el cumplimiento de los criterios

básicos de evaluación de proyectos, tal como lo presenta Monterde (2010) en la rueda de cinco (5) componentes o criterios básicos (CAD) de la figura 1.

2.5.2 PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS

Esta fase tuvo que ver con la preparación y presentación de la información obtenida sobre el proyecto, incluidos datos y resultados, con miras a efectuar el análisis requerido con base al diseño de la evaluación a seguir. En la presente evaluación, la información presentada sobre el proyecto ha sido realizada con miras al cumplimiento de dicho diseño, es decir, se ha organizado y presentado la información relevante sobre el proyecto, contenido, desarrollo y resultados, con miras a ser evaluado desde la perspectiva del diseño de la evaluación propuesta para este proyecto de investigación.

2.5.3 ANÁLISIS DE DATOS DEL PROYECTO

Los datos recabados como parte del desarrollo del proyecto, tal como fue planificado, fueron los necesarios y suficientes para su cabal ejecución. Toda la información requerida para el logro de los objetivos propuestos en el proyecto fue obtenida con claridad y precisión.

En el orden efectuado, los datos aportados por cada una de las etapas del proyecto fueron claves en su ejecución y resultados obtenidos. En este sentido, con la intención de claridad y economía de espacio, el análisis de la información recabada en cada etapa del proyecto es realizada al mismo tiempo de su presentación en este trabajo, así como la interpretación de resultados es efectuada en la misma presentación del proyecto, en sus respectivas fases de descripción, desarrollo, metodología, resultados y conclusiones finales y recomendaciones, antes descritas detalladamente.

Es importante señalar que la fase correspondiente al estudio sísmico, sismología y sismicidad de la zona de estudio permitió la

detección y ubicación de una falla sísmica local activa que atraviesa el sector, así como, resaltar el estudio estructural, basado en el inventario de las edificaciones existentes en el sector objeto del proyecto, que logró la identificación de las diferentes tipologías constructivas existentes en la zona, así como, establecer su nivel de vulnerabilidad con base a la clasificación de vulnerabilidad de la Escala Macrosísmica Europea EMS-98, y en la experiencia adquirida derivada de escenarios de ocurrencia de terremotos destructores en Venezuela y otros países de la región latinoamericana con tipologías constructivas y características similares. Igualmente, la realización de algunas fases, procedimientos y datos adicionales no contemplados al principio del proyecto, tales como la microzonificación e instrumentación sísmica del terreno con miras a realizar mediciones de vibraciones ambientales para la determinación de los parámetros dinámicos del suelo o efectos de sitio, que definen el comportamiento dinámico del suelo, aspecto importante a tomar en cuenta para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones asentadas sobre él.

2.5.4 INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS DEL PROYECTO

Esta fase, al igual que todas las anteriores, fue desarrollada y cumplida en cada fase respectiva del proyecto. Específicamente, en cuanto a interpretación de datos y resultados obtenidos se planteó en el presente trabajo una sección especial sobre este tópico. Se considera que los resultados obtenidos se corresponden con los objetivos específicos formulados al inicio del proyecto.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de este apartado final, se realiza en dos partes: la primera, referida al proyecto técnico relacionado con la vulnerabilidad sísmica de algunas de las tipologías constructivas encon-

tradas en la zona, así como, de las deficiencias constructivas detectadas y nivel de daño presente en algunas de las edificaciones que contribuyen grande y negativamente en la vulnerabilidad de las mismas; la segunda, referida a los cinco (5) componentes o criterios básicos (CAD) de la rueda de evaluación presentada por Monterde (2010):

3.1 PRINCIPALES Y MÁS NOTORIAS CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO TÉCNICO RELACIONADO CON LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

- a) *Vulnerabilidad Sísmica elevada.* Una gran cantidad de edificaciones, un número de 168 del total de la población, están en una clasificación de vulnerabilidad alta, representando un alto porcentaje de la población, cerca del 48.4%, en condición de alto riesgo y daños sísmicos, colapso, destrucción o daños graves, ante la ocurrencia de un evento sísmico de características fuertes a severas, los cuales, por la sismicidad histórica y por ser zona de alto riesgo sísmico, tiene a su vez alta probabilidad de ocurrencia en la zona de estudio.
- b) *Tipologías constructivas altamente vulnerables.* La presencia importante de tipologías altamente vulnerables, como la artesanal de bloque trabado de arcilla cocida, sin elementos estructurales adicionales, cerca de un 26.2% del total de la población, y la artesanal de bloque de arcilla cocida y machones de concreto armado, cerca de un 27.4% del total de edificaciones, cuyo comportamiento y competencia ante sismos es altamente deficiente, incrementa considerablemente la vulnerabilidad de las edificaciones realizadas con esta tipología. Las tipologías vulnerables a muy vulnerables representan un elevado porcentaje del 69.5%, 241 construcciones de las 347 que conforman el total de las edificaciones del

sector. Estas tipologías deben ser eliminadas o sustituidas a objeto de minimizar o mitigar los posibles efectos destructores de los terremotos en zonas populares como esta.

- c) *Inestabilidad de suelos y taludes.* La zona de transición determinada en el estudio geotécnico y geológico, confirmada por el estudio de microzonificación y comportamiento dinámico del suelo, es una zona de alta inestabilidad y comportamiento irregular del terreno, razón por la cual no es apta para el asentamiento de edificaciones futuras, debiendo evitarse construir en ella, así como, tratar de reubicar las edificaciones existentes allí. Existe un número importante de construcciones que presentan daños localizados, aproximadamente 34 construcciones, cerca del 10% de la población total de construcciones del sector, los cuales están asociados a inestabilidad de taludes, deslizamientos de terreno, baja calidad de obra y deficiencias constructivas. La mayoría de las edificaciones dañadas por efectos de inestabilidad del suelo se encuentran en la zona/unidad 2 o zona de transición.
- d) *Calidad de obra y de materiales de construcción.* Baja calidad de obra. Utilización de materiales de construcción no aptos para uso estructural, así como, baja calidad de los agregados y del concreto, refuerzos insuficientes, mala colocación y deficientes detallados de aceros en los elementos estructurales de concreto armado. Los elementos estructurales, cuando existen, están mal dispuestos o no están bien proporcionados y reforzados adecuadamente. Se aprecia una baja preparación y calificación en la mano de obra de la mayoría de las edificaciones.
- e) *Construcción informal, sin observancia de prescripciones técnicas mínimas.* Se observa, salvo algunos casos muy específicos, ausencia absoluta de observación e implementación de normas de diseño y construcción sismorresistente. Se aprecia la utilización creciente de losa de tableros en las edificaciones, cerca de un 30% de la población total, cuya construcción no ha sido ejecutada correctamente, sin previsiones técnicas mínimas de adherencia, anclaje y fijación al sistema estructural de la edificación. En muchos casos, se observa la fundación de columnas aisladas en el borde de taludes y/o con poca profundidad. Todas estas carencias estructurales son críticas, ya que incrementan la vulnerabilidad sísmica y ponen en riesgo adicional a la edificación que la posee.
- f) *Construcciones de edificaciones sobre bordes de taludes o terrenos con pendiente excesiva.* Existe un grupo importante de edificaciones asentadas sobre bordes de taludes y en pendientes pronunciadas, con el consecuente riesgo elevado de derrumbe de las edificaciones producto del deslizamiento de tierras, ya sea por pérdida de sustentación o por sobrecargas producto de deslizamientos sobre las edificaciones.
- g) *Susceptibilidad al daño y uso recomendado de la tierra.* Urge la necesidad de atender las recomendaciones y limitaciones emanadas de este estudio, plasmadas en el Plano Síntesis, figura 6, especialmente, en todo aquello relacionado con las zonas susceptibles de daño, inestables y restringidas para su uso con fines de construcciones futuras. Igualmente, atender la posible reubicación de las edificaciones existentes asentadas en dichas zonas restringidas de uso. En este sentido, es necesario y urgente la pronta ejecución y puesta en práctica de un plan de ordenamiento urbano u ordenanza que regule de manera oficial las construcciones, crecimiento y desarrollo urbanístico futuro de este sector, con la incorporación

de las observaciones y recomendaciones derivadas de este estudio, relacionadas con el uso recomendado de la tierra y las zonas restringidas o protectoras indicadas.

- h) *Drenaje inadecuado de aguas de lluvia y de escorrentía.* La totalidad de las vías de acceso y de circulación de la zona, así como las obras de servicio, se encuentran afectadas por carencia casi absoluta de obras de drenaje adecuado y por la acción permanente de la escorrentía de las aguas de lluvia. Esta acción es particularmente dañina en este tipo de suelos de composición gravo-arenosa, ya que produce el lavado de finos y material cementante del suelo, causando la pérdida de adherencia y cohesión en la masa de suelo que provoca el desmoronamiento y derrumbe de taludes.

Como soporte al proyecto y para un uso más eficiente, práctico y adecuado de la información, análisis y resultados obtenidos por parte del ente contratante y demás organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, se entregaron planos, físicos y digitalizados, de pendientes del terreno del Sector Pan de Azúcar, de Geología General de la zona de estudio, del inventario de tipologías constructivas de edificaciones existentes, de vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes y un plano síntesis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, ubicación de falla sísmica existente, las zonas restringidas o protegidas debido a eventuales y crecientes cauces de agua producto de escorrentía y de drenajes naturales del terreno, así como, el uso recomendado de la tierra, incluidas las posibles zonas de protección, restricción o desarrollo urbano futuro.

Es conveniente e importante resaltar que, los planos finales elaborados constituyen el aporte final del proyecto, y en ellos quedaron reflejados los resultados relevantes de las investigaciones realizadas sobre la sismología y sismicidad de la región y la zona de estudio,

tipología constructiva de las edificaciones existentes y su vulnerabilidad sísmica, inestabilidades o posibles zonas vulnerables del suelo, así como la investigación complementaria sobre el comportamiento dinámico del suelo de la zona y las correspondientes indicaciones, restricciones o posibilidades de desarrollo, sobre el uso recomendado de la tierra en la zona de estudio. Cualquier personal o ente, oficial o no, que desee consultar los planos para conocer las posibilidades de desarrollo urbano futuro en la zona, incluidas las restricciones, limitaciones y zonas protectoras del área de estudio, con un mínimo de conocimientos técnicos, podrá leer, visualizar, interpretar y obtener fácilmente, de manera rápida, precisa y práctica, la información requerida y necesaria para la toma de la decisión más ajustada y adecuada posible a las condiciones y uso recomendado del terreno, sus vulnerabilidades posibles, existentes y potenciales, así como, las tipologías constructivas más vulnerables y con mayor daño esperado en el sector Pan de Azúcar, zona de aplicación e influencia del proyecto de investigación efectuado.

3.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES REFERIDAS A LOS CINCO (5) COMPONENTES O CRITERIOS BÁSICOS (CAD) DE LA RUEDA DE EVALUACIÓN PRESENTADA POR MONTERDE (2010)

La evaluación simple y directa realizada al proyecto, en correspondencia con los cinco (5) componentes o criterios básicos (CAD) de la rueda de evaluación presentada por Monterde (2010), y en orden de aplicación al proyecto objeto del presente trabajo, se puede hacer mención seguidamente a los principales aspectos concluyentes del mismo:

- a) *Eficacia.* Los objetivos específicos establecidos para el proyecto de investigación objeto del presente trabajo fueron cumplidos a cabalidad. Puede decirse, en base a los resultados obtenidos y a la información presentada ante el ente contratante, que

se alcanzó un nivel de eficacia del 100% en el cumplimiento del alcance y los objetivos propuestos en el proyecto.

Se reconoce que en la fase de obtención de los resultados del proyecto se pudo haber aplicado la metodología utilizada de manera más amplia y más evaluativa, específicamente en cuanto a la determinación de los posibles escenarios de daños sísmicos, los cuales han podido hacerse un poco más amplios, tratando de cubrir todos los posibles escenarios de ocurrencias de sismos, desde moderados a destructores, por lo que, se hubiera tenido un mayor espectro del nivel de daños sísmicos ocurridos para cada escenario planteado, así como, la función de vulnerabilidad probable para cada clase de vulnerabilidad establecida por la EMS-98 en la zona. Sin embargo, esto no era un objetivo específico del proyecto, ya que sólo se trataba de determinar la vulnerabilidad sísmica ante la probable ocurrencia de un evento sísmico severo a destructor.

Por otra parte, se recomienda la calibración de la clasificación dada por la EMS-98, en cuanto a nivel de daños de las edificaciones por clase de vulnerabilidad, con valores, observaciones y experiencias obtenidas en escenarios de ocurrencia sísmica propios del país y de la región circunvecina, cuyas características, materiales, metodologías y tipologías constructivas son más similares a las de la zona de estudio.

- b) *Eficiencia.* En este proyecto de investigación se aplicó el enfoque gerencial característico de los proyectos que asume la Unidad de Asesoría, Proyectos e Innovación Tecnológica de la Universidad de Los Andes (UAPIT-ULA), relacionado con la ejecución de la totalidad de las acciones requeridas, con calidad y con una ejecución óptima de los recursos disponibles, es decir, el enfoque dual, eficiencia con un máximo beneficio o rendimiento al mínimo costo posible.

Esto fue demostrado por el hecho de que se efectuó la totalidad de las actividades y fases previstas en el proyecto, incluso con algunas adicionales no contempladas al principio, ya mencionadas, con alto nivel de tecnología y profesionalización que garantizaron la calidad del proyecto, y sólo se ejecutó un 70% de los recursos presupuestarios estimados para su realización. El proyecto fue desarrollado por la Universidad de Los Andes (UAPIT-ULA) con recursos provenientes del Estado Venezolano, por intermedio de la Gobernación del Estado Mérida, Venezuela.

- c) *Viabilidad.* La viabilidad del proyecto lo constituye el 100% de eficacia en la obtención de los objetivos propuestos para su formulación. Una vez alcanzados los objetivos propuestos, su continuidad o sostenibilidad en el tiempo dependerá de las acciones o medidas oficiales tendentes a materializar las conclusiones, observaciones y recomendaciones técnicas tendentes a mitigar o minimizar el impacto desfavorable derivados de la ocurrencia de sismos fuertes a severos en la zona objeto del presente estudio. Si se producen las ordenanzas o planes de ordenamiento urbanísticos requeridos estarán garantizados, no sólo la continuidad, sino el impacto socioeconómico del proyecto de investigación realizado sobre la comunidad beneficiaria del sector, que a fin de cuentas es la motivación principal del proyecto.
- d) *Impacto.* Como ya se ha mencionado, el proyecto de investigación ejecutado tiene importante impacto y repercusiones sobre la comunidad del sector, ya que, sus resultados indican aspectos estructurales y de uso recomendado de la tierra que atañen directamente a los pobladores del sector. Al señalar las tipologías constructivas altamente vulnerables, deficiencias de calidad de obra y de metodologías constructivas,

así como, zonas de restricción de uso de la tierra con fines urbanísticos, se está restringiendo el uso y aplicación de esas tipologías constructivas en el sector y el uso de la tierra en esas zonas. Estas conclusiones y recomendaciones técnicas demandarán, muy seguramente, la realización de normativas urbanísticas tendentes a la regulación del uso de las tipologías constructivas y uso de la tierra, que implicará el uso y disposición de tipologías constructivas y tierras más aptas, así como la posible demolición y reubicación de edificaciones existentes en zonas de alto riesgo, lo que redundará necesariamente en un impacto socioeconómico importante y, por consiguiente, en la calidad de vida en este sector popular del estado, cuya repercusión dependerá fundamentalmente de la ayuda y financiamiento que el Estado pueda ofrecer a través de los organismos oficiales competentes.

El proyecto y sus resultados involucran y comprenden una serie de medidas y disposiciones, fundamentalmente de carácter técnico normativo y de ordenamiento territorial y urbanístico, cuyas consecuencias, repercusiones e impacto, positivo, en cuanto al mejoramiento del hábitat y calidad de vida del habitante del sector, y negativo, en cuanto al impacto socioeconómico que producirán tales medidas y restricciones, deberá ser estimado y evaluado por los organismos competentes a los efectos de garantizar la rehabilitación física y adecuación urbanística del sector con la menor incidencia negativa sobre sus habitantes.

- e) *Pertinencia.* La motivación fundamental del proyecto se materializa al responder éste a las prioridades y necesidades indirectas de la comunidad beneficiaria sobre los objetivos específicos del proyecto, es decir, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y niveles de susceptibilidad al daño y uso recomendado de la tierra,

ya que de la evaluación realizada por el proyecto, en concordancia con los objetivos propuestos, dependerá la posible toma de decisiones e implementación de planes de rehabilitación, reubicación de edificaciones, reordenamiento y mejoramiento territorial y urbanístico, por parte de los entes gubernamentales competentes, con miras a mejoras importantes del hábitat y calidad de vida de los habitantes del sector. Sin estudios como el realizado por el proyecto en evaluación, financiados por un ente gubernamental, no habrá posibilidad de sustentar planes, políticas o programas tendentes al mejoramiento y rehabilitación de zonas urbanas populares de bajos recursos con miras a la mitigación de probables daños sísmicos ante la ocurrencia de escenarios sísmicos moderados a severos.

Al decir que el proyecto responde de manera indirecta a las necesidades y prioridades de la población beneficiaria, se está haciendo referencia a que, el proyecto es pertinente, ya que, aún cuando no resuelve necesidades y requerimientos directos de la población, si atiende a las necesidades relacionadas con el hábitat y entorno social de la comunidad, tales como el reordenamiento y mejoramiento urbanístico actual, así como, el crecimiento y desarrollo futuro del sector, lo que redundará en el aseguramiento de más y mejores servicios públicos, mejoras en la calidad y seguridad estructural de las construcciones por vía normativa, y por consiguiente, una reducción o mitigación importante de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de suelos y edificaciones, lo que repercutirá favorablemente en la reducción sustancial de los daños ocasionados durante la ocurrencia de sismos moderados a severos en la zona objeto del presente estudio.

En definitiva, puede decirse que, en base al análisis e interpretación de datos y resulta-

dos obtenidos, el proyecto realizado cumple en una alta proporción con todos los criterios básicos de evaluación de proyectos, en consecuencia, se considera que el proyecto evaluado, con la incorporación de las recomendaciones y propuestas expuestas, es aplicable y extensible a otras zonas pobladas populares similares, cuya evaluación de la vulnerabilidad sísmica, niveles de susceptibilidad al daño y uso recomendado de la tierra, justifiquen y sustenten la necesidad de planes, proyectos, políticas y normativas tendientes a su rehabilitación física y ordenamiento y acondicionamiento urbanístico con miras al mejoramiento del hábitat, entorno social e incremento en la calidad de vida de sus habitantes.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GRÜNTAL, G. 1998. European Macroseismic Scale 1998, EMS-98. G. Grünthal (Ed.). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Luxembourg. Volumen 15. 182 p.
- ITC/ILO. 2010. Design Manual. International Training Centre/International Labour Organization. Project ITC/ILO, Cooperative Facility for Africa, COOPAfrica, United Republic of Tanzania. En línea: <http://www.ilo.org/coopafrika> [Consultado: 23/11/2010].
- ILO/PARDEV. 2006. International Labour Organization. ILO Technical Cooperation Manual-Version 1. ILO, Geneva. Italy. 130 p.
- MONTERDE, R. 2010. Bloque I. Conceptos generales sobre evaluación. Convenio Universidad Politécnica de Valencia (UPV) España y Universidad de Los Andes (ULA) Venezuela. Curso sobre evaluación de programas. Doctorado de Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 17 p.
- MONTILLA P., J. LAFFAILLE, J. T. CASTRILLO, O. ODREMAN, F. BONGIORNO y G. VÍLCHEZ G. 2002. Habilitación Física de la Zona de Barrios –Programa II: Evaluación de Condiciones Físicas y Análisis de Vulnerabilidad Como Base al Establecimiento de Niveles de Susceptibilidad del Sector Pan de Azúcar, Municipio Campo Elías del Estado Mérida. Proyecto de la Unidad de Asesoría, Proyectos e Innovación Tecnológica de la Universidad de Los Andes (UAPIT-ULA) para el Instituto de Infraestructura del Estado Mérida (INFRAM), Gobernación del Estado Mérida, Mérida, Venezuela. 289 p.
- TAMAYO y TAMAYO, M. 1999. Modulo 5. El proyecto de investigación. Instituto Colombiano Para El Fomento de la Educación Superior, ICFES. Serie Aprender a Investigar. Cali, Colombia. 230 p.
- NSF. 2002. The 2002 User Friendly Handbook for Project Evaluation. The National Science Foundation. Directorate for Education & Human Resources, Arlington, Virginia, USA. 193 p.
- ZARINPOUSH, F. 2006. Project Evaluation Guide for Nonprofit Organizations. Imagine Canadá National Charitable Organization. Canadá. En línea: <http://www.imaginecanada.ca> [Consultado en: 24/11/2010].