

Factores para evaluar la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas, en zonas sísmicas

González Díaz, L.¹ y Vidaud Quintana, I.²

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2007 – Fecha de aceptación: 12 de marzo de 2009

RESUMEN

El análisis de la viabilidad de los proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas en zonas sísmicas se torna complejo y polémico desde el punto de vista de su realización y el enfoque con que éste es llevado a cabo. Persisten limitaciones en los procedimientos empleados, los cuales no permiten una evaluación global del proyecto, concretándose en el análisis de aspectos económicos y obviando otros que por las características de estos proyectos poseen gran significación en esta valoración. La investigación muestra un conjunto de variables e indicadores que conforman un sistema de análisis que permitirá realizar una evaluación integral de la viabilidad de proyectos de este tipo, a partir de la aplicación del *método Delphi* de criterio de expertos, donde los elementos a evaluar propuestos por los investigadores se someten a consideración de un equipo multidisciplinario de especialistas conocedores de la materia, los cuales expresarán sus puntos de vista y contribuirán a su validación. Se utiliza además el *Proceso de Análisis Jerárquico* para definir el peso porcentual de cada uno de los factores, determinándose una ecuación que facilitará el proceso.

Palabras clave: viabilidad, conservación, edificaciones esenciales, zona sísmica.

Elements to evaluate the viability of conservation projects about essentials and not productive buildings in seismic areas

ABSTRACT

The viable analyses of the conservation project about essential and not productive buildings in seismic areas is a very complex and controversy process due to the way it was executed and the focus on which it were concluded. There still exist limitations in the applied procedures, which do not permit a global evaluation of the project, specifically in the analysis of the economic aspects disregarding other aspects which contributes to the characteristics of these projects, having a great significance in the evaluation. This research demonstrates a group of variables and indicators which conforms a system of analysis that allows an integral of the viability of projects of this type. Parting from application of the Delphi method, expert method, where the elements to evaluate proposal by investigators are submitted to a team of multidisciplinary specialists with the knowledge on this subject/topic, who express their views and contribute to its accreditation. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to define the average weight of each factor determining an equation that facilities the processes.

Key words: viability, conservation, essential buildings, seismic areas.

¹ Profesora-Investigadora. Departamento Ingeniería Civil. Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. E-Mail: liliana@fco.uo.edu.cu

² Profesora-Investigadora. Departamento Ingeniería Civil. Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. E-Mail: ingrid@fco.uo.edu.cu

INTRODUCCIÓN

En los últimos decenios, el mundo ha experimentado un alza exponencial en las pérdidas de vidas humanas y económicas provocadas por los desastres naturales. Las razones de las mayores pérdidas radican, fundamentalmente, en el incremento de la vulnerabilidad provocado por ciertas prácticas de desarrollo que no toman en consideración la susceptibilidad a los peligros naturales (Briseño, 2001)

Entre los desastres naturales más significativos se encuentran los terremotos, los cuales son considerados de comienzo súbito. Junto a las inundaciones son los que causan más víctimas en todo el mundo, sobre el 75% de las muertes durante su ocurrencia y a posteriori son causadas por derrumbes de edificios. La mitigación de sus efectos mediante la adopción de medidas preventivas es una actividad altamente rentable en zonas donde existe la posibilidad que ocurran eventos sísmicos severos, por cada peso que se gaste adecuadamente en mitigación, se ahorrarán enormes costos. *“La mitigación no tiene costo, a largo plazo se paga en dinero real y vidas salvadas”*. (Cardona 2003).

La conservación de edificaciones constituye una medida eficaz para mitigar su vulnerabilidad sísmica. Una acción de conservación será eficiente cuando todos los materiales y elementos estructurales del edificio contribuyan a soportar las cargas a que estará sometido una vez que sea intervenido. Esta acción, cuando la carga predominante es el sismo, requiere en muchos casos de un reforzamiento estructural que encarece los trabajos y en muchas ocasiones los recursos necesarios superan a los disponibles. Como resultado, en muchos casos, se lleva a cabo sin reducción de vulnerabilidad. Dicho de una manera directa, la vulnerabilidad se rehabilita en vez de ser reducida. (CEPAL 2003)

En la literatura especializada se abordan algunos aspectos acerca de los costos que inducen las acciones de mitigación. Referidos a los porcentajes que representan los costos de reforzamiento Cardona (1999), utilizando como ejemplo práctico el estudio del Hospital México en 1986 en el cual se consideraron los niveles de riesgos, aspectos estructurales, no estructurales y de índole operativo plantea que el costo de las obras oscila alrededor del 7.8% del valor del hospital. Rosales y Bitrán (1999) estiman a grosso modo que una inversión en mitigación con la que se aumente la resistencia estructural de un hospital cuya construcción se proyecta realizar, puede elevar los costos totales de la obra totalmente equipada entre 1 % y 2 %. El análisis

de casos estudiados para el período 1979-1993 en la región de América Latina y el Caribe, reveló que el costo de las reestructuraciones llevadas a cabo, teniendo en cuenta la necesidad de reducir los efectos de posibles fenómenos naturales, oscilan entre 4 % y 8% del valor de un hospital ya construido. Por otra parte, las consideraciones de la Agencia Federal de los Estados Unidos para el Manejo de Emergencias (FEMA 150) aseguran que “el incremento promedio del costo de las instalaciones de salud debería ser menos del 1,5% del costo de construcción del edificio. Los trabajos de reforzamiento de estructuras, han llegado a representar un costo total que oscila entre el 8 y el 15% del costo de la parte estructural de una obra ya construida. (Bitrán, 1999). Se pone de manifiesto el hecho de que los proyectos de conservación, son considerados de más alto valor económico cuando incluyen el reforzamiento de la estructura como medio de mitigar los daños que puede ocasionar la ocurrencia de un sismo. Esto provoca que se torne difícil, discernir acerca de su viabilidad y se persista en evaluarla considerando únicamente el aspecto económico. Se presenta entonces como **Problema de Investigación** la existencia de limitaciones en la evaluación de la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas en zonas sísmicas.

Dentro del patrimonio construido se destacan los centros de salud y educacionales, edificaciones catalogadas como esenciales por la relevante función que desempeñan en la vida de una comunidad y sobre todo en la atención de la emergencia asociada a un desastre. Estudios realizados ponen de manifiesto que la trascendente función que deben prestar las mismas en crisis sísmicas, no está garantizada con las estrategias hasta ahora empleadas en su concepción, diseño y construcción. La mayoría de las fuentes bibliográficas, se concentran en los daños físicos que sufren, soslayando su importancia durante la crisis, como parte de un sistema integrado de atención a la emergencia, con lo cual se minimiza su relevancia. (Safina 2002)

Las edificaciones esenciales requieren condiciones especiales en relación con la mitigación del riesgo sísmico, teniendo en consideración sus rigurosos requerimientos de ocupación, la garantía de la preservación de su funcionalidad, durante la ocurrencia de un desastre y a posteriori, así como los elevados costos de reposición de daños, incrementados por el elevado valor del equipamiento y recursos materiales que resguardan. La experiencia internacional muestra cómo en los últimos terremotos ocurridos, un significativo número de estas

instalaciones han sufrido daños, reduciendo su capacidad de prestar servicio y generando un escenario crítico para la atención del desastre. Este análisis conlleva a la prioridad que debe prestársele a su conservación.

Si se considera además que estas instalaciones no poseen fines lucrativos, constituyendo los servicios que prestan su principal objeto social, no resulta conveniente utilizar para evaluar su conveniencia, un enfoque de análisis “costo-beneficio” dado que: “los beneficios del proyecto no son estrictamente económicos, sino de otra índole, los cuales además de ser difíciles de definir también son difíciles de cuantificar. (Anderson 1990).

Bitrán (1999), argumenta las desventajas de la aplicación del análisis costo-beneficio a proyectos con fines de mitigación, basándose en que se trata de obras destinadas a preservar vidas humanas, lo que introduce una dimensión cualitativa que se contrapone a un intento de medición. Aborda la existencia de problemas metodológicos para la aplicación de este tipo de evaluación tales como: la dificultad en la cuantificación de beneficios o costos relacionados con preparativos y respuesta ante desastres cuando se trata de expresar en términos monetarios los beneficios sociales, políticos e incluso psicológicos que las obras de mitigación podrían aportar, así como en el intento de descontar los costos y beneficios futuros e incorporar el riesgo ante desastres naturales en el análisis. Refiere problemas éticos relacionados con la asignación de un valor a la vida humana, por ejemplo, cuando se adoptan decisiones limitando los programas de salud, se está estableciendo implícitamente que las vidas que se podrían salvar tienen menos valor que el costo del proyecto. Llegándose a la conclusión que si bien el análisis costo-beneficio aporta elementos útiles a la discusión, no puede por sí mismo concluir el debate en torno a la aplicación de un programa concreto de mitigación. En efecto, el análisis costo-beneficio es más adecuado para analizar proyectos productivos pero no para la evaluación de proyectos sociales.

Los aspectos antes expuestos inclinan hacia la realización de un análisis costo-efectividad, el cual compara los costos con la potencialidad de alcanzar más eficientemente los objetivos no expresables en moneda, sino en productos o servicios, lo cual se adecua perfectamente a las peculiaridades de los proyectos estudiados. No impone como prerrequisito la traducción de los resultados a unidades monetarias, permitiendo considerar otros aspectos no tangibles como parte de la evaluación, los que serán apreciados en el proceso de toma de decisión. La definición de

los principales factores que permitirán valorar la efectividad de las soluciones proyectuales, basándose en la percepción de un grupo de expertos, constituyó el principal objetivo de esta investigación.

METODOLOGÍA

Las variables e indicadores que conforman el sistema de análisis para la evaluación integral de la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas en zona sísmica, fueron obtenidas a partir de la aplicación del Método Delphi, de criterio de expertos. Este método está diseñado para solucionar problemas que derivan de situaciones en las que es imprescindible combinar opiniones individuales de especialistas para llegar a una decisión de grupo (Lemos 2003). Su base filosófica fue proporcionada por Helmer en 1959. Linston y Turoff (1975) definen la técnica Delphi como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. La Figura 1 muestra el esquema metodológico que se empleó en el desarrollo del método Delphi.

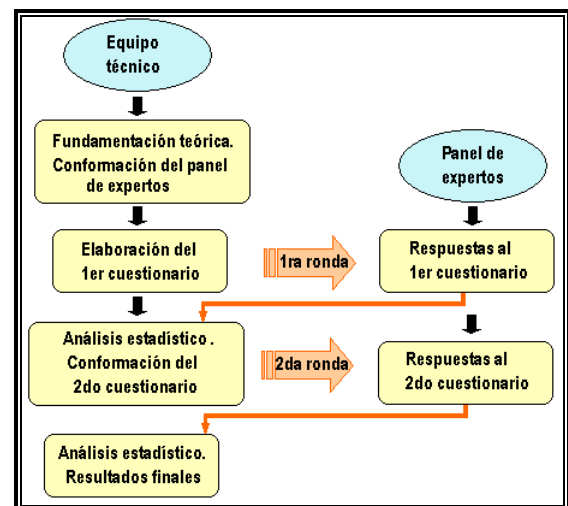


FIGURA 1. Esquema metodológico del desarrollo del método Delphi. Fuente: Adaptado de Fundación de Estudios Prospectivos (FUNTURO) Universidad de Chile 1990.

El proceso fue organizado en cuatro fases fundamentales que se describen a continuación:

Fase 1: Formulación del problema

Partiendo de la definición del campo de acción de la investigación basado en la evaluación de la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales en zonas sísmicas, la realización de las búsquedas bibliográficas pertinentes permitió

determinar los elementos principales que han de ser tenidos en cuenta, haciéndose énfasis en aquellos aspectos que más se reiteran y por ello van a convertirse en claves para la evaluación, agrupándolos en cuatro variables fundamentales:

- 1. Viabilidad técnica:** Condición que permite el funcionamiento del proyecto, se evalúa para determinar si es posible llevarlo a cabo satisfactoriamente y en condiciones de seguridad con la tecnología disponible.
- 2. Viabilidad económica:** Condición que evalúa la conveniencia de un proyecto, atendiendo a la relación que existe entre los recursos empleados para obtenerlo y aquellos de los que se dispone.
- 3. Viabilidad Medioambiental:** Condición que evalúa el resultado de cualquier actividad o proyecto que frena o minimiza el impacto de un evento peligroso que imposibilita el uso, deteriora o destruye bienes y servicios ambientales que son utilizados para mejorar la calidad de vida del ser humano.
- 4. Viabilidad social:** Condición que evalúa el impacto de un proyecto sobre diferentes factores sociales: vidas salvadas, las afectaciones psicológicas a la sociedad, mejora de las condiciones de vida y trabajo, entre otros.

Face 2: Conformación del panel de expertos.

La selección de los expertos fue realizada teniendo en consideración su nivel de experiencia en el tema tratado y la diversidad de roles dentro del proceso analizado, seleccionándose expertos de diferentes ramas tales como: arquitectos, ingenieros civiles, geofísicos, expertos en gestión y evaluación de proyectos, expertos en gestión de riesgos de desastres, inversionistas, dirigentes administrativos de empresas de proyectos, etc. De acuerdo con (Gordon, 1994; Landeta, 1999 y Aragón, 2003), el número de expertos encuestados fue de veinticinco, el cual cumple con los requisitos establecidos en las diferentes fuentes consultadas. Para sustentar la calidad, la literatura especializada plantea que los expertos deben poseer características esenciales como: competencia, creatividad, disposición a participar en la encuesta, capacidad de análisis y de pensamiento. Para seleccionar los expertos se utilizó el coeficiente de competencia (K), (CECT,1971), el cual se determina de acuerdo a su nivel de conocimiento con respecto al problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten comprobar su valoración.

$$K = (Kc + Ka) / 2 \text{ ----- (1)}$$

Donde: Kc: Coeficiente de conocimiento del experto respecto al problema y Ka: Coeficiente de argumentación de los criterios del experto. Se propone que este coeficiente debe estar entre $0.8 < K < 1$.

Fase 3: Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios

El primer cuestionario fue elaborado tratando de facilitar la respuesta por parte de los consultados. Se sometieron a debate las cuatro variables explicadas anteriormente con sus respectivos indicadores. El lanzamiento de los cuestionarios fue realizado utilizando el correo electrónico garantizando el anonimato de los panelistas y eliminando el posible "efecto de líderes". Se acompañó con una nota de presentación precisando las finalidades del Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta, entre las que se encontraban: definir su conformidad (Si) o su negativa (No), acerca de la inclusión de las variables e indicadores sometidos a consideración y agregar variables o indicadores según crea conveniente, justificando el por qué de su inclusión.

Fase 4: Desarrollo práctico y explotación de resultados

Recibidas las respuestas de los encuestados se organizó una base de datos en Microsoft Excel que facilitó el procesamiento estadístico para el cual se utilizó el software profesional SPSS ,11.5. Se obtuvieron los principales resultados estadísticos empleados en el estudio: *Media, mediana, moda, y desviación típica*. Los expertos encuestados, plantearon una serie de modificaciones las cuales fueron incorporadas en un segundo cuestionario, procediéndose a realizar la segunda ronda y obteniéndose los resultados finales.

Determinación de los pesos porcentuales de cada factor utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.

Luego de conformada la estructura, se determinó el peso porcentual que representa cada una de las variables e indicadores en el análisis, utilizando un método de decisión multicriterio denominado "Proceso de Análisis Jerárquico" (PAJ), desarrollado por el científico norteamericano Thomas Saaty y ampliamente usado en el campo de la ingeniería para este fin. Su finalidad es ordenar las alternativas de decisión a partir de establecer comparaciones binarias entre dos elementos o criterios. En su aspecto más elemental, el PAJ propone asignar un vector de pesos $w=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio. Para ello parte de comparar cada criterio i con cada criterio j , obteniendo unos valores a_{ij} que es posible agrupar en

una matriz cuadrada de orden n: la llamada matriz de comparaciones binarias $A = [a_{ij}]$. Si no fuese el criterio i más importante que el j sino al revés, se estima a_{ji} de acuerdo con lo anterior y se hace

$a_{ij} = 1/a_{ji}$. Saaty ensaya cierto número de escalas de medida y justifica [Saaty 1980, 1997] la representada en la Tabla 1 para la estimación de los coeficientes a_{ij} :

Tabla 1. Escala de Prioridades en el Proceso Analítico Jerárquico

Opinión del Decisor	Valor a Insertar en la Matriz de Decisión
A y B son igualmente importantes	1
A es débilmente más importante que B	3
A es fuertemente más importante que B	5
A es demostrablemente más importante que B	7
A es absolutamente más importante que B	9

A y B: Los elementos a comparar. En situaciones de compromiso se podrá utilizar números pares. Saaty (1980)

Los pasos esenciales a seguir se resumen en: 1) Definir el problema; 2) Identificar los criterios que influyen sobre su comportamiento; 3) Estructurar una jerarquía de criterios, subcriterios, propiedades de alternativas; 6) Elaborar claramente las preguntas para la comparación en parejas de cada matriz; 7) Introducir en la matriz los resultados de las comparaciones en pareja forzando la formación de recíprocos; 8) Calcular las prioridades sumando los elementos de cada columna y dividiendo cada valor por el total. Promediar las columnas de la matriz resultante para obtener el vector de prioridades.

Se recomienda ante la existencia de varios expertos, conformar la Matriz con la media geométrica de las votaciones y desarrollar todo el proceso con esta única matriz.

Una consideración importante en términos de la calidad de la decisión final se refiere a la consistencia de los juicios que muestra el experto, que se obtiene calculando la relación de consistencia (RC), la cual está diseñada de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes.

$$RC = IC/IA \text{ -----(2)}$$

IC: Índice de consistencia

IA: Índice aleatorio

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \text{ -----(3)}$$

El Índice aleatorio se determina, según la tabla 2. (Saaty 1980)

TABLA 2. Índice Aleatorio.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
IA	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49	1.59

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los expertos fueron seleccionados cumpliendo con los requisitos establecidos en la metodología. La tabla 3 refiere los datos más significativos de los expertos que conformaron el panel.

TABLA 3. Panel de expertos.

<ul style="list-style-type: none"> • Aldo Zaragoza. Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. San Juan – Argentina. • Álvaro Pérez Arango. Ingeniero Civil. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Consultor en Diseño Estructural y en Patología y Rehabilitación de Estructuras. • Armando J. Velázquez Rangel. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular del departamento de ingeniería Civil, Universidad Central de Las Villas, Cuba. • Braulio Lima González. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular. Dpto. Ingeniería Civil, CUJAE. • Carlos Llanes Burón. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular Dpto. Ingeniería Civil, CUJAE. Director del Centro de Prevención y Mitigación de Desastres (PREMIDES) • David Muría Vila. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Instituto de Ingeniería, UNAM. Coordinación de Estructuras y Materiales Cd Universitaria, Coyoacán, México DF, México. • Eduardo Alfonso Fierro Almendrades. Ingeniero Civil. Profesor de la Universidad de Berkeley. EUA. BFP Engineers, Inc- Bertero Fierro Perry. Ingeniería Forense y Sísmica. • Eduardo Álvarez Deulofeu. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular. Dpto. Ingeniería Civil, Univ. de Oriente. • Enrique Castilla .Ingeniero Civil. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. Facultad de Ingeniería, Venezuela. • Fernando Guash Hechavarría. Ingeniero Geofísico. Doctor en Ciencias técnicas, Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAI), Cuba. Investigador Auxiliar. • Fernando Vera Badillo. Ingeniero Civil. Escuela de Ingeniería. 	<ul style="list-style-type: none"> • Francisco Calderín Mestre. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular .Dpto. Ingeniería Civil, Univ. de Oriente. • Graciela Gómez Ortega. Arquitecta. Doctora en ciencias técnicas. Profesora titular, Dpto. Arquitectura, Univ. de Oriente. • Guillermo Godínez Melgares. Doctor en Ciencias técnicas. Profesor Titular. Dpto. Ingeniería Civil, Universidad de Oriente • Jacinto Tomás Chuy Rodríguez. Ingeniero Geofísico. Doctor en Ciencias Técnicas, CENAI, Cuba. • Javier Lermo Samaniego. Ingeniero Civil. Master en Ciencias. Investigador, Coordinación de Ingeniería Sismológica; Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). • Jorge Aguilar Carboney. Ingeniero Civil. Master en Ciencias. Facultad de Ingeniería. UNACH. Chiapas, México. • Jorge Arturo Ávila. Ingeniero Civil. Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F. • José María Ruiz Ruiz. Ingeniero Civil. Profesor Auxiliar .Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. • Juan Alberto Chalas. Ingeniero Civil .Director de SODOSÍSMICA, República dominicana. • Luis E García. Ingeniero Civil, Universidad de los Andes, Bogota, Colombia. • Maritza Espinosa O'Callaghan. Arquitecta. Doctora en Ciencias técnicas. Profesora Titular. Dpto. Arquitectura, Univ. de Oriente. • Nancy Giraudy Rodríguez. Arquitecta, Oficina del Conservador de la Ciudad de Santiago de Cuba. Directora de la Oficina Técnica. • Omar López. Arquitecto. Master en Ciencias. Conservador de la ciudad de Santiago de Cuba. • Ricardo Oliva Álvarez .Ingeniero Civil, Investigador del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAI), Cuba.
--	--

La tabla 4 resume los aspectos que conforman la estructura que se sometió a debate y la tabla 5

muestra las modificaciones propuestas por los expertos y su aprobación.

TABLA 4. Propuesta de los factores para evaluar la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales en zona sísmica.

Variables	Indicadores relevantes
Viabilidad técnica	Importancia de la obra.
	Peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento.
	Nivel de vulnerabilidad sísmica de la estructura.
	Nivel de riesgo aceptable asignado al proyecto.
	Respaldo tecnológico a las soluciones de diseño.
Viabilidad Económico financiera	Costo del reforzamiento/costo total del proyecto.
	Costo del reforzamiento/pérdidas materiales esperadas.
	Necesidad de financiamiento/Valor presupuestado.
Viabilidad medioambiental	Impacto sobre el medio físico (suelo, agua, aire, clima)
	Impacto sobre el medio biótico (el ser humano, la fauna y la flora)
	Impacto sobre el medio perceptual (paisaje, recursos científico-culturales)
Viabilidad Sociocultural	Número de beneficiarios directos.
	Mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo.
	Generación de valor agregado.
	Beneficios comunitarios y sociales que brindará el proyecto.
	Radio de acción del proyecto.

TABLA 5. Aprobación de las modificaciones en la segunda ronda de la aplicación del cuestionario.

Variables	Modificaciones	Expertos (%)		Aprobación de la Modificación
		Aceptan	Rechazan	
Viabilidad Técnica	Agregar: Disponibilidad de personal calificado	89	11	Aprobada
	Agregar: Tiempo previsto para la ejecución.	69	31	Aprobada
Viabilidad Económica	Agregar: Costo financiamiento x % Reforzamiento necesario	48	52	Rechazada
	Agregar: Pérdidas Materiales Esperadas/Costo Total Proyecto	71	29	Aprobada
Viabilidad medioambiental	Agregar: Interacción con otros fenómenos naturales y/o antropogénicos.	63	37	Aprobada
Viabilidad Política	Incluir variable: Viabilidad Política	60	40	Aprobada
	Incluir indicador: Prioridad dada a la inversión	48	52	Rechazada
	Incluir indicador: Política de desarrollo territorial	60	40	Aprobada

Finalmente quedó una estructura jerárquica conformada por cinco variables y veintidós

indicadores relevantes. La cual se representa en la Figura 2.

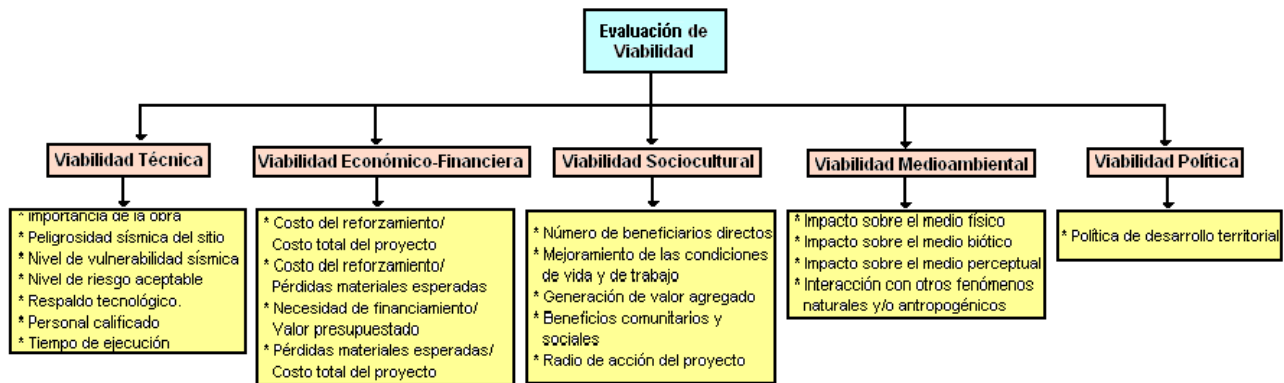


FIGURA 2. Estructura jerárquica para evaluar la viabilidad de los proyectos de conservación de edificaciones esenciales en zona sísmica. (Elaboración propia)

Para la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico, se sometió esta estructura a juicio de los expertos determinándose las Matrices de Comparaciones Pareadas, sus respectivos vectores de prioridades, así

como la Relación de Consistencia de cada matriz. A continuación se presentan las diferentes matrices calculadas.

Matriz para determinar los pesos de las variables.

Estudio de viabilidad	VT	VE	VS	VM	VP	Autovector
Viabilidad técnica (VT)	1	2	2	3	5	0.38
Viabilidad económica-financiera (VE)	1/2	1	1	2	3	0.21
Viabilidad sociocultural (VS)	1/2	1	1	2	3	0.21
Viabilidad medioambiental (VM)	1/3	1/2	1/2	1	2	0.12
Viabilidad política (VP)	1/5	1/3	1/3	1/2	1	0.08

RC=0.0044

Los resultados del estudio señalan que en la evaluación de la viabilidad de los proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas en zona sísmica, adquiere una mayor

significación la variable relacionada con el aspecto técnico (38%), seguida por las variables económico-financiera y sociocultural en igualdad de condiciones (21%).

Matriz para determinar los pesos de los indicadores que evalúan la viabilidad técnica.

Viabilidad técnica	I _{T1}	I _{T2}	I _{T3}	I _T 4	I _{T5}	I _{T6}	I _{T7}	Autovector
Importancia de la obra (I _{T1})	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0.20
Peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento (I _{T2})	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0.20
Nivel de vulnerabilidad sísmica de la estructura (I _{T3})	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0.20
Nivel de riesgo aceptable asignado a un proyecto (I _{T4})	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	0.20
Respaldo tecnológico a las soluciones de diseño (I _{T5})	3	3	3	3	1	1	1	0.067
Disponibilidad de personal calificado (I _{T6})	3	3	3	3	1	1	1	0.067
Tiempo previsto para la ejecución (I _{T7})	3	3	3	3	1	1	1	0.067

RC=0.0013

Matriz para determinar los pesos de los indicadores que evalúan la viabilidad económica financiera.

Viabilidad económico- financiera	I _{E1}	I _{E2}	I _{E3}	I _{E4}	Autovector
Costo del reforzamiento/costo total del proyecto (I _{E1})	1	1	1	1	0.25
Costo del reforzamiento/pérdidas materiales esperadas (I _{E2})	1	1	1	1	0.25
Necesidad de financiamiento/Valor presupuestado (I _{E3})	1	1	1	1	0.25
Pérdidas Materiales Esperadas/Costo Total Proyecto (I _{E4})	1	1	1	1	0.25

RC=0.0

Matriz para determinar los pesos de los indicadores que evalúan la viabilidad medioambiental.

Viabilidad medioambiental	I _{M1}	I _{M2}	I _{M3}	I _{M4}	Autovector
Impacto sobre el medio biótico (I _{M1})	1	3	3	3	0.5
Impacto sobre el medio físico (I _{M2})	1/3	1	1	1	0.167
Impacto sobre el medio perceptual (I _{M3})	1/3	1	1	1	0.167
Interacción con otros fenómenos naturales no sísmicos (I _{M4})	1/3	1	1	1	0.167

RC=0.0056

Matriz para determinar los pesos de los indicadores que evalúan la viabilidad sociocultural.

Viabilidad socio-cultural	I _{S1}	I _{S2}	I _{S3}	I _{S4}	I _{S5}	Autovector
Beneficios comunitarios y sociales que brindará el proyecto (I _{S1})	1	3	3	3	3	0.428
Número de beneficiarios directos (I _{S2})	1/3	1	1	1	1	0.143
Mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo (I _{S3})	1/3	1	1	1	1	0.143
Generación de valor agregado (I _{S4})	1/3	1	1	1	1	0.143
Radio de acción del proyecto (I _{S5})	1/3	1	1	1	1	0.143

RC=0.0004

En el caso de la Viabilidad política solo un indicador llevará el peso de la evaluación de la variable, por lo que no fue necesario determinar una matriz. Luego de definir las diferentes variables y sus indicadores relevantes, así como el peso porcentual que cada una de ellas representa en el análisis, se procedió a establecer el sistema de evaluación que se propone utilizar. Para ello se conceptualizaron los diferentes factores.

Definición de cada uno de los indicadores relevantes por cada variable.

1. Variable: Viabilidad técnica

1.1 Importancia de la obra: Evalúa diferentes aspectos que permiten dar una determinada prioridad a la ejecución del proyecto. En el análisis deben ser incluidos elementos referentes a la importancia que se le da a la edificación según su categoría y uso, así como el grado de protección otorgado de acuerdo a

los valores que posee en diferentes ámbitos, entre otros aspectos de interés.

1.2 Peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento: Se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. Cardona (2003)

1.3 Nivel de vulnerabilidad sísmica de la estructura: Este indicador da la medida de la exposición y la predisposición de la edificación ante la amenaza sísmica. Se deben evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural, no estructural y funcional. Cardona (2003)

1.4 Nivel de riesgo aceptable asignado a un proyecto: Desde un punto de vista técnico corresponde a un valor de probabilidad de unas consecuencias dentro de un período de tiempo, que se consideran admisibles para determinar las mínimas exigencias o requisitos de seguridad, con fines de protección y planificación ante posibles fenómenos peligrosos. Cardona (2003)

1.5 Respaldo tecnológico a las soluciones de diseño: Se refiere a todo el conjunto de materiales, recursos logísticos (transportes, equipamientos, etc.), procesos, artes, y oficios que son necesarios o imprescindibles en algunos casos para poder ejecutar satisfactoriamente las diferentes soluciones estructurales y de otra índole planteadas para la conservación de este tipo de edificación.

1.6 Disponibilidad de personal calificado: Está referida a la existencia y capacidad de la fuerza laboral (personal técnico, administrativo y operarios) necesaria para dar cumplimiento al proceso constructivo.

1.7 Tiempo previsto para la ejecución: Es el tiempo en que se pretende realizar el proyecto de conservación, el cual está en dependencia de la amplia gama de soluciones constructivas y tipos edificatorios. Es muy importante a la hora de evaluar y actualizar los recursos económicos y financieros.

Variable: Viabilidad Económico – Financiera.

2.1 Costo del reforzamiento/costo total del proyecto: Relaciona el costo del reforzamiento de la estructura con el costo total del proyecto. Se pretende determinar el porcentaje que representan las labores del reforzamiento dentro del costo total del proyecto. Cuando se lleva a cabo el reforzamiento de la estructura se incorpora el costo de intervención de la vulnerabilidad, el cual no es posible conocer si no se realiza un diseño detallado de la solución estructural.

2.2 Costo del reforzamiento/pérdidas materiales esperadas: Relaciona el costo de las diferentes soluciones que serán empleadas en el reforzamiento

de la estructura para la mitigación del riesgo sísmico, y el monto aproximado de las posibles pérdidas que ocasionaría la ocurrencia de un desastre de este tipo de no haberse llevado a cabo el proyecto. Estas incluirán el inmueble, mobiliario, equipamiento, mercancías, informaciones, objetos de valor etc. Permite tener una medida de cuánto se está protegiendo con un reforzamiento de la estructura.

2.3 Necesidad de financiamiento/Valor presupuestado: Relaciona la necesidad de financiamiento que no es más que aquella parte del valor presupuestado que no posee y sería necesaria buscar con un financista, con el valor presupuestado para la realización del proyecto de conservación, con el objetivo de conocer si realmente es factible económicamente.

2.4 Pérdidas Materiales Esperadas/Costo Total Proyecto: Relaciona el monto de las pérdidas materiales que se espera puedan producirse luego de la ocurrencia de un fenómeno sísmico y el costo total del proyecto. Permite tener una medida de cuánto se estaría arriesgando en caso de no aprobarse el proyecto de conservación con fines de mitigación.

3. Variable: Viabilidad medioambiental.

3.1 Impacto sobre el medio físico: Posibles daños ambientales por afectación de infraestructura de servicios básicos como agua, electricidad, gas, hidrocarburos (derrames y combustión de hidrocarburos y productos químicos, incendios, explosiones, etc.), que se evitarían con la ejecución de las medidas de mitigación diseñadas en el proyecto de conservación. CEPAL (2003)

3.2 Impacto sobre el medio biótico: Posible muerte, lesiones graves o daños en la salud de los usuarios directos, así como los de los alrededores; pudiendo ser provocados por el desplome total o parcial de la edificación, contaminación del aire producida por el polvo, incendios, etc; contaminación del agua, dado por derrames, o roturas de tuberías, además de los daños psicológicos que sufren los individuos ante la ocurrencia de un desastre etc. y que podrían ser minimizados o eliminados llevando a cabo las medidas de mitigación propuestas en el proyecto. CEPAL (2003)

3.3 Impacto sobre el medio perceptual: Cambios en el paisaje por aparición de zonas de deslizamiento sin cubierta vegetal; pérdida de edificaciones símbolos de la zona analizada, pérdida de valiosos recursos científico-culturales, tales como: bibliografía científica, aulas y laboratorios especializados, obras de arte propiedad de las instituciones, etc. CEPAL (2003)

3.4 Interacción con otros fenómenos naturales y/o antropogénicos: Se basa en la posibilidad de

ocurrencia de otros fenómenos naturales, como son: inundaciones, deslizamientos, etc. El análisis de estos fenómenos será considerado teniendo en cuenta las características intrínsecas de la obra a conservar y las posibilidades reales de riesgo de ocurrencia de estos tipos de desastres, permitiendo tener la medida del daño que pueden provocar de no ejecutarse la conservación.

4. Variable: Viabilidad socio-cultural.

4.1 Número de beneficiarios directos: El número de usuarios de las instituciones, ya sea pacientes y doctores en hospitales, profesores y alumnos en escuelas así como el resto del personal que forma parte de cada una de estas instalaciones, forman parte de los principales beneficiarios. Con este indicador se persigue obtener el número de personas a las que se estaría beneficiando con la conservación.

4.2 Mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo: Se define como mejoras que trae consigo el proyecto de conservación para los diferentes usuarios y trabajadores de las instituciones rehabilitadas, así como para la comunidad en general. La intervención a una edificación siempre trae consigo mejorías en el funcionamiento de las áreas, distribución de espacios, condiciones higiénico-sanitarias, etc.

4.3 Generación de valor agregado: El valor agregado se puede entender como la revalorización del inmueble, además de la ampliación de nuevos servicios o mejoramiento de los ya existentes. Nuevos usos definidos para los locales, entre otros aspectos de interés.

4.4 Beneficios comunitarios y sociales que brindará el proyecto: Al reseñarse los beneficios

$$VI = V_T + V_E + V_S + V_M + V_P$$

$$V_T = 0.38 \times \sum_{i=1}^7 I_{Ti} \times \omega_i = 0.38 \times \left(0.20 \times \sum_{i=1}^4 I_{Ti} + 0.067 \times \sum_{i=5}^7 I_{Ti} \right) = 0.076 \times \sum_{i=1}^4 I_{Ti} + 0.025 \times \sum_{i=5}^7 I_{Ti}$$

$$V_E = 0.21 \times \sum_{i=1}^4 I_{Ei} \times \omega_i = 0.21 \times 0.25 \times \sum_{i=1}^4 I_{Ei} = 0.05 \times \sum_{i=1}^4 I_{Ei}$$

$$V_S = 0.21 \times \sum_{i=1}^5 I_{Si} \times \omega_i = 0.21 \times \left(0.428 \times I_{S1} + 0.143 \times \sum_{i=2}^5 I_{Si} \right) = 0.09 \times I_{S1} + 0.03 \times \sum_{i=2}^5 I_{Si}$$

$$V_M = 0.12 \times \sum_{i=1}^4 I_{Mi} \times \omega_i = 0.12 \times \left(0.5 \times I_{M1} + 0.167 \times \sum_{i=2}^4 I_{Mi} \right) = 0.06 \times I_{M1} + 0.02 \times \sum_{i=2}^4 I_{Mi}$$

$$V_P = 0.08 \times I_P$$

La expresión resultante queda como sigue:

$$VI = 0.076 \sum_{i=1}^4 I_{Ti} + 0.025 \sum_{i=5}^7 I_{Ti} + 0.05 \sum_{i=1}^4 I_{Ei} + 0.09 I_{S1} + 0.03 \sum_{i=2}^5 I_{Si} + 0.06 I_{M1} + 0.02 \sum_{i=2}^4 I_{Mi} + 0.07 I_P$$

comunitarios y sociales que brinda el proyecto de conservación se está haciendo referencia a cómo con la implementación del mismo se pueden fortalecer y/o generar empleos, se aumenta la producción de bienes sociales, existe un cambio positivo de valores, se mejora la satisfacción de las necesidades básicas de la sociedad, se produce un incremento de la participación comunitaria, entre otras.

4.5 Radio de acción del proyecto: El radio de acción está determinado por el alcance de los servicios que presta la edificación ya sea nacional, provincial, municipal, sectorial u otro, lo cual permite valorar el impacto de este emprendimiento.

5. Variable: Viabilidad política.

5.1 Política de desarrollo territorial: Está referida a los planes a corto, largo y mediano plazo para el desarrollo económico, social, político y cultural del territorio en cuestión, en las diferentes ramas y sectores económicos y sociales. Si el tipo de proyecto que se evalúa se encuentra entre los priorizados del territorio, tendrá mayores posibilidades de ser incorporado dentro de los presupuestos estatales.

Determinación de la Viabilidad Integral.

Partiendo del análisis realizado, de los porcentajes de participación de cada variable, así como de cada uno de los indicadores relevantes se plantea la siguiente expresión, que permitirá evaluar la viabilidad desde un punto de vista integral:

Donde:

V_I : Viabilidad Integral.

I_{Ti} : Parámetros que evalúan la viabilidad técnica.

I_{Ei} : Parámetros que evalúan la viabilidad económico-financiera.

I_{Mi} : Parámetros que evalúan la viabilidad medioambiental.

I_{Si} : Parámetros que evalúan la viabilidad socio-cultural.

I_P : Parámetro que evalúa la viabilidad política.

El resultado máximo de la evaluación de la viabilidad integral será cuando ésta adquiera un valor de 100 puntos. Basado en esto se proponen tres rangos para determinar la viabilidad del proyecto:

Si $81 \leq V_I \leq 100$ El proyecto es viable.

Si $61 \leq V_I < 80$ El proyecto puede ser viable, aunque es necesario mejorarlo en algunos aspectos en los que la evaluación esté por debajo del valor medio correspondiente.

Si $V_I < 60$ El proyecto no es viable.

En la tabla 6 se establecen rangos coincidentes con los propuestos para evaluar los indicadores relevantes según las características particulares del proyecto que se esté evaluando. Si todos los indicadores son evaluados según el primer parámetro evaluador, el proyecto caerá en el rango en que se considera viable y este resultado será modificado en la medida en que cambien los parámetros evaluadores según el rango en que se encuentren.

En la medida de la incidencia del indicador en la evaluación, determinada por el peso que fue asignado al mismo y a la variable que representa, a través del Proceso de Análisis Jerárquico así se modificará el resultado de la viabilidad. El resultado de aplicar la expresión a un determinado caso de estudio permitirá determinar si el proyecto es viable desde un punto de vista integral.

TABLA 6. Evaluación de las variables e indicadores relevantes.

Variable	Indicadores Relevantes	Parámetros Evaluadores	Rango
Viabilidad técnica (38%) (VT)	Importancia de la obra (I _{T1}) (0.20)	Edificios y obras de especial importancia, Con grados de Protección I o II.	81-100
		Edificios y obras de especial importancia, Con grados de Protección III o Edificios y obras de importancia secundaria. Con grados de Protección I ó II.	61-80
		Edificios y obras de importancia secundaria. Con grados de Protección III.	0-60
	Peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento (I _{T2}) (0.20)	Alta peligrosidad sísmica, (0.3g).	81-100
		Peligrosidad sísmica media.(0.15-0.2 g)	61-80
		Baja peligrosidad sísmica (0.075-0.1 g)	0-60
	Nivel de vulnerabilidad sísmica de la estructura (I _{T3}) (0.20)	Vulnerabilidad sísmica alta.	81-100
		Vulnerabilidad sísmica media.	61-80
		Vulnerabilidad sísmica baja.	0-60
	Nivel de riesgo aceptable asignado a un proyecto(I _{T4}) (0.20)	Nivel de riesgo aceptable bajo.	81-100
		Nivel de riesgo aceptable medio.	61-80
		Nivel de riesgo aceptable alto.	0-60
	Respaldo tecnológico a las soluciones de diseño(I _{T5}) (0.067)	Si se dispone de todos los recursos tecnológicos que respaldan el diseño y éstos poseen la calidad necesaria.	81-100
		Si se dispone de un 70% o más de los recursos tecnológicos que respaldan el diseño y éstos poseen la calidad necesaria.	61-80
		Si se dispone de menos del 70% de los recursos tecnológicos o éstos no poseen la calidad requerida para el proyecto	0-60
Disponibilidad de personal calificado (I _{T6}) (0.067)	Si se dispone de toda la fuerza laboral necesaria y ésta posee la calificación adecuada.	81-100	
	Si se dispone de toda la fuerza laboral necesaria, pero ésta no posee la calificación adecuada.	61-80	
	Si no se dispone de la fuerza laboral necesaria.	0-60	
Tiempo previsto para la ejecución (I _{T7}) (0.067)	Si el tiempo de ejecución es inferior o igual a un año.	81-100	
	Si el tiempo de ejecución está comprendido entre uno y tres años.	61-80	
	Si el tiempo de ejecución excede los tres años.	0-60	
Viabilidad Económico Financiera (21%) (VE)	Costo del reforzamiento/costo total del proyecto (I _{E1}) (0.25)	Si el costo del reforzamiento está entre un 1 a un 7 % del costo total del proyecto.	81-100
		Si el costo del reforzamiento está entre un 7 a un 12 % del costo total del proyecto.	61-80
		Si el costo del reforzamiento supera el 12 % del costo total del proyecto.	0-60
	Costo del reforzamiento/pérdidas materiales esperadas(I _{E2}) (0.25)	Si la relación es inferior a 1.	81-100
		Si la relación es igual a 1.	61-80
		Si la relación es superior a 1	0-60
	Necesidad de financiamiento/Valor presupuestado(I _{E3}) (0.25)	Si la relación está entre 0.1-0.19.	81-100
		Si la relación está entre 0.2-0.3	61-80
		Si la relación excede a 0.3	0-60
	Pérdidas Materiales Esperadas/Costo Total Proyecto(I _{E4}) (0.25)	Si la relación es mayor que 1.	81-100
		Si la relación está entre 0.5 y 1	61-80
		Si la relación es menor que 0.5	0-60

González Díaz, L. y Vidaud Quintana, I. Ingeniería 13-1 (2009) 25-39

Viabilidad ambiental (12%) (VM)	Impacto sobre el medio biótico (I_{M1}) (0.5)	Probabilidad de un elevado número de víctimas mortales y heridos	81-100
		Probabilidad de un número elevado de heridos y lesionados.	61-80
		Pocas probabilidades de daños en las personas.	0-60
	Impacto sobre el medio físico (I_{M2}) (0.167)	Posibilidad de ocurrencia de graves daños ambientales que afecten más allá de los límites de la edificación.	81-100
		Posibilidad de ocurrencia de graves daños ambientales que afecten a la edificación en su conjunto.	61-80
		Posibilidad de ocurrencia de daños ambientales de poca envergadura que afecten a la edificación.	0-60
	Impacto sobre el medio perceptual (I_{M3}) (0.167)	Posibilidad de pérdida por desplome total del edificio.	81-100
		Posibilidad de derrumbes parciales en la edificación y pérdidas de objetos o documentos valiosos.	61-80
		Posibilidad de derrumbes parciales sin pérdidas materiales de gran envergadura.	0-60
	Interacción con otros fenómenos naturales no sísmicos (I_{M4}) (0.167)	Amplias posibilidades de confluencia de otros fenómenos naturales no sísmicos, licuefacción deslizamiento, u otro partiendo de un análisis de riesgos de la edificación y la zona.	81-100
Posibilidad de ocurrencia de algún otro fenómeno aislado		61-80	
Posibilidad remota de ocurrencia de algún otro fenómeno natural colateral		0-60	
Viabilidad socio-cultural (21%) (VS)	Beneficios comunitarios y sociales que brindará el proyecto (I_{S1}) (0.428)	El proyecto genera nuevos empleos, satisface las necesidades básicas de los usuarios, incluye la participación comunitaria, desarrollando valores en los individuos y la comunidad.	81-100
		El proyecto fortalece los empleos, satisface parcialmente las necesidades básicas de los usuarios, incluye la participación comunitaria, desarrollando valores en los individuos y la comunidad	61-80
		El proyecto no genera beneficios comunitarios o sociales o estos son intrascendentes	0-60
	Número de beneficiarios directos (I_{S2}) (0.143)	Número de beneficiarios directos en el orden de los miles.	81-100
		Número de beneficiarios directos en el orden de los cientos.	61-80
		Número de beneficiarios directos en el orden de las decenas	0-60
	Generación de valor agregado (I_{S3}) (0.143)	Los recursos materiales y tecnológicos empleados permiten incrementar el valor de la edificación y su tiempo de vida útil, además el proyecto amplía los servicios en el inmueble y permite lograr la excelencia de los ya existentes.	81-100
		El proyecto amplía los servicios en el inmueble y permite lograr la excelencia de los ya existentes.	61-80
		No hay generación de valor agregado o este es poco relevante	0-60
	Mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo (I_{S4}) (0.143)	El proyecto brinda condiciones de excelencia de vida y trabajo para los usuarios de la edificación.	81-100
		Se mejoran en gran medida las condiciones de vida y trabajo de los usuarios	61-80
		Mejoría poco apreciable en las condiciones de vida y trabajo de los usuarios	0-60
Radio de acción del proyecto (I_{S5}) (0.143)	El alcance de los servicios es nacional o territorial	81-100	
	El alcance de los servicios es provincial o municipal	61-80	
	El alcance de los servicios es distrital o zonal	0-60	
Viabilidad política. (VP) (8%)	Política de desarrollo territorial (I_{P1}) (1.0)	El proyecto responde a la política de desarrollo territorial y está incluido dentro de los planes a corto plazo	81-100
		El proyecto responde a la política de desarrollo territorial y está incluido dentro de los planes a mediano plazo	61-80
		El proyecto responde a la política de desarrollo territorial y está incluido dentro de los planes a largo plazo	0-60

CONCLUSIONES.

- El estudio de Viabilidad, reviste especial importancia toda vez que pretende ser un documento que sirva de referencia para saber si la idea del proyecto que se analiza es factible o no. Debe constituir una herramienta para concretar y desarrollar la idea, replantearse algunos aspectos y hacer los ajustes que sean necesarios antes de ponerla en marcha, evitando así en la medida de lo posible, un mal aprovechamiento de los recursos de que se dispone.
- Se defiende la idea de aplicar un enfoque costo-efectividad para realizar la evaluación de la inversión debido a la dificultad que se presenta en este tipo de proyecto para realizar una valoración cuantitativa de los elementos que se tendrán en consideración, además de que tampoco se dispone de cifras sobre un número suficiente de casos para establecer con precisión parámetros que relacionen los costos adicionales que deben ser aplicados a una obra social en uso producto de medidas que eleven su resistencia frente a desastres naturales, con los beneficios que aportaría a la población estos mayores desembolsos.
- La utilización del Proceso Analítico Jerárquico adquiere gran relevancia en la investigación toda vez que permite definir, los elementos que formando parte del sistema de evaluación de la viabilidad de los proyectos estudiados, deben ser atendidos de forma prioritaria, en correspondencia con la jerarquía que a cada uno se le concede. Es un método que analiza la consistencia en los juicios de los expertos, así como también permite evaluar determinadas características sin importar si éstas son cuantificables o no.
- Los elementos contenidos en la estructura pueden ser válidos para cualquier obra de arquitectura siempre y cuando esté emplazada en una zona sísmica. La particularidad está en que para otras obras cuando no poseen la connotación de ser improductivas, es decir, solo prestar servicios gratuitos, la evaluación de la viabilidad del proyecto se puede centrar en un análisis fundamentado en el periodo de recuperación de la inversión en función de los beneficios económicos que se obtienen de ellas, no siendo este el caso de las obras tratadas donde los beneficios son de otra índole.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson M.B. (1990). "Analyzing the costs and benefits of natural disaster responses in the context of development", Publicación del Banco Mundial.
- Aragón, S. (2003). "Método Delphi". ABC.
- Bitrán D. (1999) "Análisis costo-efectividad en la mitigación de daños de desastres naturales sobre la infraestructura social". www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/dbitran_analisis_costo_efectividad.pdf
- Rosales V.; Bitrán D. (1999): "Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud. Aspectos de costo – efectividad". DHA, Secretariado del IDNDR, OPS, Washington.
- Briseño S. (2001) Secretaría de la EIRD-ONU: Revista EIRD Informa- América Latina y el Caribe, número 4, 2001.
- Cardona O.D. (2003) "Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Cardona O.D. (1999) "Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud". 4 Volúmenes. Organización Panamericana de la Salud, Organización Regional de la Organización Mundial de la Salud. Washington D.C.
- CECT (1971). " Metodología para la elaboración de pronósticos científicos técnicos". Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica. URSS.
- CEPAL (2003). "Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres" LC/MEX/G.5 LC/L.1874.

- Gordon, T (1994). “The Delphi method”. AC/UNU Millennium Project Futures Research Methodology.
- Linstone H., Turoff M.(1975)”The Delphi Method. Techniques and Applications “, Addison-Wesley, 1975, p.3
- Saaty T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. Mc. Graw-Hill, New York. 1980
- Saaty T. (1997). Toma de Decisiones para Líderes. El proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo. RWS Publications. Pittsburg, USA. 307 p.
- Safina S. (2002). “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico”. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España
- Lemos W. (2003). Gestión de competencias: la utilización del Método *Delphi* en un estudio de caso. Tesis de Maestría. Universidad Católica de Brasília.

Este documento se debe citar como:

González Díaz, L. y Vidaud Quintana, I. (2009). **Factores para evaluar la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas, en zonas sísmicas.** Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-1, pp. 25-39, ISSN: 1665-529X