

Variables Para Estimar La Vulnerabilidad Física Ante Daños Antrópicos: Zona Patrimonial De Camagüey

Variables To Estimate Physical Vulnerability Under Anthropoc Damages: Patrimonial Zone Of Camagüey

Autores

Kenia Suárez Gerard¹, Mayte Guerra Saborit², Reinier Rodríguez Valdés³

¹ Arquitecta, Master en Conservación de centros históricos y Rehabilitación del patrimonio edificado. Universidad de Camagüey. Circunvalación Norte, Km 5 ½ Camagüey, Cuba. kenia.sgerard@gmail.com

² Ingeniera en Informática, Master en Informática Aplicada, Universidad de Camagüey. Circunvalación Norte, Km 5½ Camagüey, Cuba. mayte.guerra@reduc.edu.cu

³ Licenciado en Informática. Organización Básica Eléctrica de Camagüey. Circunvalación Norte, Km 2 ½ Camagüey, Cuba. reinier@eleccmg.une.cu

RESUMEN

El enfoque preventivo de la gestión de riesgo del patrimonio debe fortalecerse particularmente ante los efectos lentos, acumulativos y subyacentes de las afectaciones antrópicas del fondo habitacional en zonas históricas. Se ha constatado el incremento de los daños potenciales producidos por la acción o inacción humana en las viviendas de sitios patrimoniales, sin embargo, se manifiesta en gran medida, la falta de percepción y manejo de este tipo de amenazas. Es por ello que se acude al empleo de las técnicas de Inteligencia artificial para apoyar la identificación y evaluación de la vulnerabilidad que estas afectaciones provocan, considerando que hay referencias de experiencias de su aplicación, para algunos eventos naturales extremos en zonas urbanas históricas. Por tanto, se ha tomado como estudio de caso, un sector de la zona Patrimonio Mundial de la ciudad de Camagüey, para, determinar las variables significativas para la elaboración de una Base de conocimiento que permita estimar la vulnerabilidad físico-residencial ante impactos antrópicos. De esta forma, el análisis realizado permitió seleccionar los atributos para elaborar posteriormente, la base de conocimiento que contribuirá a estudios más completos y mejor soportados, para mostrar resultados bastante reales, tomar decisiones y proponer medidas de reducción de esta vulnerabilidad.

Palabras claves: afectaciones antrópicas, base de conocimiento, vulnerabilidad físico-residencial

ABSTRACT

The preventive approach to asset risk management should be particularly strengthened in the face of the slow, cumulative and underlying impacts of the anthropic effects of the housing stock in historic areas. There has been an increase in potential damage caused by human action or inaction in the houses of heritage sites, however, the lack of perception and management of this type of threats, is manifested to a great extent. That is why, the use of artificial intelligence techniques is used to support the identification and evaluation of the vulnerability that these effects cause, considering that, there are references of experiences of their application, for some extreme natural events in historical urban areas. Therefore, a sector of the World Heritage area of Camagüey city has been taken as a case study, to determine the significant variables for the elaboration of a Knowledge Base that allows estimating the physical-residential vulnerability to anthropic impacts. In this way, the analysis carried out made it possible, to select the attributes to later elaborate the knowledge base that will contribute to more complete and better supported studies, to show quite real results, make decisions and propose measures to reduce this vulnerability

Keywords: anthropic effects; knowledge base; physical-residential vulnerability

Nota Editorial: Recibido: Marzo 2022 Aceptado: Mayo 2022

1. INTRODUCCIÓN

El fondo residencial le otorga vitalidad y evolución, a los sitios patrimoniales. Sin embargo, para la sustentabilidad del hábitat en las zonas de valor patrimonial, las viviendas, deben protegerse con mayor eficiencia, ante los impactos provocados por la acción o inacción humana, aunque actualmente, se priorizan los estudios de daños por eventos naturales extremos y por los efectos del cambio climático. Sin embargo, hay un notable incremento a nivel global de estragos potenciales de amenazas originadas por la actividad humana, que degradan principalmente, al fondo residencial. Por ello, la vulnerabilidad físico-residencial ante afectaciones antrópicas, debe ser estimada para una mayor percepción de estas amenazas y mejor contribución a la conservación preventiva del fondo residencial, en las zonas urbanas históricas.

En este sentido, en la presente investigación, se considera que las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) pueden contribuir acertadamente, a la estimación de la vulnerabilidad físico-residencial. Incluso, se tienen antecedentes del empleo de técnicas de IA para apoyar la gestión de riesgo del fondo edificado y varias de estas aplicaciones, se han centrado esencialmente ante los peligros naturales, principalmente, en la vulnerabilidad ante el peligro sísmico [1], [2], [3]. Estas técnicas han determinado la prioridad a atender, a partir del manejo de una gran cantidad de datos que posibilite saber la magnitud de lo que sucede. No obstante, para llegar a ello se requiere de la elaboración de una Base de Conocimiento (Knowledge-Base), definida como el conjunto de datos de los cuales se extrae el conocimiento, lo que permite manejarlo para la toma de decisiones y las acciones [4], la cual, a su vez, debe estar precedida de una adecuada selección de las variables significativas, para que estas herramientas puedan ser aplicadas con éxito.

La investigación se dedica a determinar las variables significativas para la elaboración de una base de conocimiento que permita estimar la vulnerabilidad físico-residencial ante impactos antrópicos en el centro histórico de la ciudad de Camagüey. Por tanto, se ha seleccionado como estudio de caso, al Sector 1 del Área Patrimonio Cultural de la Humanidad de este centro histórico, donde se manifiesta en notable medida, la problemática antes descrita. Este sector, dentro de la zona Patrimonio Cultural, es el de mayor centralidad y reúne un gran número de servicios comerciales, gastronómicos y culturales y aunque no tiene un carácter residencial, el uso de suelo para vivienda, es allí representativo. Luego, se aprovechan los diagnósticos y estudios realizados en el fondo residencial del Sector 1 de protección [5], [6] lo que prepararía la base de datos que posteriormente, permita elaborar la Base de conocimiento, para hacer uso de las técnicas de IA en la estimación de la vulnerabilidad físico-residencial ante impactos antrópicos.

2. DESARROLLO

La investigación tiene un alcance exploratorio-descriptivo y se apoya en investigaciones previas realizadas en el área de estudio [7], que facilitan informaciones acerca de los factores de riesgo antrópicos que causan daños al fondo residencial, en la zona analizada.

2.1. Algunas definiciones y comentarios sobre los ejes temáticos abordados



Las afectaciones antrópicas o humanas son definidas como fenómenos que producen daños y tienen su origen en la acción humana [8]. La complejidad de sus estudios y factores de riesgo, explican el porqué, no son pronosticados sus efectos con certeza. No obstante, es de gran preocupación el incremento de la vulnerabilidad física-residencial en zonas patrimoniales de la región a causa de impactos producidos por la actividad humana. Esta vulnerabilidad, que a grandes rasgos representa la propensión de las estructuras y elementos de las viviendas a sufrir daños físicos como resultado de la acción de eventos naturales y/o antrópicos, se asocia a diversas susceptibilidades desde factores internos y externos [9], [10].

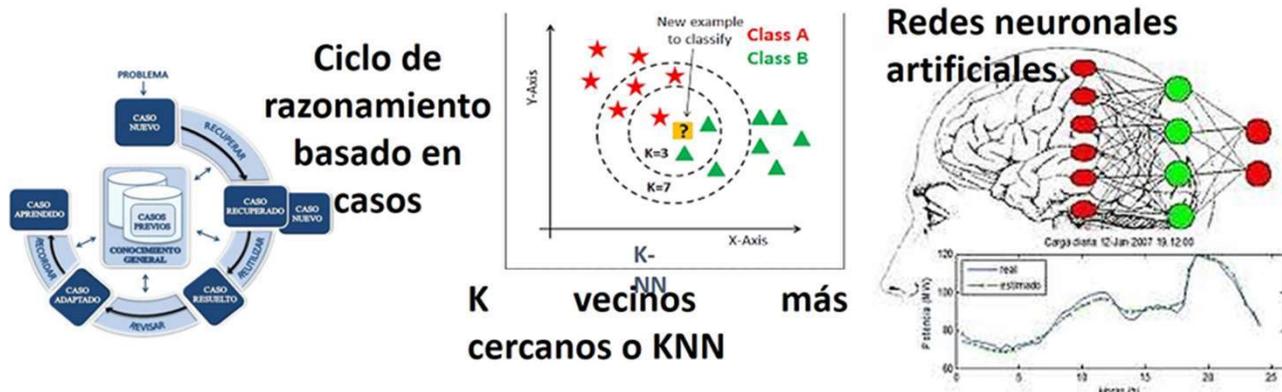


Figura 1: Ejemplos de técnicas o modelos de búsqueda de soluciones a problemas de la IA que se aplican a distintas esferas de las ciencias. **Fuente:** Martínez, M., Santana, E. & Beliz, N. (2017)

Por su parte, la inteligencia artificial (IA) es la rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente y la misma ofrece, técnicas para enfrentar los problemas que su dimensión hace poco posible usar un algoritmo conocido (algorítmicamente intratables) y/o que carecen de algoritmo para resolverlos (no algorítmicos). Estas técnicas o métodos de solución de problemas de la inteligencia artificial (Figura 1), se seleccionan en dependencia de los problemas a los que se quiera dar respuesta como aplicaciones para: la planificación automática, el procesamiento de lenguaje natural, la robótica, la solución de problemas de diagnóstico, el control de sistemas, el reconocimiento de escritura y del habla, el procesamiento de imágenes y el agrupamiento [11].

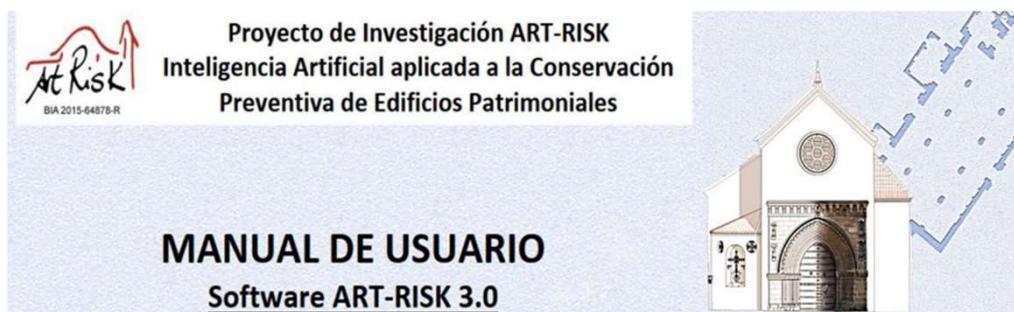


Figura 2: Referencia de gestión de riesgo del patrimonio con empleo de técnicas de IA. **Fuente:** Art-Risk, 2019.

En este sentido, las bases de conocimiento (KB: Knowledge Base), que es la herramienta que se desea conformar, a partir de determinar las variables significativas para estimar la vulnerabilidad física-residencial ante afectaciones antrópicas, surgen a partir de la investigación en Inteligencia Artificial, como respuesta a las necesidades que las aplicaciones de esta disciplina planteaban. En este caso, el requerimiento es crear una herramienta informatizada basada en modelos de inteligencia artificial, para apoyar la gestión preventiva de la vulnerabilidad física de las viviendas en sitios patrimoniales y ponerla, a disposición de instituciones, organismos y empresas inmersos en esta problemática.

Con el empleo de técnicas de IA para la gestión de riesgo, se han obtenido interesantes resultados, en [1]. Para el Proceso de descubrimiento del conocimiento en bases de datos o KDD, del inglés, Knowledge Discovery in Data bases, los algoritmos utilizados para ello, han permitido desarrollar modelos de estimación de la vulnerabilidad física en inmuebles [12]. En su mayoría, estas aplicaciones se dedican a peligros naturales. Un ejemplo de estas aplicaciones se basa en la conservación preventiva, en el Proyecto de Investigación ART-RISK (Figura 2), dedicado a los riesgos del patrimonio histórico y persigue: investigar herramientas de IA que permiten reproducir de manera aproximada el razonamiento humano y las relaciones existentes entre los factores de vulnerabilidad, los factores de riesgos y los parámetros históricos de inmuebles de valor, mediante la teoría de los conjuntos difusos con el fin de preservar el patrimonio edificado, con un modelo de explotación sostenible. Entre los aportes del mismo, se ofrece un software gratuito disponible Online, llamado ART-RISK 3.0 [13].

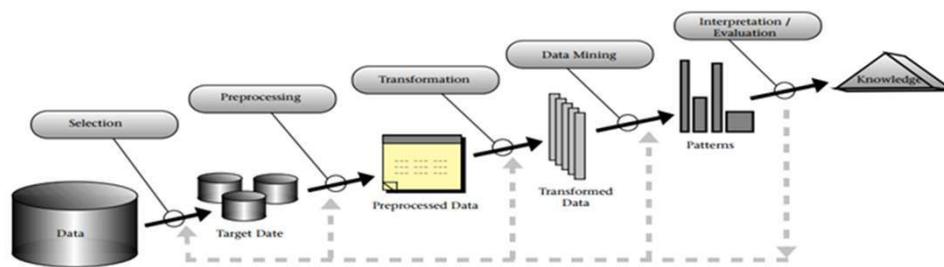


Figura 3: Visión general de los pasos que componen el proceso de KDD (Descubrimiento del conocimiento en bases de datos). **Fuente:** El proceso KDD.html, 2017.

Luego, ante la necesidad de mejorar la percepción y manejo de las afectaciones provocadas por el hombre que causan daños físicos directos a las viviendas de áreas antiguas, se requiere determinar las variables que permitirán la elaboración de una base de conocimiento (Knowledge-Base) para la estimación de su vulnerabilidad. Esta KB (Figura 3) representa un conjunto de datos de los cuales se extrae el conocimiento, lo que permite manejarlo.

Desde la primera etapa, se seleccionan los datos más importantes. Al pasar al procesamiento se realiza la limpieza de datos donde se buscan, además, los que resultan erróneos. En la transformación precisamente, se modifican datos, dentro de lo que se procede a la normalización para llevar de una escala a otra o para, por ejemplo, llevarlos de numérico a discreto o viceversa. Luego, en la etapa de Data Mining (Minería de datos), se seleccionaría el algoritmo de minería de datos y se entrenan, para buscar el patrón corregido. Al pasar este entrenamiento y la interpretación del mismo, se analizan los resultados considerando, cómo fue la clasificación y el aprendizaje y, se evalúa en dependencia de esto.

2.2. Algunas definiciones y comentarios sobre los ejes temáticos abordados

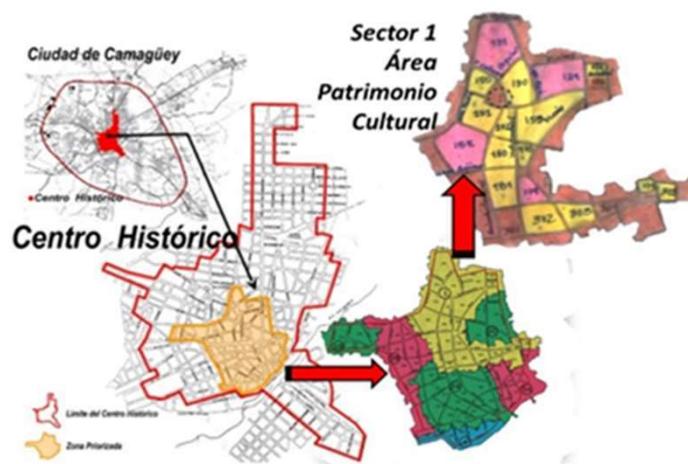


Figura 4: Centro histórico, área Patrimonio Cultural y Sector 1 con las manzanas estudiadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Se realiza un diagnóstico urbano en diecisiete manzanas de donde según criterios de selección, se toman cuatro manzanas, para realizar el diagnóstico a nivel arquitectónico, es decir, por cada residencia (señaladas en color magenta en la figura) (Figura 4). En estas manzanas se aplica la "Ficha de inspección rápida de daños al fondo residencial por afectaciones antrópicas en zonas patrimoniales" a un total de 154 casas que constituyen los casos o instancias. Asimismo, de estas viviendas se obtiene información para determinar las variables o atributos (Figura 5).



Figura 5: Viviendas representativas del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

La ficha de inspección aplicada se conformó al tomar algunas referencias en otras dos fichas diseñadas por diferentes instituciones como: la Dirección Nacional de la Vivienda que, en 2015 [15], la muestra en un Taller Nacional y, en las fichas de levantamiento que utiliza la Oficina del Historiador de la ciudad de Camagüey (OHCC) que la aplica el Plan Maestro y Gestión de la OHCC [16].

En las manzanas 129, 131, 179 y 182 (Figura 6) se declaran los peligros que afectan a gran parte de los inmuebles y, se valora su daño estimado, considerando los factores de vulnerabilidad. Esta inspección reveló los principales factores de riesgo antrópicos que afectan a las residencias ubicadas en las cuatro manzanas



Figura 6: Las cuatro manzanas donde se aplica la Ficha de inspección rápida

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que los cuatro factores de riesgo antrópicos determinados en el área de estudio, son la incompatibilidad de materiales y procedimientos constructivos, la falta de mantenimiento constructivo, la afectación por tráfico vehicular inadecuado y el vandalismo sobre inmuebles abandonados o en ruinas. Estos son los más relacionados con la vulnerabilidad física, por los niveles de daño sobre las estructuras, los elementos no estructurales y redes (Tabla 1). En una breve definición, se afirma que se manifiestan como:

Tabla 1: Factores de riesgo antrópicos que más afectan al fondo residencial del Sector 1 del área Patrimonio Cultural de Camagüey. **Fuente:** Elaborada propia.

FACTORES DE RIESGO ANTRÓPICOS IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO
Incompatibilidad de materiales y procedimientos constructivos
Falta de mantenimiento constructivo
Afectación por tráfico vehicular inadecuado
Vandalismo sobre inmuebles abandonados o en ruinas

- Incompatibilidad de materiales y procedimientos constructivos. Intervenciones constructivas con materiales actuales incompatibles con los originales y/o las antiguas técnicas o procedimientos constructivos que afectan la integridad de estructuras, de elementos arquitectónicos y de terminaciones originales.
- Falta de mantenimiento constructivo: Es un aumento de la vulnerabilidad física, que puede llevar al estado de ruina o al colapso.
- Afectación por tráfico vehicular inadecuado: Relacionado con los peligros de falta de mantenimiento, incompatibilidad de materiales y procedimientos constructivos y otros que aumentan la vulnerabilidad de las edificaciones ante el alto tráfico vehicular inadecuado por el centro histórico. No tiene la misma implicación que otros.
- Vandalismo sobre inmuebles abandonados o en ruinas: Hechos vandálicos sobre el inmueble en estado malo o ruinoso que aún tiene elementos y valores, pero se permite el saqueo del mismo. El desmantelamiento puede ser realizado por propietarios desconocedores de las consecuencias de estas acciones.

Estos peligros y factores de riesgo antrópicos han sido definidos con la realización de investigaciones previas y levantamientos a la escala urbana, como se trata en [6], además de, los resultados obtenidos con el uso de la Ficha de inspección rápida a escala arquitectónica. Esta utiliza un formato carta por las dos caras. En la parte anterior (Figura 7), se procuran los datos generales de dirección, manzana, tipología habitacional, atributos patrimoniales y hasta el Consejo Popular.

En la parte media de esta hoja, se encuentran datos de la tipología constructiva (nombradas con números romanos según establece la Dirección General de la Vivienda en Cuba, para las cinco tipologías de clasificación), de sistemas y detalles constructivos que aparezcan, de las modificaciones constructivas y las soluciones hidrosanitarias. Además, en esta parte se procesa un mínimo de datos sociológicos, que pueden ayudar a identificar factores de vulnerabilidad socioeconómicos.

En la parte inferior, se muestra la tabla de vulnerabilidad antrópica asociada al daño estimado en la cual, se exponen los peligros antrópicos manifiestos en el fondo habitacional con los factores que tributan a un índice de vulnerabilidad con carácter muy alto, alto, medio, bajo y casi nulo y, a la identificación de los factores de vulnerabilidad que inciden sobre cada uno de estos peligros. Al final de la ficha, se muestran las conclusiones de la inspección, donde se valora el estado físico de la vivienda en bueno, regular, malo e inhabitable, conjuntamente con el nombre del evaluador, la fecha de aplicación y la firma.

Figura 7: Cara principal de la Ficha de Inspección rápida de daños del fondo residencial por afectaciones antrópicas.
Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE INSPECCIÓN RÁPIDA DE DAÑOS DEL FONDO RESIDENCIAL POR AFECTACIONES ANTRÓPICAS. ZONA PATRIMONIO MUNDIAL DEL CENTRO HISTÓRICO DE CAMAGÜEY											
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>						Dirección: Calle _____					
						Número _____, entre _____ y _____ C.P. _____					
						Manzana _____					
						Función original del inmueble: _____					
						Tipología habitacional: Casa: _____ Apartamento _____					
						Habitación en ciudadela: _____ Otros: _____					
						Si el inmueble posee atributos patrimoniales: _____					
						Estilo arquitectónico _____					
						Grado de protección _____					
						Valor patrimonial _____					
Aspectos constructivos y redes Tipología constructiva: I __, II __, III __, IV __, V __ Sistema constructivo (pórticos __, muros de carga __, mixto __, otra __) Detalles constructivos: Tipo de cubierta (plana __, inclinada __, otras __. Especificar _____). Tipo de entripiso (tradicionales hasta inicios del siglo XX __, de hormigón armado __, prefabricado __, con empleo del poliestireno expandido __, de construcción compuesta __, otros __. Especificar _____) Elemento en voladizo (balcón __, alero __, losa __). Modificaciones estructurales que alteran cargas, trazado original: con asistencia facultativa __, modificada para trabajo por cuenta propia __, para ampliación __, con barbacoa __, otro propósito __ con tanques apoyados (en interior __, en cubierta __) Solución hidrosanitaria: cisterna __, fosa séptica __, letrina __, tanques elevados __, baño colectivo __, pozo de agua __, trampa de grasa __. Datos sociológicos: Cantidad de personas residentes __ niños 0-14 años: __ Adultos mayores + de 60 años: __											
VULNERABILIDAD ANTRÓPICA ASOCIADA AL DAÑO ESTIMADO											
FACTORES DE RIESGO ANTRÓPICOS DEL FONDO RESIDENCIAL DEL SECTOR 1 DEL ÁREA PATRIMONIO MUNDIAL DEL CENTRO HISTÓRICO DE CAMAGÜEY						ÍNDICE DE VULNERABILIDAD					
						Muy alta		Alta		Media	
A INCOMPATIBILIDAD DE MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS											
B FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS EDIFICACIONES											
C AFECTACIONES POR TRÁFICO VEHICULAR INADECUADO											
D VANDALISMO Y DESMANTELAMIENTO EN INMUEBLES ABANDONADOS O EN RUINAS											
E USOS INCOMPATIBLES CON EL INMUEBLE											
F SOBREUSO DEL INMUEBLE											
Conclusiones Estado físico de la vivienda: Bien __, Regular __, Mal __ (se considera Mal Inhabitable __) Nombre del Evaluador: _____ Fecha de aplicación _____ Firma _____											

Elaborado por MSC. Arq. Kenia Suárez de la Universidad de Camagüey, basado en la ficha diseñada por la Dirección Nacional de la Vivienda, La Habana, 2015.

Como se aprecia, en la ficha aparecen los factores de riesgo antrópicos y los índices de vulnerabilidad para los mismos. Los primeros, se determinan desde la escala urbana, con el trabajo de mesa del equipo transdisciplinario, con la confección de la lista de chequeo y, del levantamiento de las 154 viviendas donde, a pesar de no haberse tomado fotos interiores -para no incomodar a los propietarios- se pudo realizar la inspección visual de los daños presentes que, en unos casos son mínimos y en otros, sin embargo, son excesivos y con niveles de afectación graves.

Por su parte, los segundos aspectos, o sea, los índices, reflejan la valoración de resultados de asociación de la vulnerabilidad al daño estimado producto de la ocurrencia de uno o más amenazas antrópicas, a las que las viviendas se encuentran expuestas. Luego, para definir el grado de exposición frente a cada amenaza, se correlaciona con los niveles de susceptibilidad identificados en el estudio: muy alto, para más de tres peligros antrópicos manifiestos; alto, por la exposición a tres peligros antrópicos palpables; medio, dada la manifestación de dos peligros antrópicos manifiestos; bajo, para un solo peligro antrópico manifiesto o varios con menos relevancia y; casi nulo, porque se comienza a manifestar una o más amenazas o puede ser temporal la exposición.

Luego, en la tabla a continuación se ilustran de forma general, resultados del levantamiento de daños por peligros antrópicos en las diecisiete manzanas estudiadas, con incidencia a esa escala de estos peligros por manzanas, lo cual lógicamente no coincide con lo encontrado con la aplicación de la Ficha de inspección rápida a nivel arquitectónico, sobre todo, porque de esta última se extrajeron, algunas variables significativas que ayudaron a entender el porqué del comportamiento de los niveles de incidencia (Tabla 2). Se remarcan en color amarillo las filas correspondientes a las manzanas 129, 131, 179 y 182, que fueron las cuatro manzanas seleccionadas, para hacer la inspección a nivel arquitectónico en el Sector 1 del área Patrimonio Cultural, como se ha mostrado previamente en la figura 6.

Tabla 2: Elementos y variables considerados desde la escala urbana, en el levantamiento para la identificación de los factores de riesgo antrópicos que más afectan al fondo residencial del Sector 1 del área Patrimonio Cultural. Fuente: Elaborada propia.

MANZANA	CANTIDAD DE LOTES	LOTES PARA VIVIENDAS	PREDOMINIO USO DE SUELO	TIPOLOGÍAS CONST. PREDOM.	PELIGROS MÁS SIGNIFICATIVOS
125	22	20	Residencial 90,9%	I	Falta de mantenimiento
129	47	31	Residencial 65,95%	III y I	-
130	20	16	Residencial 80%	III y I	Falta de mantenimiento
131	49	45	Residencial 91,80%	III y I	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico
150	16	13	Residencial 81,25%	III y I	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico
151	23	14	Residencial 60,85%	III y I	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico
152	11	3	Servicios y oficinas	III y I	-
153	39	18	Comercio y servicios gastronómicos	III y I	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico
174	12	12	Residencial 100%	III y I	Afectación del tráfico
178	8	1	Servicios 50% y comercio 37,5%	III	Afectación del tráfico
179	24	19	Residencial 79,15%	III y I	-
180	40	32	Residencial 80%	I	Falta de mantenimiento y pérdida de atributos
181	25	11	Comercio y servicios gastronómicos	I	Afectación del tráfico
182	38	27	Residencial 71,05%	III	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico
302	34	27	Residencial 79,41%	III y I	-
303	11	5	Oficinas y Servicios	III y I	-
305	20	20	Residencial 100%	III y I	Falta de mantenimiento y afectación del tráfico

Por tanto, la aplicación de la Ficha de inspección rápida demostró que los peligros antrópicos y daños físicos detectados, que inciden en cada manzana y por ejes – donde las manzanas más críticas fueron la 131 y la 182- recaen principalmente en los elementos estructurales y no estructurales. También se manifiestan los factores de vulnerabilidad que contribuyen a mayor o menor escala en la evolución de los daños que se detectaron y, entre los principales factores de vulnerabilidad se puede mencionar al factor económico, que no les permite a los moradores intervenir los daños que tienen en sus viviendas además, incide el factor social, el cual tiene implícito el factor institucional, ya que las entidades responsables deberían llevar control, para la realización de mantenimientos e intervenciones adecuadas, y por otra parte, está el factor físico, donde interviene la trama urbana y los eventos naturales, propiciando un deterioro paulatino, debido a la antigüedad de las viviendas y su vulnerabilidad inherente.

3. RESULTADOS

3.1. Variables significativas y características de la base de conocimiento a elaborar

Tabla 3: Atributos con valores nominales y binarios.
Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO		VALORES
TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA		I o III (considerando lo que predomina en las viviendas)
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS		Pórticos Muros de carga Mixto
DETALLES CONSTRUCTIVOS	Tipo de cubierta	Inclinada Plana
	Tipo de entepiso	Tradicionales hasta inicios del siglo XX Con técnicas y materiales actuales
	Elemento en voladizo	Balcón Alero Losa
	MODIFICACIONES ESTRUCTURALES	Con asistencia facultativa Asistidas por experiencia práctica Con esfuerzo propio sin asistencia Para ampliación Para subdivisiones verticales u horizontales
		0 o 1

De la ficha para el diagnóstico, se extrajeron las variables que estaban directamente relacionadas con la vulnerabilidad física-residencial. Es decir, se hizo un enfoque en los elementos estructurales, no estructurales y las redes que, por afectaciones de la acción o inacción humana, han hecho susceptible en distintos niveles a las casas. De estos análisis resultaron las variables significativas (Tabla 3).

Si se hace una breve explicación de cada atributo analizado en función de estimar la vulnerabilidad física-residencial, se percibe la diversidad e importancia de cada uno. La tipología constructiva y los sistemas constructivos o aspectos técnico-constructivos, se toman porque en el área de estudio predominan casi en su totalidad: la tipología constructiva I (muros de mampostería y losa de hormigón armado) y/o la tipología III que era la original (muros de mampostería y techos con soportes de madera con tejas de barro). Esta última, decrece con consecuencias negativas para las casas y las edificaciones contiguas a estas, por los diversos factores de riesgo, por lo que constituyen atributos con valores nominales.

La tipología estructural también se toma en consideración porque, aunque la mayoría de las residencias, sobre todo, las antiguas, se erigieron con anchos muros de ladrillos, se pueden encontrar arcadas sobre columnas y columnas de distintos materiales entre otros, que añaden atributos con valores nominales.

Los detalles constructivos por su parte, en ocasiones revelan daños que pueden poner en riesgo hasta la vida de los moradores. Esto añade más atributos con valores nominales, según el tipo de cubierta, de elementos de entresijos y si existen elementos en voladizo. En los tipos de cubierta, se ha decidido centrarse en lo que predomina en el área de estudio, en correspondencia con lo dispuesto en la metodología para la inspección técnica a inmuebles, desarrollada por la Dirección General de Vivienda del Ministerio de la Construcción, que las clasifica en planas, inclinadas y curvas [15]. Cuando se marca el tipo inclinado, el personal que realiza el diagnóstico debe considerar, los tradicionales techos de armadura con tejas (criollas o francesas) que caracterizan al Sector 1 y que pueden verse combinados con, soluciones contemporáneas de tejas de fibrocemento, de fibro-asfalto o de zinc, según el propietario haya intervenido. Al catalogar en, de tipo plana a la cubierta, se abarcan desde los tradicionales techos planos de vigueta y tablazón y de losa por tabla, y los que siguieron de la etapa republicana como: viga y losa, de bóveda catalana de cerámica, de perfiles y losas macizas de hormigón hasta, las actuales losas de hormigón armado que emergen en el paisaje urbano aceleradamente, muchas veces, combinadas con los techos tradicionales a los que, en un porcentaje notable, les han incrementado sus lesiones y patologías.

En el caso de los entresijos, aunque se conoce que, en este centro histórico, las viviendas se desarrollan en una planta predominantemente, hay un porcentaje notable de residencias de dos niveles, a lo que se le suman las transformaciones que se realizan. Por eso, se proponen la asignación de pesos a distintos valores, como es este caso pues, en ocasiones intervienen otros factores como la carga que se incrementa en los elementos estructurales deteriorados, por ejemplo. Asimismo, las modificaciones realizadas ante la creciente demanda de vivienda y/o los cambios de uso, en algunas partes de las residencias para fines comerciales o de servicios, obligan a considerar otros atributos más. Este grupo sería con valores binarios, o sea, 0 o 1, según estén presentes en la residencia pues, la forma en que se haya realizado la modificación, puede incrementar la vulnerabilidad.

Tabla 4: Variable de salida: la vulnerabilidad físico-residencial ante afectaciones antrópicas determinadas en el área de estudio. **Fuente:** Elaboración propia

FACTORES DE RIESGO ANTRÓPICOS DETERMINADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO:	CLASES DE LA VULNERABILIDAD FÍSICO-RESIDENCIAL				
	Muy alta	Alta	Media	Baja	Casi nula
INCOMPATIBILIDAD DE MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS					
FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
AFECTACIONES POR TRÁFICO VEHICULAR INADECUADO					
VANDALISMO SOBRE INMUEBLES ABANDONADOS O EN RUINAS					

Por su parte, el atributo de decisión: la vulnerabilidad físico-residencial, tendrá valores que serán las clases, o sea, el tipo de vulnerabilidad. Esta variable de salida, que es nominal, saldrá por cada factor de riesgo antrópico que se manifiesta en las instancias (Tabla 4).

Todo lo antes explicado resalta la importancia de un correcto diagnóstico. En la zona de estudio, son cuatro los factores de riesgo determinados. Por tanto, para tener resultados concretos se deberán elaborar bases de conocimiento en función de cada factor. En este caso, como se tienen cuatro atributos de decisión porque, derivarían de cada factor de riesgo antrópico determinados (por incompatibilidad, por falta de mantenimiento, por afectaciones del tráfico y por vandalismo sobre edificaciones), se denomina al procedimiento, multilabel o multietiqueta.

Con los 154 casos o instancias (cantidad de viviendas analizadas), se garantiza la base de datos para crear la base de conocimiento que permita extraer propiamente, el conocimiento. Esta base de conocimiento, debe ser estructurada en una serie de atributos nominales y binarios que se estiman sumarían un total de 313. Parte de estos atributos, aproximadamente unos 17, son nominales, al corresponder a los valores de las variables: tipologías constructivas, sistemas constructivos y detalles constructivos. Mas, una cantidad de 296 atributos serían binarios dentro de los que están contenidos, los cinco de las modificaciones constructivas realizadas y el resto, corresponde con la presencia o no, de las lesiones que contribuyen al incremento de la vulnerabilidad física, ya sea en elementos estructurales, en los no estructurales, o en las redes, ya que estas lesiones aparecen en la cara posterior de la ficha y se consideran según el estado en que esté el inmueble. Como se ha apuntado, el último atributo es el atributo de decisión (vulnerabilidad físico-habitacional) que es nominal también, con cinco clases. Como se ha determinado tener, un atributo de decisión, por cada factor de riesgo, identificado en el área para el Sector 1, se tendrán cuatro variables de salida.

4. CONCLUSIONES

Se considera necesario el empleo de las técnicas de IA, para estimar la vulnerabilidad física-residencial ante afectaciones antrópicas en zonas patrimoniales. Ello contribuiría a obtener resultados más completos y mejor soportados, con el fin de mostrar la realidad, tomar decisiones y proponer medidas.

Resultó de gran apoyo la aplicación de la Ficha de inspección rápida de daños físicos al fondo residencial por afectaciones antrópicas, en el Sector 1 de la Zona Patrimonio Cultural del centro histórico de Camagüey. Con los datos aportados en la inspección, se pudieron determinar las variables significativas que posibilitarían la conformación de la base de conocimiento para la estimación de la vulnerabilidad física-residencial.

La elaboración de una base de conocimiento, ante la muy escasa información existente, ofrecería una herramienta novedosa y viable para trabajar desde una postura preventiva, en la conservación del patrimonio arquitectónico residencial.



1. E. Maldonado and G. Chio, "Índice de vulnerabilidad estructural ante los efectos de remoción en masa en edificaciones de mampostería basado en conjuntos difusos," *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 27, pp. 23-39, 2011.
2. C. M.L., O. D. Cardona and A. H. Barbat, "Evaluación de la habitabilidad de edificios afectados por sismo utilizando la teoría de conjuntos difusos y las redes neuronales artificiales," *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 27, no. 4, p. 278–293, 2011.
3. L. Pérez-Martínez, E. Tápanes-Suárez, O. Santos-Pérez, J. A. Cabrera-Hernández and D. Nogueira-Rivera, "Procedimiento para Índice Sintético de Gestión Ambiental: validación con minería de datos," *Ingeniería Industrial*, vol. XLII, no. 2, 2021.
4. S. L. Mestizo, "Inteligencia artificial y simulación," *La Ciencia y el Hombre*, vol. XXIV, 2011.
5. K. Suárez, *Vulnerabilidad del fondo habitacional... ¿por peligros naturales?*, Camagüey: El Lugareño, 2019.
6. K. Suárez and O. F. Fernández, *Guía de identificación de factores de riesgo antrópicos en viviendas de zonas patrimoniales: estudio en el centro histórico de Camagüey*, Camagüey: Universidad de Camagüey, 2021.
7. K. Suárez, "Ficha de inspección rápida de daños por peligros antrópicos del fondo residencial de zonas patrimoniales," *Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey*, Camagüey, 2017.
8. O. Rojas and C. Martínez, "Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales," *Revista Universitaria de Geografía*, vol. 20, pp. 83-96, 2012.
9. J. A. Miyashiro, *Vulnerabilidad físico habitacional: tarea de todos ¿responsabilidad de alguien?*, Lima: SAC, 2009.
10. F. J. Angeleri, "La vulnerabilidad física del patrimonio arquitectónico en Mendoza. Estudio de la condición de vulnerable y diseño de un método de evaluación," Mendoza, 2013.
11. [R. Ortiz, M. Moreno, J. Becerra, S. Corona and P. Ortiz, "El análisis de riesgos en los centros históricos: estudio de las fortificaciones urbanas del centro histórico de Sevilla," *Revista PH*, no. 104, pp. 342-361, 2021.
12. S. R. Timarán, I. Hernández, S. J. Caicedo, A. Hidalgo and J. C. Alvarado, "El proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos," in *Descubrimiento de patrones de desempeño académico con árboles de decisión en las competencias genéricas de la formación profesional*, Bogotá, Universidad Cooperativa de Colombia, 2016, pp. 63-86.
13. P. Ortiz, "Art-Risk: Inteligencia artificial aplicada a la conservación preventiva de edificios patrimoniales," 24 enero 2021. [Online]. Available: <https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3/index.html>. [Accessed 9 agosto 2021].
14. M. Martínez, E. Santana and N. Beliz, "Análisis de los paradigmas de inteligencia artificial, para un modelo inteligente de gestión de la energía eléctrica," *Revista de Iniciación Científica*, vol. 3, pp. 77-84, 2017.
15. D. G. d. I. Vivienda and Ministerio de la Construcción, "Metodología para caracterizar estado técnico, vulnerabilidad y riesgo del fondo edificado," *Dirección General de la Vivienda*, La Habana, 2015.
16. D. d. P. M. y. Gestión, *Inventario y catalogación de edificios del centro histórico de la ciudad de Camagüey. Ficha arquitectónica para inmuebles*, Camagüey: Oficina del Historiador de la ciudad de Camagüey, 2001.

