

Nuevas construcciones arquitectónicas en zonas urbanas vulnerables a deslizamientos de tierra por profundidad de erosión, demarcación Álvaro Obregón, CDMX, México¹

New architectural constructions in urban areas vulnerable to landslides due to deep erosion, Álvaro Obregón, CDMX, Mexico

Novas construções arquitetônicas em zonas urbanas vulneráveis a deslizamentos de terra devido à profundidade da erosão, demarcação Álvaro Obregón, CDMX, México

Oscar Daniel Rivera González

Doctor en Urbanismo, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
oscardanielandyboy@hotmail.com | 0000-0002-7698-7433

Para citar este artículo: Rivera González, O. (2023). Nuevas construcciones arquitectónicas en zonas urbanas vulnerables a deslizamientos de tierra por profundidad de erosión, demarcación Álvaro Obregón, CDMX, México. *Entorno Geográfico*, (25), e21812351. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i25.12351>

Resumen

En la Alcaldía Álvaro Obregón se realizan constantemente nuevas construcciones arquitectónicas aumentando con ello el urbanismo sin control, omitiendo en gran mayoría de las ocasiones las características de composición del suelo, el cual, debe ser analizado para la construcción de zonas urbanas seguras, mismas que no deberán tener susceptibilidad a presentar deslizamientos de tierra por desatención de cuestiones edafológicas, geológicas, geofísicas, geomorfológicas, hidrográficas, entre otras.

Con base en lo anterior, es importante aminorar el posible daño en dichas construcciones, forjando estudios adecuados sobre riesgos en zonas de barrancas, evitando posibles decesos en la población y afectaciones en el personal que se encuentra laborando en dichas edificaciones.

El objetivo principal es la realización de una metodología gratuita y con grado de error mínimo, para la ejecución real de un modelo preventivo con base en la profundidad de

¹ Producto de una investigación.



Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

erosión, utilizando archivos en formato Raster provenientes de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, 2021), con nivel de detalle de pixel en terreno de 12.5 metros.

El resultado final del modelo podrá ser utilizado por autoridades gubernamentales a nivel alcaldía, estado o federación, evitando nuevas construcciones arquitectónicas según las características del terreno, con el objetivo de replicar dicha metodología en otras zonas de México, América Latina y del mundo, donde las tipologías de riesgo sean similares al área de estudio.

Palabras clave: construcciones arquitectónicas, erosión, prevención y geomorfología

Abstract

In the Álvaro Obregón municipality, new architectural constructions are constantly being built, thus increasing uncontrolled urban development, omitting in most cases the characteristics of soil composition, which should be analyzed for the construction of safe urban areas, which should not be susceptible to landslides due to neglect of edaphological, geological, geophysical, geomorphological, hydrographical and other issues.

Based on the above, it is important to reduce the possible damage to these constructions, forging adequate studies on risks in ravine areas, avoiding possible deaths in the population and affectations in the personnel that is working in these buildings.

The main objective is the realization of a free methodology with a minimum degree of error, for the real execution of a preventive model based on the erosion depth, using files in Raster format from the National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2021), with a pixel detail level of 12.5 meters in terrain.

The final result of the model can be used by governmental authorities at mayoral, state or federal level, avoiding new architectural constructions according to the characteristics of the terrain, with the objective of replicating this methodology in other areas of Mexico, Latin America and the world, where the risk typologies are similar to the study area.

Keywords: architectural constructions, erosion, prevention and geomorphology

Resumo

Na Prefeitura de Álvaro Obregón são constantemente realizadas novas construções

arquitetônicas, o que aumenta o urbanismo descontrolado, omitindo, na maioria das vezes, as características da composição do solo. Este deve ser analisado para garantir a construção de zonas urbanas seguras, que não apresentem suscetibilidade a deslizamentos de terra devido à negligência de questões edafológicas, geológicas, geofísicas, geomorfológicas, hidrográficas, entre outras.

Com base nisso, é importante minimizar os possíveis danos nessas construções, promovendo estudos adequados sobre os riscos em áreas de ravinas, evitando possíveis fatalidades entre a população e impactos sobre o pessoal que trabalha nessas edificações.

O objetivo principal é desenvolver uma metodologia gratuita e com margem mínima de erro, para a execução efetiva de um modelo preventivo baseado na profundidade da erosão, utilizando arquivos no formato Raster provenientes da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA, 2021), com nível de detalhe de pixel no terreno de 12,5 metros.

O resultado final do modelo poderá ser utilizado por autoridades governamentais em nível municipal, estadual ou federal, evitando novas construções arquitetônicas inadequadas às características do terreno, com o objetivo de replicar essa metodologia em outras regiões do México, da América Latina e do mundo, onde as tipologias de risco sejam semelhantes à área de estudo.

Palavras-chave: construções arquitetônicas, erosão, prevenção e geomorfologia

Recibido: 27 de julio de 2022

Aceptado: 26 de enero de 2023

Publicado: 17 de febrero de 2023

1. Introducción

Actualmente la alcaldía Álvaro Obregón cuenta con diversas problemáticas de riesgo ante deslizamientos de tierra en gran medida incentivados por el crecimiento urbano, existiendo construcciones arquitectónicas en zonas de barrancas y en otras partes con características geográficas no aptas para la habitabilidad.

Diversas leyes, estatutos, reglamentos, normas, entre otros, impedirían los procesos de crecimiento urbano irregular, sin embargo, detrás de esta obviedad hay un hecho real, el cual, afecta a varios pobladores, y es la falta de aplicación de las mismas a los casos concretos para

su atención protección o corrección del daño (Molla, 2006).

La población que habita zonas de ladera de manera irregular, según pláticas informales con la misma, se opone rotundamente en gran mayoría a ser reubicados, al no poseer un lugar seguro para vivir dentro de la legalidad, por lo anterior, la importancia de alertar a las autoridades de la Ciudad de México (CDMX) y de la alcaldía Álvaro Obregón, a no otorgar permisos de construcción en zonas inseguras.

Lo anterior, aumenta el número de construcciones espontáneas, sin ningún tipo de planificación urbana, ocasionando crecimiento anárquico en áreas no aptas para asentamientos humanos por las condiciones geográficas que las caracterizan.

Las políticas en materia de vivienda parecen no responder a la necesidad de la población en cuanto al desequilibrio que producen derivado del riesgo en algún territorio, la creación o uso de viviendas como un mecanismo privilegiado de integración social, concibe inseguridad, y construcción de vulnerabilidad, lo cual, es desconocido en gran mayoría por la administración gubernamental (Gómez, 2002).

Existen semejanzas entre las características de vulnerabilidad física según la informalidad o formalidad de construcciones urbanas, lo anterior, con base en leyes, estatutos, normas y reglamentos, sin embargo, la problemática actual en zonas informales es mayor debido a las afectaciones por deslizamientos de tierra, lo cual, rebasa a la legalidad instaurada gubernamentalmente.

La planificación urbana será más beneficiosa cuando se realice zonificación adecuada, considerando siempre cuestiones geográficas, geológicas, geomorfológicas, hidrográficas, entre otras y no solo los aspectos arquitectónicos o características de resistencia de las edificaciones.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden utilizarse para analizar el territorio como un sistema complejo, examinando diversos aspectos característicos, actualmente la información geográfica es tan abundante que genera cartografía puntual del sitio a evaluar, lo cual, es favorecedor a diversas problemáticas urbanas (Pardo, 2017).

Con base en lo escrito y analizado anteriormente, se realizó la construcción de un modelo de prevención antes de la construcción de edificaciones en zonas no aptas para la vivienda o

para otros fines, con el objetivo de reubicar o cancelar dichas obras según el nivel de riesgo a presentar deslizamientos de tierra.

La zona de estudio se sitúa en la colonia las Águilas dentro de la alcaldía Álvaro Obregón en la CDMX (ver Figura 1), donde se encuentra en pleno desarrollo una construcción, misma que según el modelo con base en las características de erosión y pendiente del terreno, creará vulnerabilidad en la edificación una vez concluida, puntuizando que el área total de construcción actual es de 1,017.28 m² (ver Figura 2).

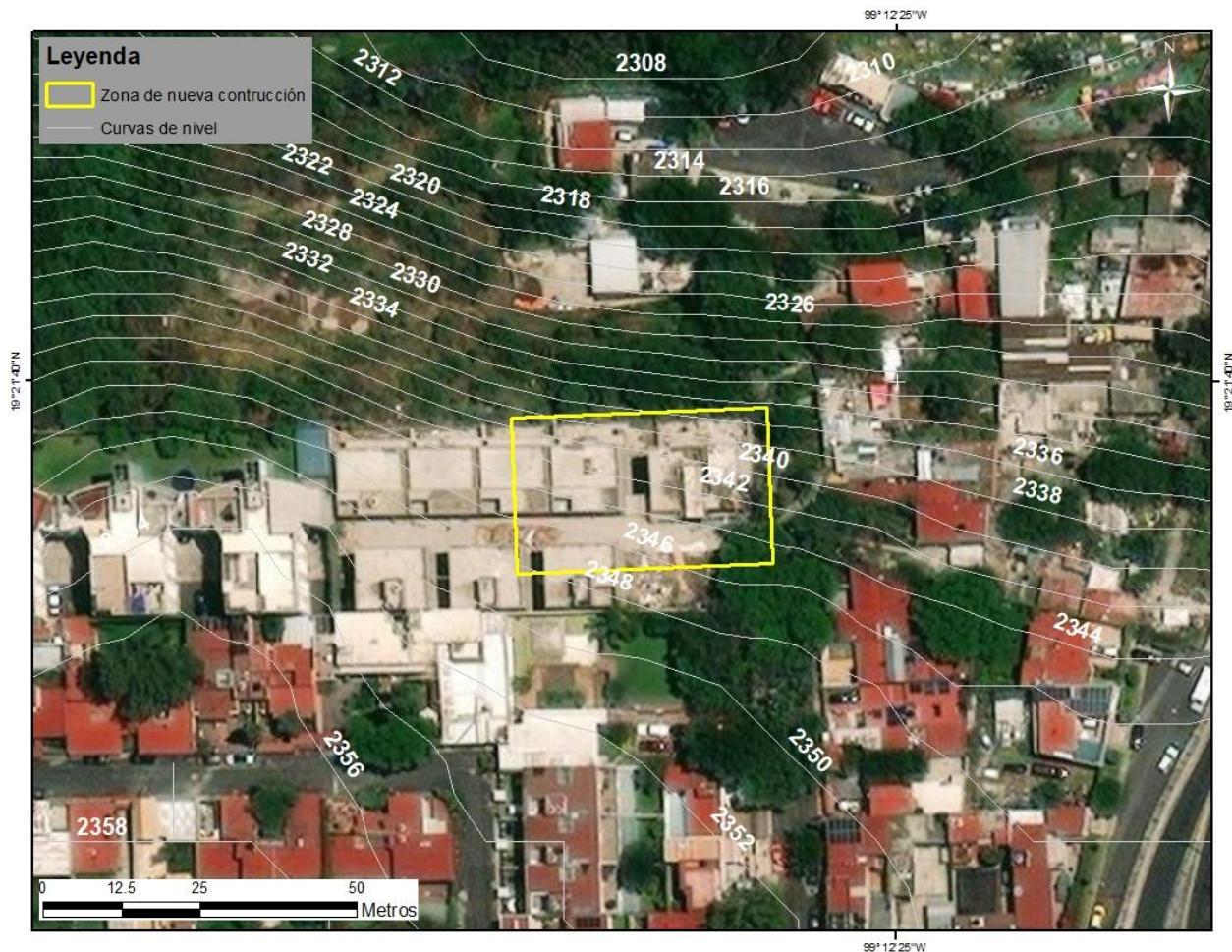
Figura 1. Área de estudio colonia Las Águilas y zonas aledañas



Fuente: Elaboración propia con Basemap Word Imagery, software ArcGis

Figura 2. Área de estudio colonia Las Águilas y zonas cercanas, terreno donde se instauró

la nueva construcción

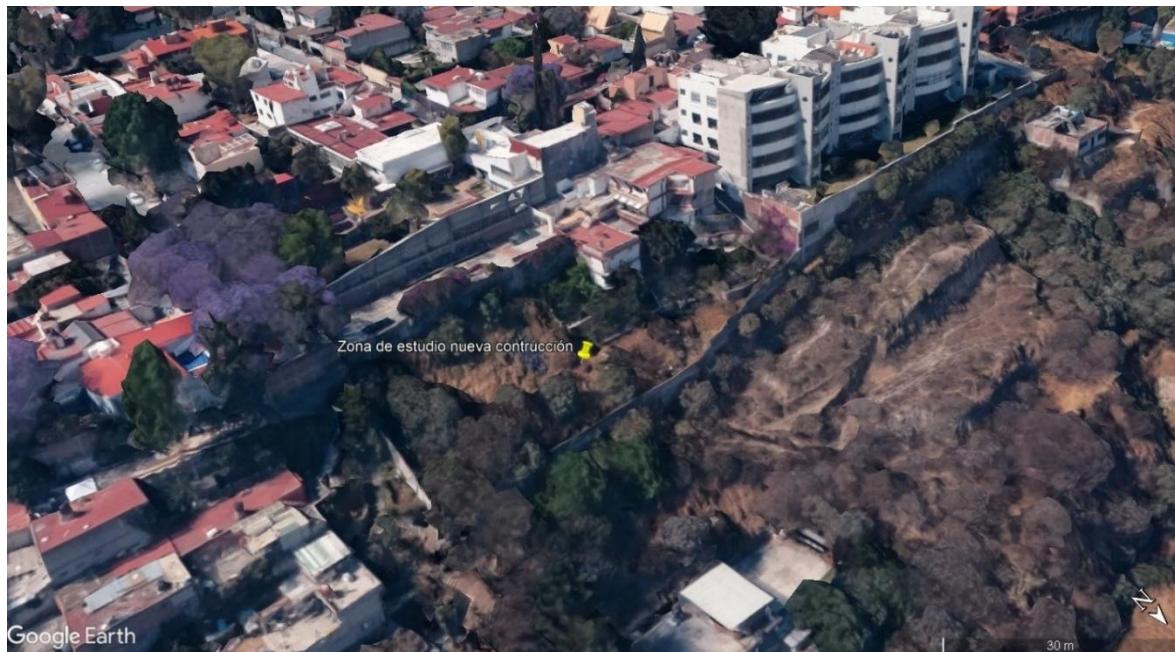


Fuente: Elaboración propia con Basemap Word Imagery, software ArcGis

La interpretación de las dos figuras anteriores revela el crecimiento de nuevas construcciones en áreas donde la geomorfología del terreno es demasiado abrupta, inclusive en zonas aledañas a la analizada se establece la creación de un número mayor de pisos en las edificaciones ya existentes, por ello, la instauración de modelos preventivos.

A manera de complementar la información anterior, la Figura 3 muestra la geomorfología del terreno antes de la instauración de la construcción, con el objetivo de observar la irregularidad del terreno y el riesgo de cimentación de nuevas edificaciones.

Figura 3. Geomorfología del terreno, zona de nueva construcción arquitectónica.



Fuente: Google Earth Pro, 2023

La siguiente figura muestra el contraste de la zona de estudio entre la no existencia de edificación (ver Figura 4) con la existencia de la edificación en plena construcción (ver Figura 5), lo anterior, con el objetivo de identificar y diferenciar la modificación de la zona evaluada, especificando que dicha obra y aumento urbano coexiste en zonas aledañas, extendiéndose en otras partes de la CDMX.

Es importante mencionar que la construcción arquitectónica analizada se empezó a ejecutar aproximadamente desde el mes de octubre del 2018 (ver Figura 4), precisando que actualmente se encuentra terminada y en actual ocupación.

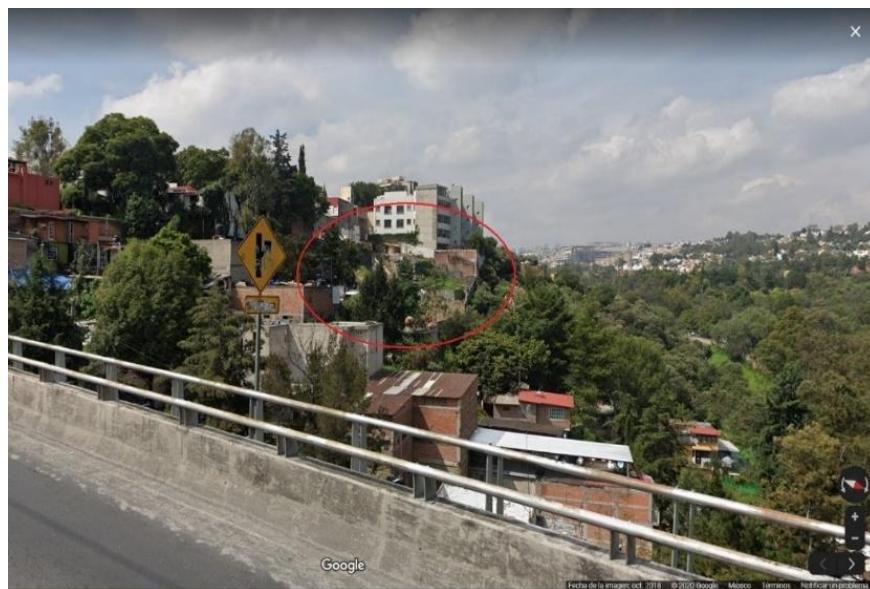
La seguridad estructural debe ser algo primordial en la iniciación de alguna construcción arquitectónica, la interdisciplinariedad entre ciencias físicas, sociales y humanas, es importante para el entendimiento de las características de la zona, es complicado que una sola ciencia pueda abarcar el entendimiento de cada una de las características del sitio.

Figura 4. Fotografía área de estudio nueva construcción arquitectónica, Colonia Las Águilas



Fuente: Elaboración propia, toma de fotografía 5 de enero 2020

Figura 5. Panorámica del área de estudio en mayo de 2018, zona de estudio Colonia Las Águilas, inicio de construcción octubre 2018



Fuente: Google Maps, 2021

El proceso y formulación de la transdisciplinariedad e interdisciplinariedad compone una mayor estrategia de formación referida a proyectos urbanísticos, los límites de cada ciencia es un aporte directo y eficaz del campo que domina, lo cual, ayuda a profundizar el conocimiento y la solución de alguna problemática (Henao et al., 2017).

El aporte de la ingeniería y arquitectura en la construcción de nuevas edificaciones es de valioso apoyo, el entendimiento del refuerzo estructural de la construcción realizada por expertos genera una garantía de seguridad y satisfacción para los habitantes.

La resistencia estructural previene la posibilidad del colapso de alguna construcción y perjuicios en la vida de sus ocupantes, sin embargo, en caso de ocurrencia de afectación el nivel de daño en la estructura puede ser considerable y hasta cierto punto preocupante, lo que implica que ésta no podrá continuar en operación y requerirá extensas reparaciones o modificaciones (Pérez et al, 2018).

Por lo anterior es la importancia del entendimiento entre ciencias físicas y sociales, debe ser un proceso de respeto y aporte entre sus áreas de conocimiento. Geográficamente es indispensable conocer el terreno con todas sus variantes naturales, el hecho de construir no solo concibe instauración de casas y edificios, por el contrario, es crear seguridad desde estudios previos en cuanto a cuestiones, geológicas, hidrográficas, geomorfológicas, edafológicas, entre otras.

2. Marco teórico

La importancia teórica de las afectaciones y con base en ello las posibles soluciones instauradas en campo para evitar y no solo corregir el daño, debe ser analizada a profundidad por diversos autores y estudiosos del tema analizados a continuación, formando soluciones integrales adecuadamente gestionadas por parte del aparato gubernamental mexicano, referidas a nuevas construcciones en zonas vulnerables a deslizamientos de tierra con base en la erosión del suelo.

Por lo anterior, es importante precisar que la línea teórica principal es el posible riesgo de desastre en nuevas construcciones arquitectónicas, incluyendo a los SIG con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad y con ello diversas afectaciones que acontecen después de algún

deslizamiento de tierra.

La cobertura de tierra es el resultado de la interacción geológica, geomorfológica, edafológica e hidrográfica, misma que al ser intervenida por el hombre para su confort y vivencia; contribuye a la aparición de diferentes problemáticas de afectación en deterioro y cambios en las formas del relieve, propiciando erosión, misma que incentiva deslizamientos de tierra (Trejos et al., 2012).

La supervivencia, bienestar, tranquilidad y confort, son cuestiones que por naturaleza busca el ser humano, por ello, se indaga con diversos mecanismos cualitativos y cuantitativos para establecer a futuro viviendas en sitios seguros. Es importante conocer el nivel económico de los habitantes según la problemática estudiada, en caso de ser nivel bajo o muy bajo, podrá ser hasta cierto punto entendible la ocupación en zonas con características no habitables, por ello, se deberá establecer contacto directo con la población.

Precisando que en ocasiones poblaciones buscan construir su vivienda en zonas con características que tienen algún grado de peligro, debido al desconocimiento de las características del sitio, lo cual, debe ser explicado por parte del aparato gubernamental y científico para evitar alguna posible catástrofe.

La gestión del riesgo de desastres asociados a deslizamientos de tierra es un componente sumamente importante sobre el que se debe trabajar con base en la prevención, el objetivo siempre será proteger a las comunidades ante amenazas potenciales, evitando en todo momento decesos en la población (Cuanalo & Gallardo, 2016). Así mismo, la ocurrencia de la aceleración de un deslizamiento de tierra, está directamente relacionado al componente erosivo, mismo que deberá ser analizado; caracterizándose por desgastar la superficie terrestre al producir roce o fricción con algún componente natural o artificial.

En la mayoría de las ocasiones dicho desgaste se origina debido a la implementación de materiales para construcción, reemplazando o eliminando la cobertura natural; aunado al impacto antropogénico, mismo que desgastará aún más el suelo con el paso del tiempo una vez que culmine la construcción arquitectónica.

La planeación urbana representa el ejercicio materializado entre datos obtenidos según el estudio y análisis con antelación de alguna zona a construir, lo cual, culminará con un exitoso

ordenamiento territorial, evitando el riesgo a presentar problemáticas ambientales (Gutiérrez & Urrego, 2011). El ordenamiento urbano es imprescindible para prever y mitigar amenazas en zonas no aptas para ser habitadas según sus características geográficas, lo cual, deberá ser adecuadamente encaminado con una gestión regulada y sin ningún tipo de interés personal o grado de corrupción por parte de autoridades federales, estatales o municipales, encargadas de la corrección de este tipo de problemáticas.

La geografía debe afrontar en todo momento las diferentes cuestiones de resolución urbana en distintas escalas, al mismo tiempo, la tecnología de los SIG debe complementar soluciones con herramientas informáticas vinculadas principalmente a la dimensión humana-espacial (Fuenzalida et al., 2015). La utilización de la geografía urbana con base en las nuevas tecnologías enfocadas en los SIG en la actualidad es de gran soporte, interpretando datos precisos que en años anteriores se necesitaban obtener directamente campo; es conveniente aclarar que el trabajo empírico se deberá realizar indudablemente, reforzando los datos conseguidos en gabinete con base en modelos derivados de SIG.

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por deslizamientos de tierra es importante en cuanto a la asignación de la escala de trabajo y nivel de alcance, manteniendo siempre una relación costo-beneficio inmediato, garantizando la aplicabilidad para la zona analizada (Jiménez, 2010). El nivel de detalle y precisión para la instauración de algún modelo preventivo en cuanto a la escala geográfica debe ser de error mínimo, con la finalidad de situar zonas de construcción y no construcción con base en la erosión y otras características naturales.

La escala debe ser lo más precisa según imágenes satelitales, en el caso del modelo instaurado en el presente artículo es de 12.5 metros de resolución; minimizando aún más el error utilizando fotogrametría a partir de drones, sin embargo, este último procedimiento generaría costo, ya que el vuelo de dron y el software a utilizar son de precios elevados.

Es importante precisar que se podrán establecer nuevas zonificaciones para evitar posibles deslizamientos de tierra soportados en modelos y con ello, organizar cancelaciones de nuevas construcciones riesgosas, explicando y concientizando a las constructoras de las afectaciones a futuro, alcanzando un acuerdo entre el aparato gubernamental y empresas inmobiliarias, con la finalidad de edificar en zonas seguras o menos riesgosas ante deslizamientos de tierra.

En el año 2011 en España se instauró un proyecto urbano del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), con la intención de ofrecer una aplicación gratuita con información geográfica de calidad sobre condiciones para la edificación y los riesgos que conlleva realizar dichas construcciones (Valero, 2014), lo cual, podría complementar el modelo obtenido en el presente artículo y ser de gran aporte para diversas partes del mundo. La implantación de aplicaciones, modelos, metodologías, técnicas, entre otras, son de gran aporte e importancia, ya que, al ser realizadas por profesionales e investigadores en el tema, aportarán soluciones reales de prevención, siempre apoyados por parte del sector gubernamental y privado.

El aporte del presente apartado teórico es el identificar problemáticas de investigaciones anteriores al presente artículo, con el objetivo de establecer nexos entre ciencias y aplicando soluciones en campo con base en el trabajo multidisciplinario y transdisciplinario, creando prevención a la población a futuro con base en construcciones seguras según las características del terreno.

3. Consecuencias derivadas por deslizamientos de tierra

La negatividad de generar modelos preventivos y seguir con la corrección después de algún acontecimiento geomorfológico, aumenta la vulnerabilidad para las personas que desean construir en zonas con características no habitables, por lo cual, seguirán ocurriendo problemáticas en la población una vez concluida la edificación, por otra parte, colocando la vida de los trabajadores en riesgo que se encuentren laborando en obras arquitectónicas.

Es importante precisar que dichos deslizamientos de tierra son ocasionados en gran mayoría por lluvias extraordinarias, mismas que reblandecen las capas superiores del suelo y por movimientos sísmicos, los cuales, forjan riesgo debido a su intensidad.

Diversos estudiosos del tema establecen los deslizamientos de suelo y deslizamientos de tierra como sinónimos, ya que los dos ocasionan un movimiento descendente de material no consolidado, el cual, se desarrolla sobre una superficie de contacto; mismo que lleva a un punto de resbalamiento, creando fracturas y afectaciones en las partes bajas (Frausto, 1999).

Los argumentos y explicaciones mencionados anteriormente, demuestran y ejemplifican la urgencia de organizar modelos preventivos correctamente instaurados para la vida de los

habitantes, por ello, a continuación, se presentan tres noticias periodísticas, las cuales revelan y detallan la problemática de deslizamientos de tierra según el grado de erosión en construcciones arquitectónicas.

Primera noticia periodística:

La noche del viernes 7 de junio del 2019 se realizaba la construcción de varias viviendas, donde uno de los trabajadores quedó bajo 150 metros cúbicos de tierra mismo que no pudo ser rescatado y por ende falleció, ocurriendo aproximadamente a las 20:00 horas. Por lo anterior, personal de Protección Civil de la alcaldía Álvaro Obregón suspendió al área como medida de seguridad (Alarcón, 2019).

Segunda noticia periodística:

Realizando la excavación para una zanja de cimentación en la colonia Hipódromo Condesa, ocurrió un deslizamiento de tierra de tres metros cúbicos aproximadamente, sucediendo el deceso por asfixia de un trabajador (García, 2020).

Tercera noticia periodística:

En un sitio donde pretendía alzar un muro tipo Milán para impedir posibles deslizamientos de tierra, ocasionó que, debido a las constantes lluvias aconteciera un alud de tierra sepultando a un hombre de aproximadamente 50 años de edad, sucediendo lo anterior en el poblado de Santa Rosa Xochiac de la alcaldía Álvaro Obregón (Piña, 2021).

Las tres noticias anteriores detallan el peligro de construcción en zonas riesgosas debido al tipo de geomorfología aunado a la erosividad del sitio, por ello, Protección Civil de la CDMX y de las diversas alcaldías, deberá trabajar en mecanismos de gestión y prevención del daño, lo cual, evitará muchas de las posibles afectaciones futuras que puedan ocurrir, previniendo catástrofes urbanas e inclusive pérdidas de vidas humanas.

El trabajo en conjunto entre la población afectada con las autoridades gubernamentales, acompañadas de políticas públicas gestionadas de manera adecuada en los tres niveles de gobierno, podrían atenuar, aminorar o posiblemente desaparecer problemáticas ante

episodios geomorfológicos (Rivera, 2018).

Establecer comunicación constante con inmobiliarias y población en general según el resultado del modelo de prevención es de suma importancia, por lo anterior, en caso de riesgo inminente se deberá cancelar o reubicar la construcción de nuevas edificaciones que se encuentran por realizar o en plena construcción, evitando decesos en parte de los trabajadores o en los habitantes una vez concluida la obra; no se deberán otorgar permisos de construcción por parte de las autoridades gubernamentales sin realizar estudios de la zona con base en las características del terreno.

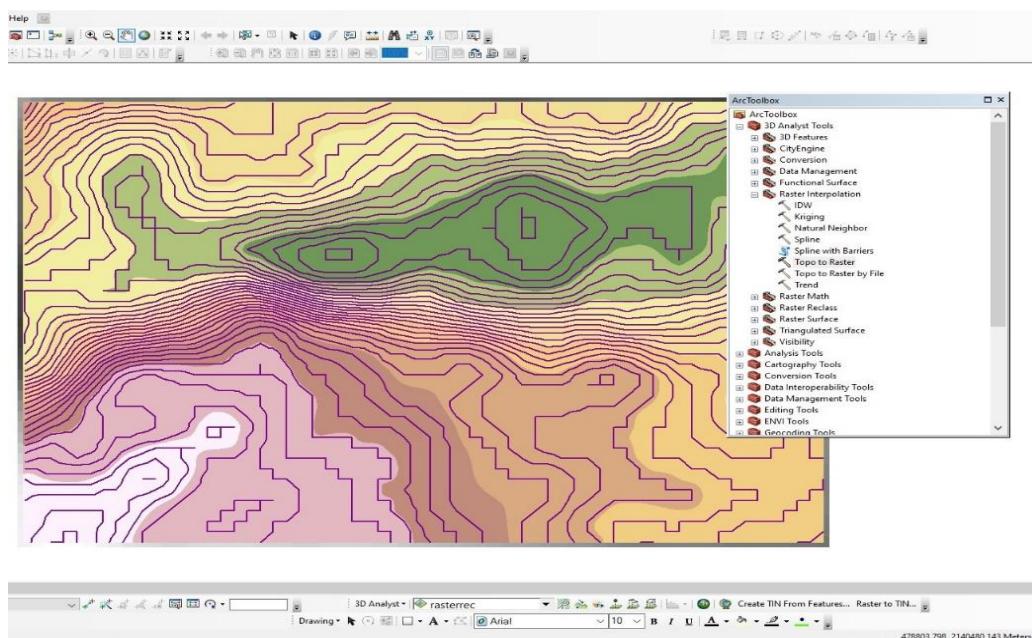
4. Metodología y generación del modelo preventivo con SIG

El siguiente modelo preventivo con base en la erosividad del terreno y la composición del mismo, muestra las zonas de posible deslizamiento de tierra según el área de la nueva construcción arquitectónica, la cual, desde la perspectiva del resultado traerá consecuencias urbanas en cuanto a deslizamientos entre otras afectaciones.

La investigación del terreno apoyado con SIG incentiva soluciones puntuales y certeras, ya que organizan digitalmente los diferentes tipos de terreno, elevaciones, distribución, altura de edificios y otras características, realizando modelos certeros según cálculos para la aportación de soluciones (Sosa & Martínez, 2009).

El primer elemento para obtener el modelo es la generación de curvas de nivel a cada dos metros de distancia entre ellas, utilizando la herramienta Contour del SIG ArcGis. El archivo origen en formato Raster se descargó gratuitamente de la página electrónica de la NASA con un pixel de 12.5 metros en el terreno. Es conveniente precisar que en caso de realizar dicha descarga del archivo Raster de otra página electrónica; deberá poseer 12.5 metros mínimos por pixel, ya que aportará información para la extracción de nuevas curvas de nivel y así constituir un archivo Raster con mayor precisión. Posteriormente, con base en las curvas de nivel obtenidas, se reestructurará el Raster descargado para obtener una geomorfología mayormente precisa, la cual, consta de 2.1 metros por pixel, en consecuencia, proporcionará un grado de error menor al Raster original (ver Figura 6).

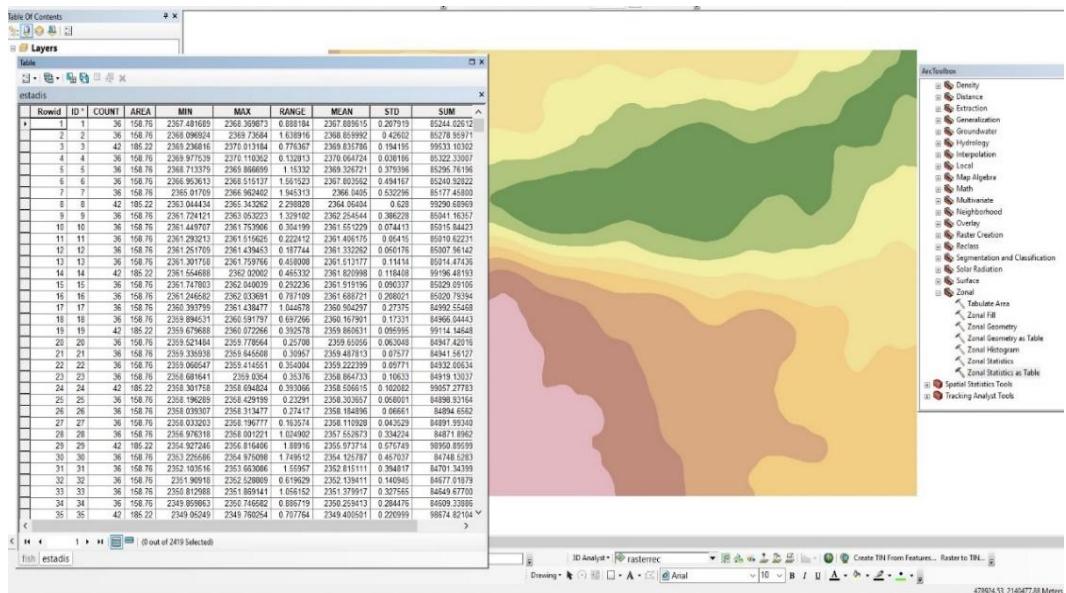
Figura 6. Área de estudio visualización resultado de reestructuración Raster y curvas de nivel.



Fuente: Elaboración propia, software ArcGis.

Consecutivamente se obtiene el Fishnet, el cual, creará una malla con base en la escala de la nueva imagen Raster, resultando 13 metros de lado del pixel, estableciendo un área total de 423.987 m², observando la totalidad de diferencias por medio de los grados de erosión. Seguidamente con la opción Zonal Statistics as Table, se creará la estadística de rangos de erosividad de cada uno de los cuadros derivados del Fishnet.

Analizando la información de cada una las características reflejadas en la tabla de atributos, establece datos precisos con base en la unión de los rasgos geográficos del suelo, considerando las posibles zonas a presentar algún deslizamiento de tierra (ver Figura 7).

Figura 7. Tabla de información de características geográficas del suelo.

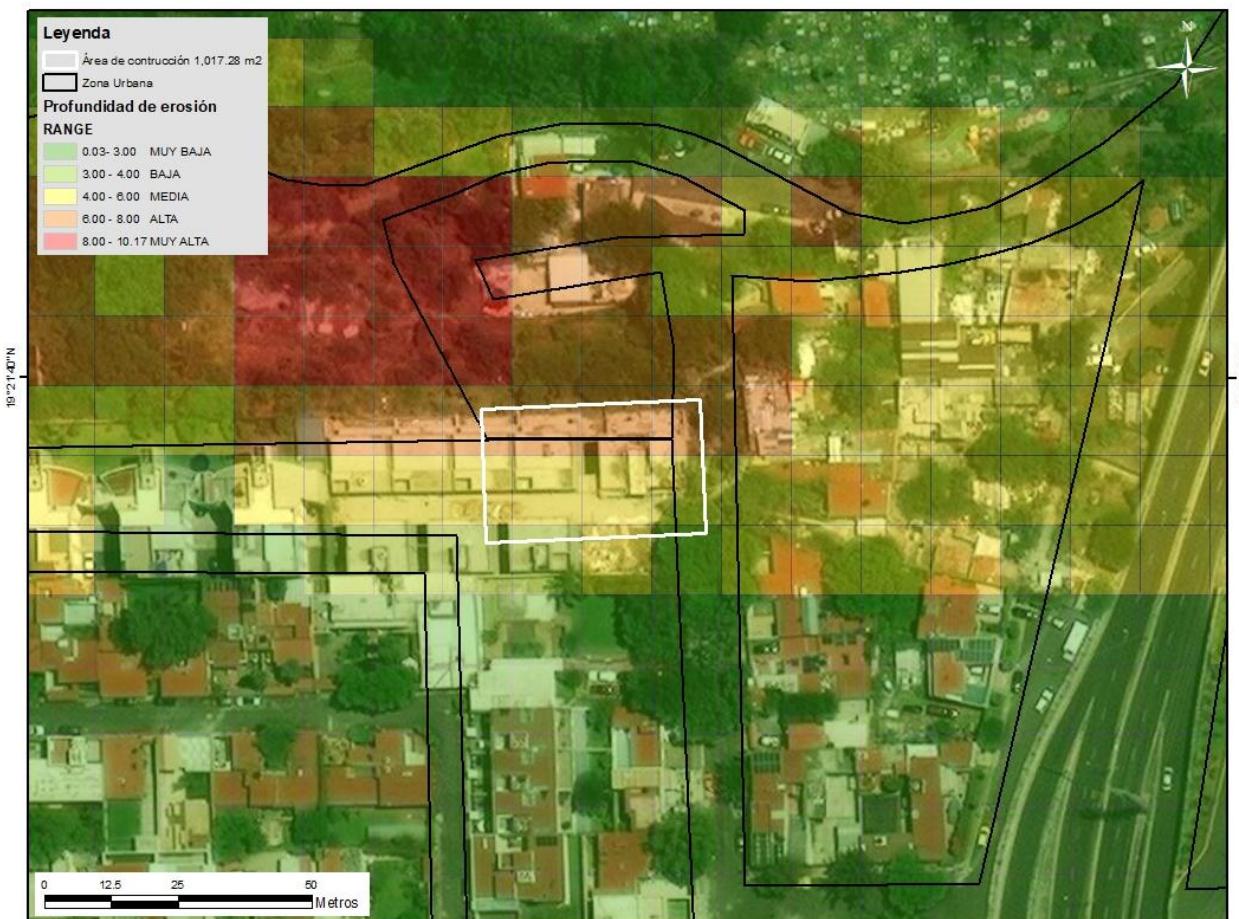
Fuente: Elaboración propia, software ArcGis.

El resultado será el mapa de profundidad de erosión, el cual, creará la aceleración de deslizamientos de tierra, mismo que podrá ser utilizado para alguna implementación de gestión social del riesgo con coordinación entre autoridades gubernamentales y población.

5. Resultados

El resultado final del modelo preventivo tiene un error mínimo, el cual, no altera el objetivo de su implementación, inclusive los hallazgos derivados del SIG y del trabajo de campo, revelan consecuencias del riesgo de construir en zonas de laderas, lo cual, deberá ser trabajado a corto plazo por parte de las autoridades en cuanto a construcción arquitectónica y urbanismo en zonas de riesgo, para una mejor interpretación, se añadió la capa urbana y se extendió más el área de estudio (ver Figura 8), con la finalidad de observar las diferencias y contrastes de profundidad de erosión en zonas cercanas a la analizada.

Figura 8. Mapa de profundidad de erosión de zona de estudio y áreas cercanas con información urbana



Fuente: Elaboración propia, software ArcGis.

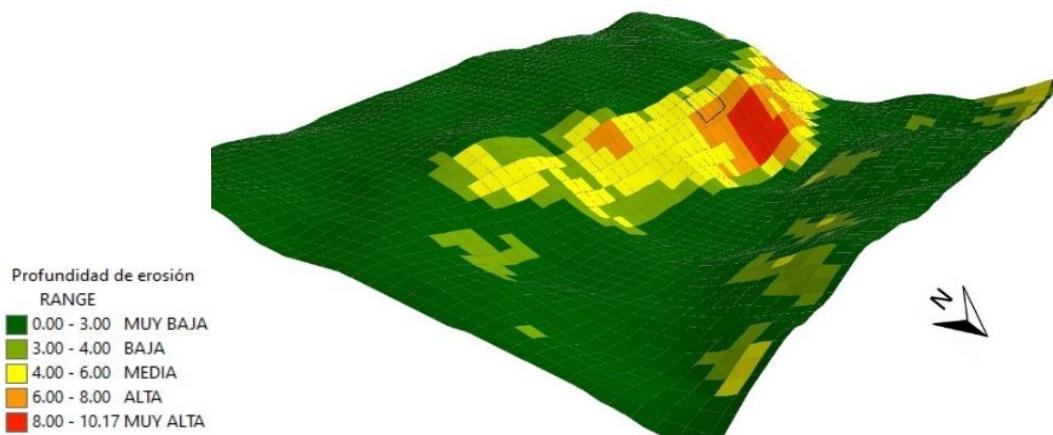
La cartografía y trabajo de zonas expuestas a deslizamientos de tierra fue elaborada con base en la susceptibilidad del terreno, evidenciando contrastes de riesgo según colores para una mejor visualización e interpretación (Chacón, 2003).

La nueva construcción arquitectónica que acontece en la actualidad en la zona de estudio, se encuentra en un riesgo medio-alto en cuanto a profundidad de erosión según el resultado del modelo, lo cual, deberá ser atendido urgentemente y cancelar o evaluar la zona en cuestión.

Para mejor comprensión e interpretación, se ejecutaron modelos 3d para observar en su conjunto las características geomorfológicas en cuanto a la pendiente y rangos de profundidad

de erosión (ver Figura 9).

Figura 9. Imagen 3D, profundidad de erosión de zona de estudio y áreas cercanas.



Fuente: Elaboración propia, software ArcScene

Es importante resaltar que el vincular ciencias sociales y físicas para la instauración de nuevas construcciones arquitectónicas seguras, estableciendo conocimientos geográficos, edafológicos, geológicos, antropológicos, geofísicos, ingeniería civil, entre otros, fomenta soluciones certeras con base en la expertiz de cada una de las áreas ante mencionadas, ejecutando resultados en conjunto según las características que rodean a la nueva construcción arquitectónica.

Con el objetivo de forjar conocimientos teóricos implícitos en el presente artículo y no limitarse al aporte técnico con base en SIG, se señala que cualquier construcción arquitectónica presente en el planeta debe forzosamente ser desarrollada desde el punto de vista geográfico multidisciplinario según sus múltiples variantes de estudio, para que, seguidamente se realice un análisis urbano evitando posibles afectaciones en ciudades según las características del sitio, con ello, se establecerá seguridad en todo momento a las personas que se encuentren laborando en la construcción así como a la población que habitará dichas edificaciones.

6. Reflexión

Las autoridades de cualquier nivel de gobierno encargadas de la gestión y medidas de prevención ante sucesos geomorfológicos, deberán indagar, trabajar, mejorar, utilizar y perfeccionar, este tipo de modelos preventivos, con el objetivo de poseer un sostén cualitativo y cuantitativo de la zona de estudio y establecer decisiones prontas para el cuidado del habitantes y trabajadores de la construcción.

El resultado del modelo deberá explicarse a la población y empresas inmobiliarias con el objetivo de lograr un pensamiento de conciencia y reflexión, alcanzando posibles reubicaciones en cuanto a las construcciones ya iniciadas, o búsqueda de alternativas para las que aún no se ejecutan.

La importancia de no implementar medidas violentas y tajantes por parte de las autoridades es vital, siempre se deberá establecer concertación entre autoridades y población posiblemente afectada, estableciendo en primera instancia, la seguridad y resguardo de la población, por encima de cuestiones económicas o intereses personales.

Por último, el parámetro de erosividad y su combinación con la pendiente, son tan importantes que tendrán que considerarse al ejercer medidas de atención en lugar de corrección y reparación del daño, las cuales, podrían mejorar la precisión del modelo y su posible implementación con la elección de otros parámetros geográficos que potencian los deslizamientos de tierra, mismos que ocasionan decesos en los habitantes o trabajadores en el caso de nuevas construcciones.

Inclusive el presente modelo podría utilizarse como réplica en cualquiera de las alcaldías en la CDMX, estados de la república mexicana, en distintos países de América Latina u otros lugares del mundo donde las características geográficas-urbanas sean similares a la zona de estudio.

7. Referencias Bibliográficas

Alarcón, R. (8 de junio de 2019). *Lluvia provoca deslave en Álvaro Obregón, un hombre atrapado*. Periódico Excelsior. <https://bit.ly/3KD8if5>

Chacón, J. (2003). Riesgos de origen geológico y geomorfológico: deslizamientos de tierras, identificación, análisis y prevención de sus consecuencias. *Áreas. Revista Internacional*

de Ciencias Sociales, (23), 33–64. <https://bit.ly/3y0SH1i>

Cuanalo, O., y Gallardo, R. (2016). Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo. *Vector*, (11) 30-38. <https://bit.ly/2Gqcgml>

Frausto, O. (1999). Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuautepec: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la Ciudad de México. *Investigaciones geográficas*, (38), 15-29. <https://doi.org/10.14350/rig.59075>

Fuenzalida, M., Buzai, G., Moreno, A., & García de León, A. (2015). *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones*. Triángulo. <https://bit.ly/3IWp47H>

García, J. (24 de noviembre de 2020). *Muere trabajador en construcción de la Hipódromo Condesa*. Periódico Excelsior. <https://bit.ly/3EH02Hi>

Gómez, C. (2002). El fenómeno del crecimiento urbano. Una experiencia de análisis con un sistema de información geográfica. *Revista INVI*, 17(45), 171-182. <https://bit.ly/3m9jZQG>

Google Earth Pro. (2023). *Visualizador*. Google. <https://bit.ly/3xSnoGa>

Google Maps. (2021). 170 Eje 5 Pte. *Street View*. Google. <https://bit.ly/3SzStrq>

Gutiérrez, J. & Urrego, G. (2011). Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia. *Revista Perspectiva Geográfica*, 1(16). 247–266. <https://doi.org/10.19053/01233769.1758>

Henao, C., García, D., Aguirre, E., González, A., Bracho, R., Solorzano, J. y Arboleda, A. (2017). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la

formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 179-197. <https://bit.ly/3EIoZlw>

Jiménez, O. (2010). Propuesta metodológica para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa. *Revista Facultad De Ingeniería*, 19(28), 7-19. <https://bit.ly/3Izouvh>

Molla, M. (2006). El crecimiento de los asentamientos irregulares en áreas protegidas. La delegación Tlalpan. *Investigaciones geográficas*, (60), 83-109. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000200006&lng=es&tlang=es

Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio. (2021). Datos de Tierra. *ASF Data Search*. Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio. <https://bit.ly/41v6WZN>

Pardo, S. (2017). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la docencia del urbanismo: el caso de España. *Arquitectura y Urbanismo*, 38(2), 63-72. <https://bit.ly/3IrCwz6>

Pérez, J., Aguirre, J. y Ramírez, L. (2018). Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. *Salud Pública de México*, 60(Supl. 1), 41-51. <https://doi.org/10.21149/9300>

Piña, J. (6 de agosto de 2021). *Deslizamiento de tierra sepulta a un hombre en Álvaro Obregón*. Periódico MVS Noticias. <https://bit.ly/3EFzTbM>

Rivera, O. (2018). Procesos gravitacionales en zonas de ladera, aplicándolos a modelos de predicción real con archivos raster y SIG, Alcaldía Álvaro Obregón, Ciudad de México. *Revista Geofísica*, (68), 41-59. <https://doi.org/10.35424/rgf.v0i68.933>

Sosa, J. y Martínez, F. (2009). Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones. *Científica*, 13(1), 27-34. <https://bit.ly/3KJ52PC>

Trejos, G., Ruiz, G., Medina, E., Sandoval, J., y Moya, H. (noviembre de 2012). *Guía metodológica para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000* [Simposio]. IV Simposio Panamericano de Deslizamientos, Vulnerabilidad y Gestión del Riesgo en la Región Tropical de Centro y Suramérica, Colombia. Doi: 10.13140/RG.2.2.18425.47203

Valero, V. (2014). *Los sistemas SIG aplicados a la gestión de proyectos en un despacho de arquitectura* [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de València], Repositorio Universitat Politècnica de València. <https://bit.ly/3m4RIKZ>