

Riesgo de instaurar urbanismo en áreas minadas y análisis geomático, caso de estudio Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX

Risk of urban development in mined areas and geomatics analysis, case study of the Miguel Hidalgo municipality, CDMX

Risco de urbanização em zonas minadas e análise geomática, estudo de caso Câmara Municipal de Miguel Hidalgo, CDMX

Oscar Daniel Rivera-González¹

Universidad Nacional Autónoma de México, México



Resumen

La problemática existente de autoconstrucciones en áreas minadas es algo histórico en ciertas zonas de la República Mexicana, deviniendo riesgo latente de colapso en algunas viviendas construidas en la Ciudad de México (CDMX). Es importante comprender que muchas construcciones omitían las características del suelo, por lo anterior, el objetivo es identificar socavones según datos de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la CDMX, investigando lo acontecido en la alcaldía Miguel Hidalgo derivado del constante colapso de minas examinando con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y geomática, con la finalidad de instaurar reforzamiento de estructuras en zonas de alto riesgo limitando también su crecimiento urbano, lo anterior, podrá replicarse en otras partes del América Latina donde las características geográficas, económicas y sociales, sean similares al área de estudio.

Palabras clave: Riesgo, geomática, minas, vivienda, colapso.



Abstract

The existing problem of self-constructions in mined areas is something historical in certain areas of the Mexican Republic, becoming a latent risk of collapse in some houses built in Mexico City (CDMX). It is important to understand that many constructions

¹ Licenciado en Geografía, Universidad Nacional autónoma de México (UNAM). Especialista en Economía Ambiental y Ecológica UNAM. Maestro en Urbanismo UNAM. Doctor en Urbanismo. UNAM. Estancia Posdoctoral UNAM. Correo electrónico: oscarriverag@filos.unam.mx. <https://orcid.org/0000-0002-7698-7433>

omitted the characteristics of the soil, therefore, the objective is to identify sinkholes according to data from the Secretariat of Integral Risk Management and Civil Protection of the CDMX, investigating what happened in the municipality Miguel Hidalgo derived from the constant collapse of mines examining with Geographic Information Systems (GIS) and geomatics, with the purpose of reinforcing structures in high-risk zones and limiting their urban growth, which could be replicated in other parts of Latin America where the geographical, economic and social characteristics are similar to the study area.

Keywords: Risk, geomatics, mines, housing, collapse.

Resumo



O problema existente de auto-construções em áreas minadas é algo histórico em certas áreas da República Mexicana, tornando-se um risco latente de colapso em algumas casas construídas na Cidade do México (CDMX). É importante compreender que muitas construções omitiram as características do solo, por isso, o objetivo é identificar os sinkholes de acordo com os dados da Secretaria de Gestão Integrada de Riscos e Proteção Civil da CDMX, investigando o que aconteceu no município Miguel Hidalgo derivado do constante colapso das minas examinando com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e geomática. O objetivo é reforçar as estruturas em zonas de risco e limitar o crescimento urbano, o que poderia ser replicado noutras zonas da América Latina onde as características geográficas, económicas e sociais são semelhantes às da área de estudo.

Palavras-chave: Risco, geomática, minas, habitação, colapso.

Introducción

En diversos países del mundo la existencia de minas es altamente riesgosa debido a las graves afectaciones que provocan en las viviendas, más aún cuando la población desconoce las características del subsuelo donde existen cavidades que podrían colapsar en cualquier momento.

El análisis sobre el riesgo de habitar algún hogar minado es mínimamente gestionado en ciertos lugares, al no ser tan conocidas dicha afectaciones se potencializan en temporada de lluvias y sismos, debido al movimiento que fragmenta las partes superiores de la mina.

Para [Rodríguez \(2011\)](#), la extracción de materiales en la Ciudad de México (CDMX) entre los siglos XVI y XIX fue determinante para realizar construcciones en el centro, en su gran mayoría la extracción de tezontle estableció la presencia de lugares minados. La necesidad de construir una ciudad con materiales resistentes y ligeros en su transporte fomentó a que algunas zonas de la CDMX fueran minadas y con ello, instaurar un riesgo mínimo en caso de no existir construcciones en dichas zonas, sin embargo, el urbanismo alcanzó a estas regiones.

Según [Silva y Sánchez \(2021\)](#), las actividades mineras en épocas pasadas en ocasiones no establecieron ningún tipo de riesgo al encontrarse en sitios deshabitados, sin embargo, cuando se constituye algún tipo de edificación el peso de esta implanta un riesgo latente. La extracción de materiales para la construcción parecería no establecer ningún tipo de riesgo en caso de que la distancia en donde se realizará la construcción se encuentre alejada, el desconocimiento o incertidumbre a futuro de instaurar edificaciones en dichos lugares minados, fomenta un riesgo permanente.

De acuerdo con [Motta, Ustariz y Ordoñez \(2018\)](#), cuando la evaluación de riesgos en lugares donde existió extracción de material presenta cálculos relacionados con el posible daño, debe advertir a personas que habitan dichas viviendas, fomentando protección y aseguramiento. La contención de construcción en zonas minadas es de suma importancia, no debe existir riesgo en áreas donde se conocen las características de minas; ejecutando medidas de limitación física por parte del aparato gubernamental impidiendo la construcción de un riesgo mayor.

La alcaldía Miguel Hidalgo es una de las más afectadas por la existencia de grandes áreas minadas, estableciendo riesgos latentes en varios perímetros urbanos de dicha demarcación, por lo anterior, a continuación, se muestra la siguiente nota periodística.

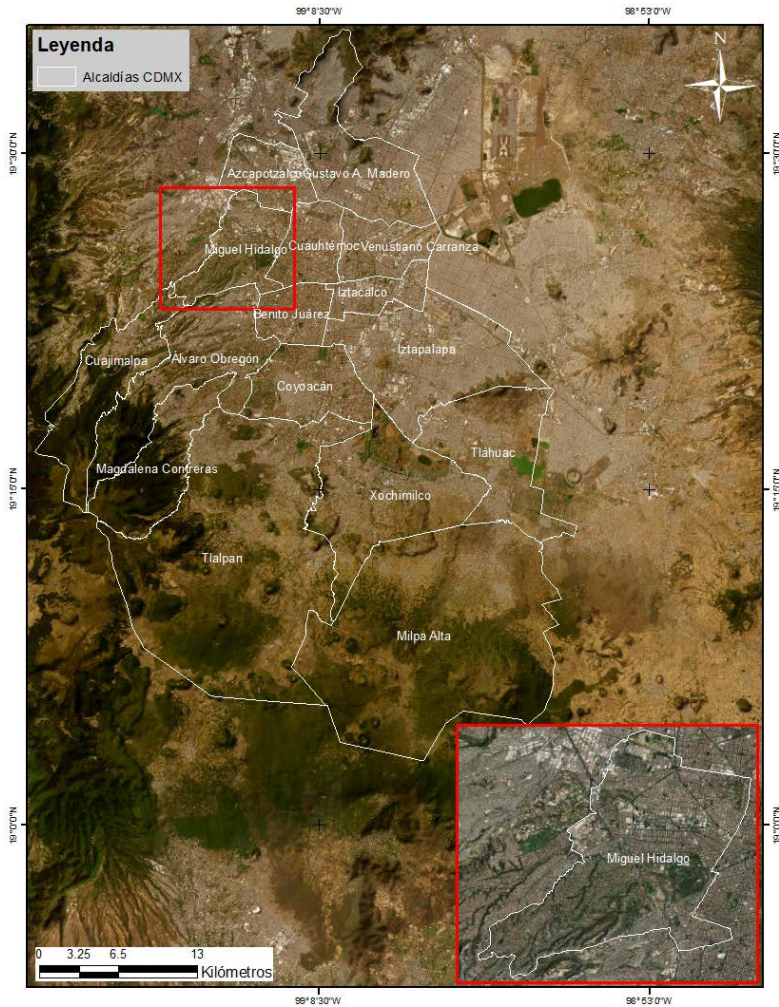
Vecinos de dicha alcaldía reportaron un socavón que al acudir personal de la demarcación resultó ser una mina. Se trata de una enorme mina bajo una unidad habitacional en la colonia Tacubaya; tiene 35 metros de largo, 8 metros de ancho y 2 metros de altura con seis de profundidad. El alcalde Mauricio Tabe informó que trabaja con la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil para evitar alguna tragedia. “Al menos 13 minas han sido identificadas en el suelo de la alcaldía Miguel Hidalgo, informó el alcalde Mauricio Tabe” ([Sánchez, 2022, p. 1](#)).

Es importante destacar que en la alcaldía Miguel Hidalgo, junto con Álvaro Obregón en los últimos años, muestra que la presencia de minas va en aumento, afectando cada vez más las viviendas de pobladores que desconocían encontrarse habitando sobre una zona minada. Establecer mapeo preciso con base en la geomática sobre los sitios minados y oquedades existentes dentro de la CDMX, favorecerá algún plan de contención, resguardo o reforzamiento de estructuras.

Área de estudio

Las graves afectaciones derivadas del colapso de minas en diversas partes de la CDMX y del Estado de México (EDOMEX) acontecen debido a que dicha zona metropolitana necesitó en años pasados la extracción de materiales para ser construida, precisando que también podrían encontrarse en otros Estados de la República Mexicana, sin embargo, el presente análisis se centra en la alcaldía Miguel Hidalgo de dicha urbe (Figura 1).

Figura 1. Localización área de estudio



Elaboración propia.

Por lo anterior, y para conocer que dichas afectaciones también permea a otras zonas geográficas, se ejemplifica lo que actualmente ocurre en Atizapán EDOMEX, coexistiendo un riesgo en 36 viviendas.

La dirección de protección civil de este municipio declaró zona de alto riesgo de derrumbe dos manzanas de la calle Margaritas, colonia Ex Hacienda del Pedregal, donde se asientan 36 viviendas edificadas sobre cavernas, de acuerdo con estudios realizados por especialistas de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM y el propio ayuntamiento (Chávez, 2017, p. 1).

Son tan inmensos los perímetros de dichas minas también llamadas entre pobladores cavernas, que es imposible establecer una distancia precisa de manera empírica, sin embargo, la pronta atención por medio de la geomática de dichos lugares establecerá protección evitando colapsos que podrán establecer pérdidas de diversa índole.

En la CDMX lugar donde según reportes periodísticos la existencia de minas es considerable, en la colonia Tacubaya algunos habitantes identificaron un socavón que resultó ser una mina.

Al menos 13 minas han sido identificadas en el suelo de la alcaldía Miguel Hidalgo, informó el alcalde Mauricio Tabe. Señaló que la demarcación y personal de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil trabajan en conjunto para evitar alguna tragedia. El funcionario detalló que vecinos reportaron un socavón que resultó ser una mina (Contreras, 2022, p. 1).

La identificación de áreas minadas por medio de reportes de la población evidencia la mínima cartografía que posee el gobierno mexicano en cuanto a posibles prevenciones ante este tipo de acontecimientos. Debido a diversos reportes realizados por la población en años recientes fomenta en autoridades de la alcaldía Miguel Hidalgo la corrección solamente del daño, por ello, a continuación, se muestra el relleno de algunas minas.

En el mes de octubre se prevé que rellenen la mina ubicada en la calle Héroes de la Intervención, frente al número 22, en la colonia Tacubaya, así como 11 más ubicadas en la alcaldía Miguel Hidalgo, de la Ciudad de México, informó el alcalde de la demarcación, Mauricio Tabe. “Adelantó que la mina, en Tacubaya, pasa por debajo de cinco viviendas, las cuales no están en riesgo” (Ochoa, 2022, p. 1).

La atención del presente artículo se centra en la CDMX con base en las afectaciones en años recientes específicamente en la alcaldía Miguel Hidalgo, sin embargo, se deberán auditar a las demás alcaldías y estados cercanos a la CDMX.

Las alcaldías Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo padecen la existencia de minas que fueron excavadas en las décadas de los 30 y 40, pero que actualmente se han convertido en un peligro de hundimientos y socavones. En Álvaro Obregón unas 56 colonias están afectadas por la presencia de minas, de acuerdo con el Atlas de Peligros Naturales y Antropogénicos de la alcaldía. Las minas se fueron excavando en función de la disponibilidad de los estratos de interés, en forma de galerías y salones y en ocasiones formando varios niveles. En aquellos tiempos, los límites de la ciudad se encontraban retirados de estas zonas, pero años más tarde la ciudad fue creciendo y paulatinamente se fueron ocupando estos sitios, donde se desconocían las dimensiones reales de las minas y las características geotécnicas de los terrenos así modificados. (López, 2022, p. 1).

Por lo anterior, cuando se extrajo material creándose minas de grandes proporciones no se tenía la concepción del urbanismo que se expandería en la CDMX, por ello, es aún más importante el análisis de dichas zonas; ya que el desconocimiento geotécnico de las características actuales crea un riesgo muy alto y aún desconocido.

Marco teórico conceptual

A través de un enfoque cuantitativo se enfatiza que la medición objetiva, con elementos de la geomática, interpretados por medio de SIG, de las principales áreas minadas, evidencian el aporte futuro cartográfico para el reforzamiento de estructuras en zonas de alto riesgo. La búsqueda de información teórica con el objetivo de conocer y analizar lo que se trabajó con antelación al presente trabajo es de suma relevancia, la incorporación de análisis científico aportará una mejor y mayor comprensión de los posibles resultados.

Según Mardones y Vidal (2001), la zonificación geomática y evaluación de riesgos geomorfológicos son instrumentos directos para la adecuada planificación y reestructuración urbana uniando componentes geográficos y arquitectónicos. En toda estructuración, elaboración de

planes de incorporación o expansión urbana, se debe examinar el componente geográfico, recordando que la modificación de la morfología de la ciudad está ligada a la hidrografía, geología, geomorfología, edafología, cartografía, entre otras.

Ramos *et al.* (2016) evidencian que diversos indicadores geomorfológicos sirven para evaluar la vulnerabilidad creada por alguna afectación natural, lo anterior, deberá considerar al espacio geográfico, con la finalidad de comprender la relación hombre-naturaleza. La comprensión de la escala cartográfica integra múltiples factores ambientales desarrollados por diversos especialistas instaurando planes de crecimiento urbano.

Por su lado, Estruch y Tapia (2003) señalan que las aplicaciones tecnológicas de la geomática como los SIG permiten realizar cálculos rápidos y precisos, estudiando la topografía del sitio y añadiendo la existencia de posibles minas con aparatos de resistividad de suelo, implantando la relación directa entre topografía y mecánica de suelos. El componente topográfico es de suma importancia al momento de realizar construcciones, sin embargo, se deberán integrar características cartográficas minimizando riesgos; es prudente conocer la mayoría de las geoformas para interpretar datos y decidir la construcción de urbanismo.

Rivera (2022) explica que diversos acontecimientos relacionados con la geografía del sitio son colapsos de techos de minas y deslizamientos de tierra, los cuales, afectan la de la población, es importante tomar en cuenta la precipitación, misma que instituye un riesgo mayor en caso de reblandecer las partes superiores de la oquedad. La protección a la población evita afectaciones a su vivienda, más aún cuando el análisis se centra en fenómenos geográficos, geofísicos, geológicos y geomorfológicos.

Para Tejeda y Pérez (2011) la comprensión de las múltiples ampliificaciones de riesgos es útil para explicar eventos catastróficos, llevando a la sociedad a reaccionar de diversas maneras, mientras que otros casos es inevitable la pérdida de vidas humanas, sociales y económicas. Cartográficamente es posible organizar un adecuado crecimiento urbano sin fomentar riesgos, situándonos en posibles colapsos de minas; empleándose herramientas de la geomática con el objetivo de emitir construcciones seguras.

Buendía y Reinoso (2019) dicen que la herramienta de la geolocalización a nivel predio identifica las características geográficas de cada inmueble sobre la seguridad estructural, distinguiendo agravantes de

irregularidades geométricas provocando daños por existencia de minas. El urbanismo existente en la CDMX es tan diverso que situar cada vivienda con las herramientas que ofrecen los SIG según la geomática son de gran aporte, actualmente no es posible predecir algún colapso de mina, sin embargo, se puede prevenir su posible ocurrencia.

Según [González y Flórez \(2022\)](#), la vulnerabilidad física de vivienda se relaciona con la caracterización de riesgos muy altos que deriven de movimientos de suelo perturbando directamente a la población. Se debe establecer la diferencia entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, comprendiéndose como elementos que pueden desencadenar un desastre, precisando que la amenaza es el factor natural que no puede ser eliminado, sin embargo, la vulnerabilidad logra ser disminuida con base en elementos cualitativos y cuantitativos. Es importante aclarar que el posible colapso de una mina es sustancialmente antropogénico, derivado de la realización de extracción de recursos en alguna zona, puntualizando que la amenaza sería algún tipo de lluvia extraordinaria o sismo.

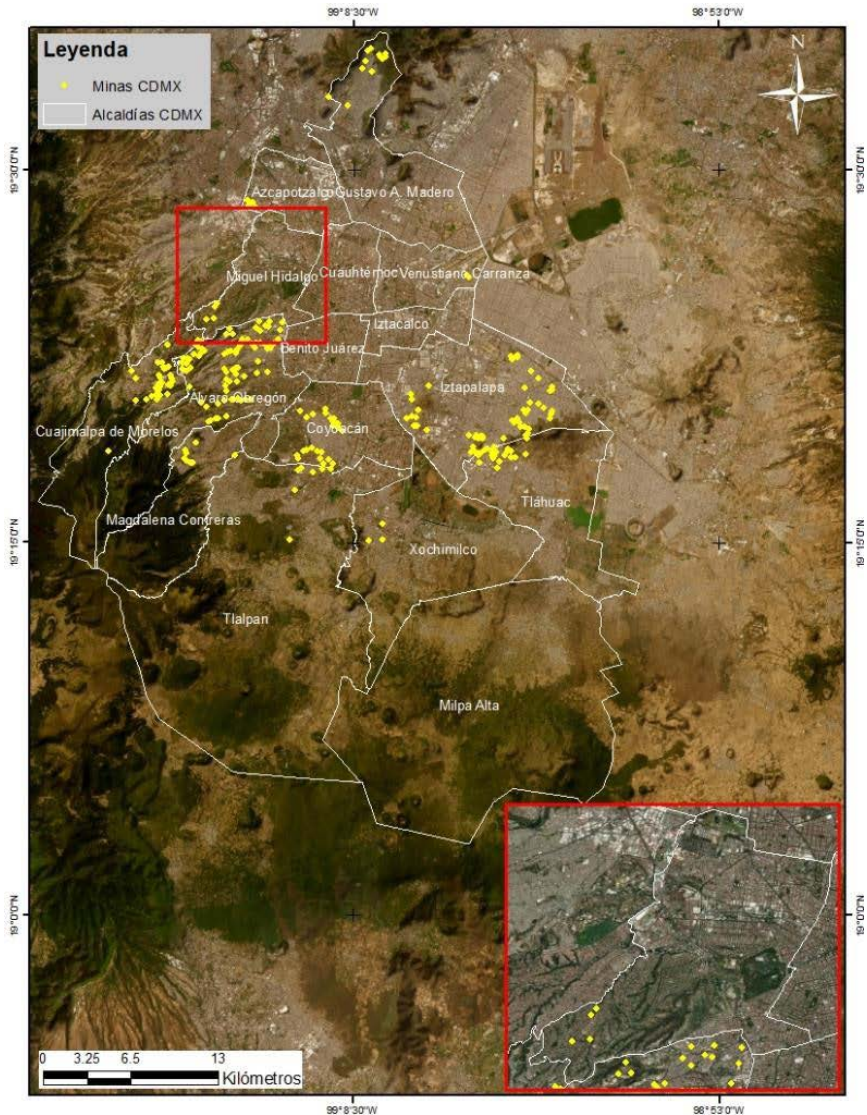
Analizando el apartado teórico y los estudios que existen con antelación al presente, aclara muchas de las vertientes, las cuales, deben trabajarse con la finalidad de evitar afectaciones en viviendas por colapso de minas, existen antecedentes que perjudican sustancialmente la vida y tranquilidad de personas, por ello, es importante identificar los parámetros cualitativos y cuantitativos trabajados desde la geomática.

Marco metodológico

Se establecieron cartografías según análisis geomático con datos gubernamentales de la CDMX, con el objetivo de conocer la información con la que trabaja el gobierno para implantar algún tipo de gestión del riesgo en sitios minados. Es importante precisar que la aplicación de técnicas elaboradas por medio de SIG ejecutando fotointerpretación revelaron detalles puntuales que fundaron comprensión geomorfológica, geológica y geofísica diversa, con el objetivo de conocer las características físicas del suelo.

El primer mapa se generó por medio de datos vectoriales, visualizando las principales zonas de minas identificadas por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la CDMX en el Atlas [Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil \(2010\)](#), información que sirve como elemento fundamental para conocer áreas de riesgo (Figura 2).

Figura 2. Mapa de minas, año 2010

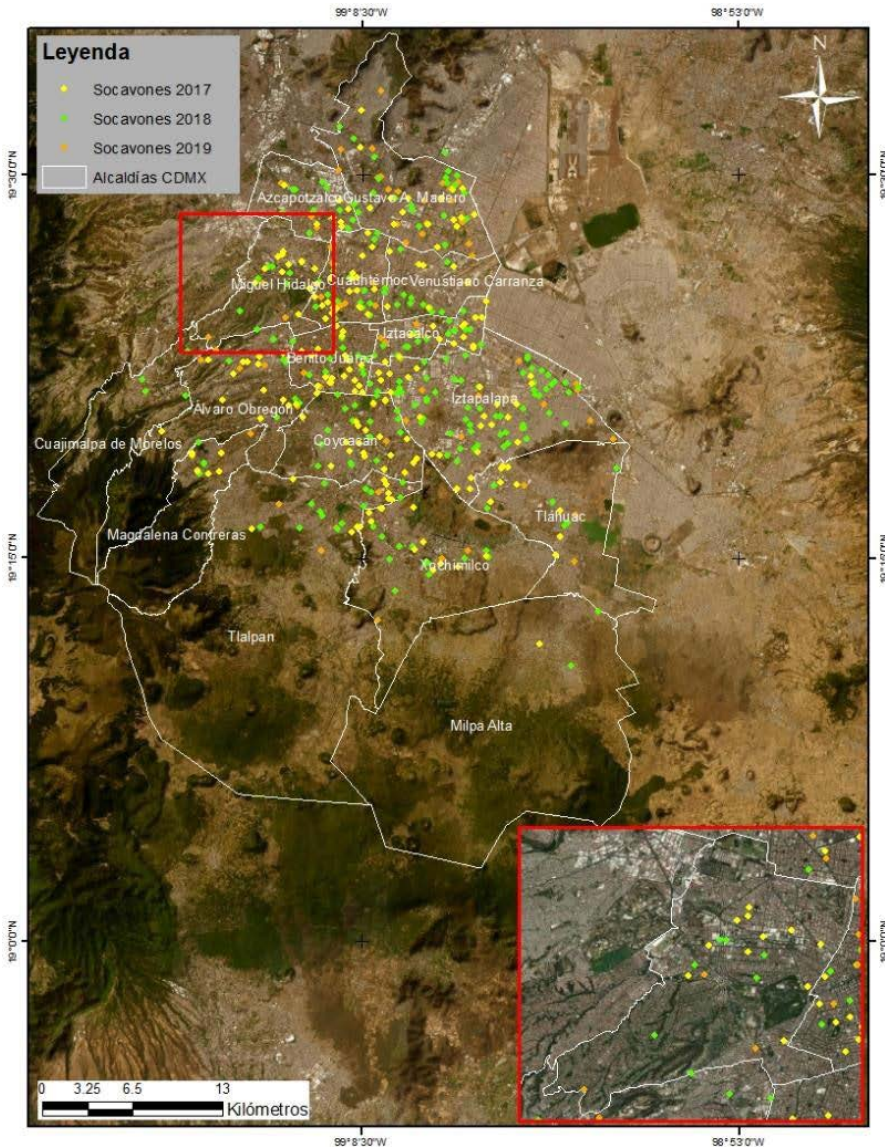


Elaboración propia.

Así mismo, se muestra la ocurrencia de socavones identificados entre los años 2017 y 2019 en la CDMX en el Atlas [Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil \(2010\)](#), observándose que dicha

información no se encuentra actualizada, sin embargo, sirve como elemento básico para la identificación de riesgo (Figura 3).

Figura 3. Mapa de socavones, años 2017, 2018 y 2019

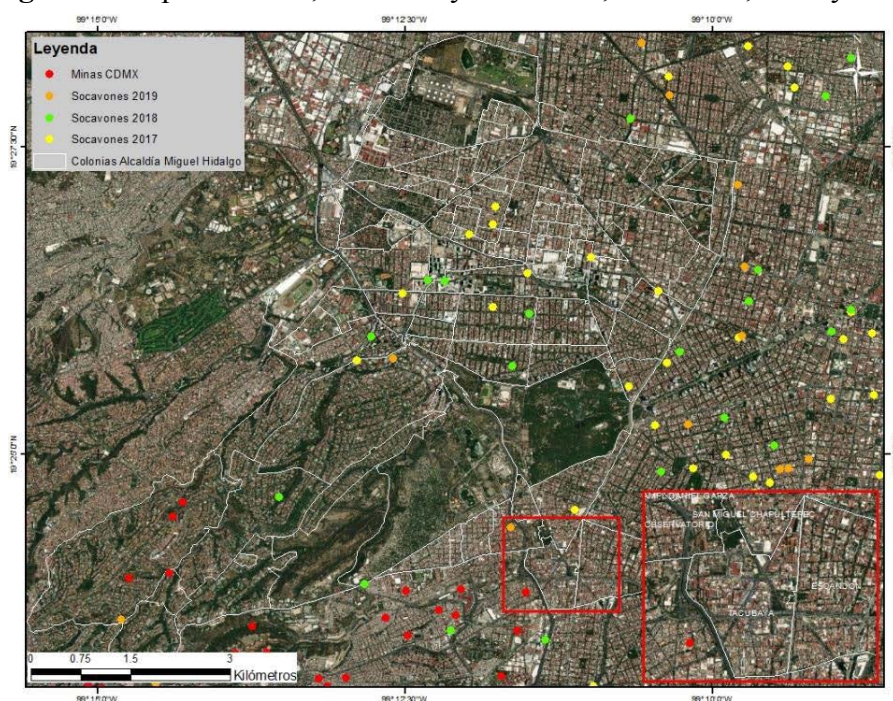


Elaboración propia.

Los mapas anteriores revelan la identificación de las principales minas y socavones en la CDMX, algunos de ellos se interrelacionan ya que algunos hundimientos han acontecido cerca de áreas identificadas con minas; al enfocarnos en la alcaldía Miguel Hidalgo se observa que ninguno de los socavones acontecidos es identificado cartográficamente como sitios minados, evidenciándose inconsistencia en la información.

Por otra parte, se obtuvo la cartografía de la alcaldía Miguel Hidalgo, observándose que la colonia Tacubaya posee un número considerable de minas, no encontrándose ubicada según datos de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (Figura 4).

Figura 4. Mapa de minas, año 2010 y socavones, años 2017, 2018 y 2019



Elaboración propia.

[Alcocer et al. \(2016\)](#) indican que el análisis geomático anterior podrá estimar diversas variables por daños estructurales y de protección en la vivienda, se deben revisar a detalle las variables geográficas comprendiendo los distintos niveles de riesgo según los elementos existentes, incluyendo el aspecto urbano.

Es importante recalcar que el análisis geomático derivado de la geografía y de la informática en los últimos años establece un elemento primordial para comprender las múltiples características hidrográficas, geológicas, geofísicas, edafológicas, climatológicas, urbanas, entre otras que evidentemente crean un riesgo latente en la población; enfocándonos en áreas de minas la información vectorial y ráster ocupan un lugar de suma relevancia, al ser datos cartografiables y que según el trabajo empírico, podrán revelar sustancialmente posibles soluciones viables a las diversas problemáticas que acontecen en ciertas ciudades del mundo.

La aplicación de la geomática en zonas con múltiples características de riesgo apoya en gran medida a comprender sustancialmente de manera cartográfica digital la escabrosidad y minado del terreno, sin embargo, se deberán ratificar o rectificar los datos contenidos por medio de trabajo de campo en la zona de estudio.

Resultados

Es importante mencionar que los socavones identificados en los años 2017, 2018 y 2019, no corresponden con las minas identificadas por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, la información anterior necesita ser renovada prontamente, su desactualización es un riesgo constante para la población que habita áreas minadas.

Los colapsos de techos de minas comprendidos como la parte alta inmediata al suelo de las viviendas son cada vez más recurrentes y sus afectaciones significan en ocasiones decesos en habitantes, es muy importante destacar que según la cartografía utilizando la geomática así como datos obtenidos de la Secretaría encargada de gestión de riesgos otorgan información importante, puntualizando que aún queda por actualizar datos cartográficos sobre minas en la CDMX y que según la figura 2 suceden en muchas partes de dicha urbe.

Es cierto que la prioridad, debido al número constante de socavones, debe establecerse en la alcaldía Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón, sin embargo, también debe existir supervisión constante en Coyoacán e Iztapalapa (Figura 3), ya que en ellas existe un número elevado de minas identificadas por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos.

Los datos actuales por parte del gobierno delegacional en Miguel Hidalgo sobre la presencia de minas muestran en la Actualización del Atlas

de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, \(2018\)](#), información oficial emitida para su visualización y consulta pública.

En el apartado “Hundimientos – Subsistencia de la Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo \(2018\)](#)”, explica de manera detallada lo que concierne en las afectaciones generadas por este tipo de minas.

Un estudio elaborado por el Instituto Politécnico Nacional en el año 2014 encontró y demostró la existencia de 13 minas subterráneas en las colonias: América, Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, 16 de Septiembre y San Miguel Chapultepec, con afectaciones para entre 10 y 15 viviendas en cada una. En estas colonias la susceptibilidad a hundimiento puede ser alta, aunque ya se hayan realizado obras de mitigación en el año 2014. (Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, 2018, p. 71](#)).

La mención anterior revela que hace nueve años se establecieron análisis y estudio técnico sobre la presencia directa de minas en las colonias: América, Daniel Garza, Ampliación Daniel Garza, 16 de Septiembre y San Miguel Chapultepec, sin embargo según la figura 5 con base en lo socavones

Figura 5. Mapa de minas, año 2010 y socavones, años 2017, 2018 y 2019, colonias Alcaldía Miguel Hidalgo



Elaboración propia.

entre 2017 y 2019 según el Atlas de la [Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil \(2010\)](#), no se tomaron en cuenta las colonias: Observatorio, Bosques de Las Lomas, Real de Lomas, Lomas de Reforma, Nueva Anzures, Polanco Chapultepec, Lomas de Chapultepec, Reforma Social, Polanco Reforma, Verónica Anzures, Los Morales, Granada, Ampliación Granada, Popo y Pensil Norte, las cuales no identificaron minas ocurriendo socavones relacionándose directamente con áreas minadas.

Por otra parte, se explica la importancia de los grandes volúmenes de extracción de agua mermando y potencializando de gran manera la ocurrencia de subsidencia.

Parámetros de Intensidad de Peligro:

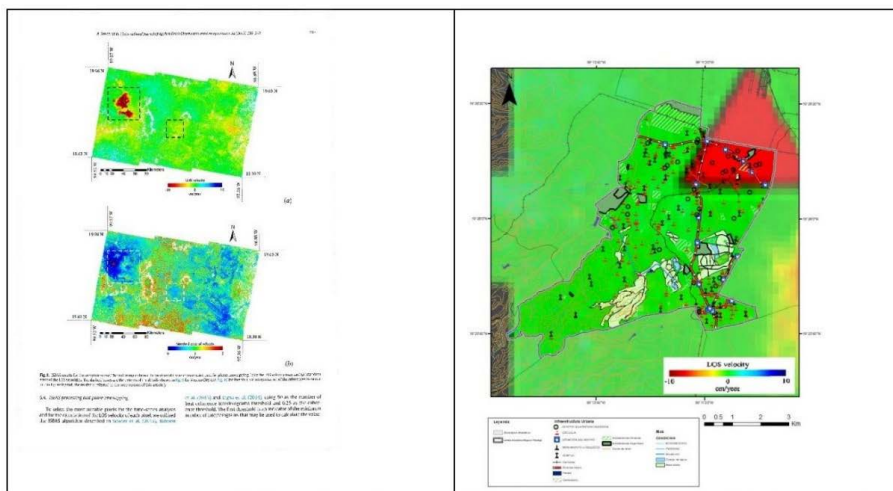
La subsidencia es un fenómeno que tiene lugar debido a la extracción de sólidos o fluidos del subsuelo, que se manifiesta en la compactación paulatina o súbita, desde pocos milímetros hasta varios metros durante periodos que varían desde minutos hasta años. En particular, el fenómeno de la subsidencia se observa frecuentemente en cuencas sedimentarias debido a la extracción de grandes volúmenes de agua del subsuelo. Frecuentemente los hundimientos generan fallamientos o agrietamientos que dañan la infraestructura urbana. Existen muchas evidencias que indican que los agrietamientos se desarrollan comúnmente sobre estructuras geológicas sepultadas por capas de sedimentos. (Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, 2018, p. 71](#)).

La actual tecnología lidar es novedosa en cuanto a la operatividad técnica y conocimiento con métodos gravimétricos fomentando un análisis geomático avanzado (Figura 6), por lo anterior, en la Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo \(2018\)](#), se menciona lo siguiente.

Existen varios métodos para medir la subsidencia entre los que destacan: métodos gravimétricos, GPS diferenciales, LIDAR terrestre o aerotransportado y sistemas de radar en satélites. Dentro de la alcaldía Miguel Hidalgo, en las porciones noreste y sureste de la delegación, corresponden a sedimentos lacustres altamente compresibles interestratificados con capas de arena y delimitan esas zonas como susceptibles al hundimiento y fracturamiento. Aunque estos no presentan una alta tasa de subsidencia. Para el mapa generado se consideraron dos publicaciones científicas y las

imágenes de estas se muestran en las figuras 38 y 39 (Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, 2018, p. 71](#)).

Figura 6. Valores de Hundimiento por cm/añual, Alcaldía Miguel Hidalgo (5mm)



Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo \(2018\)](#).

El análisis de la cita anterior, así como de la Figura 6, merece una atención particular, ya que revela y detalla que con base en métodos gravimétricos se identificación sedimentos lacustres altamente compresibles que potencian fracturamientos y hundimientos, sin embargo, en la Figura 5 se observa que la existencia de minas no es característica de dichas zonas, encontrándose también afectaciones en la parte noroeste de la alcaldía Miguel Hidalgo.

Así mismo, el documento hasta el momento analizado manifiesta en el apartado “Minas”, los diferentes estudios geofísicos y su relación con la geografía y el urbanismo existente en la alcaldía Miguel Hidalgo, estableciendo lo siguiente.

Se realizaron estudios geofísicos de alta resolución para la identificación de minas en las zonas urbanas vulnerables y expuestas físicamente a este factor. Las técnicas geofísicas empleadas es el Radar de Penetración Terrestre (RPT) conjuntamente con La Dispersión de Ondas Sísmicas Superficiales (MASW).

El RPT proporciona información en alta resolución de las propiedades eléctricas del subsuelo, además se empleó una técnica, usando el RPT, en la cual se propagan ondas electromagnéticas (EM) en un mismo punto en superficie, pero calculando las velocidades en profundidad, de tal forma que si las velocidades estimadas se aproximan a la velocidad de la luz (3×10^8 metros/segundos o 0.3 metros/nanosegundos) se infiere un espacio sin suelo, es decir una mina. Por otra parte, la técnica MASW permite estimar la geometría de la mina a partir de la estimación de parámetros mecánicos. (Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, 2018, p. 77](#)).

El aporte de la geofísica en los análisis geográficos – urbanos es de suma importancia, debido a que la tecnología cartográfica que proporcionan los aparatos según datos de ondas electromagnéticas es de mucha utilidad, con el objetivo de conocer la geometría y forma de las minas estimando en algún porcentaje parámetros de riesgo.

El mismo documento manifiesta que se realizaron trabajos de manera empírica con el objetivo de ratificar la aplicación de las técnicas anteriormente ejemplificadas, la cuales, aportaron información de calidad, sin embargo, las afectaciones siguen ocurriendo, observándose la ausencia de protección a los habitantes corrigiendo solamente el daño.

Se visitaron diferentes puntos dentro de La Alcaldía Miguel Hidalgo con la finalidad aplicar geofísica de alta resolución en la estimación de minas empotradas en el subsuelo. Se realizaron dos estudios en sitios afectados por minas. La adquisición de datos RPT y MASW de los sitios y resultados de los mismos se presentan en el apartado 5.1.1 y 5.1.2 (Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la [Alcaldía Miguel Hidalgo, 2018, p. 76](#)).

Según [Sánchez y Reséndiz \(2016\)](#), existen escasos artículos científicos que analizan la problemática de viviendas ubicadas sobre minas y su relación con la necesidad de vivienda en México y América Latina, evidenciando lo anterior se observa el riesgo latente en la vertiente física, social, económica, urbana y política.

La ocurrencia de socavones por minas en otras partes de la CDMX aparte de las alcaldías anteriormente evidenciadas es cada vez más común, inclusive en zonas donde no se tenía conocimiento remoto de que se extrajo en algún momento material, por ello, la urgencia de establecer trabajo cartográfico, geográfico, geofísico y urbano.

El socavón del deportivo Gertrudis Sánchez, en la alcaldía Gustavo A. Madero, sigue en crecimiento, lo que ha generado el pánico de la población y un fuerte trabajo para las autoridades capitalinas. Ahora, la mañana de este jueves la emergencia regresó, pues ahora, se tragó el gimnasio de la unidad deportiva, el cual terminó en el hoyo, entre escombros y restos de tierra, por lo que la zona permanece custodiada (Nájera, 2018, p. 1).

Lo que aconteció en la alcaldía Gustavo A. Madero revela la múltiple problemática de socavones incentivados por diversos factores geográficos, geofísicos y urbanos, los cuales, en la actualidad comienzan a ser más recurrentes, especificándose que en la gran mayoría de las ocasiones la población desconoce la aparición de hundimientos por diversos elementos.

Vecinos de Ejido de San Juan Tlihuaca en el Estado de México reportaron a las autoridades municipales que un socavón de aproximadamente 30 metros de diámetro apareció en su comunidad. Al parecer fue el reblandecimiento de la tierra ocasionada por las constantes lluvias que han caído en varios municipios de la entidad, lo que provocó que el techo de una antigua mina colapsara dejando un gran boquete a un costado de la presa Lara. Vecinos del lugar refirieron que alrededor de las 19:00 horas del domingo escucharon un fuerte estruendo y al salir de sus viviendas, ubicadas sobre la calle Tejocote y Ejido de San Juan, se percataron de la gran oquedad. Aunque no se reportaron personas lesionadas, un automóvil que se encontraba estacionado en el lugar se hundió. (Solís, 2017, p. 1).

Por lo anterior, se observa que la existencia de minas puede ocurrir en cualquier parte de México, revelando que no es particular de la CDMX donde se extrajo mucho material para el urbanismo que es evidente en dicha urbe, por ello, la importancia de instituir estudios en otros estados de México donde la problemática comienza a ocurrir.

Discusión de resultados

Establecer planes, programas, estatutos, leyes, reglamentos, entre otros, deberán fundamentarse con estudios rigurosos de gestión integral del riesgo, la ocurrencia de diversas afectaciones en viviendas por colapso de minas no debe ser omitida por el aparato gubernamental, por el contrario, deberán organizar medidas a corto y mediano plazo con tiempo de avisar a la población que se encuentra en riesgo alto.

Recientemente existe un diálogo entre la alcaldía Miguel Hidalgo y el Instituto de Vivienda de la Ciudad de México (INVI), debido a la construcción de unidades habitacionales para personas con niveles socioeconómicos bajos y muy bajos, donde se encontraron con el paso del tiempo zonas de minas, por ende, el cuestionamiento de la realización de estudios, geográficos, geotécnicos y geomáticos en dicha zona antes de realizarse cualquier tipo de edificación, por lo anterior, a continuación se detalla la siguiente mención.

A dos meses de solicitar información al Instituto de Vivienda respecto de si la constructora que edificó la Ciudad del Bienestar, en Tacubaya, tuvo conocimiento de una mina que pasa por debajo de la Unidad Habitacional; qué hizo para reducir riesgos y exhibir el dictamen de seguridad estructural, no ha habido respuesta y desconocemos el riesgo que enfrentan los habitantes de 185 departamentos, informó el alcalde de Miguel Hidalgo, Mauricio Tabe Echartea. La aparición de una mina que pasa por debajo de la Unidad Habitacional, construida entre 2018 y 2021, de más de 30 metros de largo por cinco metros de profundidad, en la calle de Héroes de la Intervención, llevó al área de Protección Civil a acudir al lugar, donde se advirtió la existencia de cascajo de la obra como relleno. La necesidad por ello de establecer una mesa de trabajo, donde ambas instancias presenten dicha información, porque sería irresponsable de nuestra parte señalar que existe un riesgo para los vecinos, cuando no contamos con la información técnica para hacerlo. Aquí no están en juego elecciones, partidos o colores, sino la seguridad de la gente (Gómez, 2022, p. 1).

Es importante saber que las personas que realicen dictámenes y estudios sobre las características, geográficas, geomorfológicas y geofísicas de suelo sean personal altamente capacitado, siendo del conocimiento de la población ante cualquier tipo de problemática que pueda generarse a futuro, algo que sucedió en dicha unidad habitacional, detallándolo con la siguiente cita.

Los habitantes de la Ciudad del Bienestar desconocen de algún documento firmado por un Director Responsable de Obra (DRO), por lo que se solicitó información al INVI al respecto, porque fue este organismo el encargado de la construcción de los 16 edificios que componen la unidad habitacional. Dicho proyecto, recordó, se hizo con recursos del Sistema de Actuación por Cooperación (SAC), que busca articular la acción de los sectores públicos, social y privado, para la realización de proyectos y obras específicas, que generen beneficios directos al entorno urbano (Gómez, 2022, p. 1).

La responsabilidad directa de las autoridades y profesionistas a cargo de alguna construcción debe destacarse, la construcción de urbanismo en zonas con características geográficas inseguras debe detenerse con el objetivo de no continuar fomentando un riesgo latente en los habitantes, ya que ello establece pérdidas económicas y en ocasiones decesos o graves afectaciones psicológicas posteriores en la vida de la población.

Las minas es un tema que va cobrando importancia y no es desconocimiento para varios porcentajes de la población en la CDMX, puntualizando que en la antigüedad dicha ciudad era una cuenca endorreica que albergaba un antiguo lago de grandes proporciones sin drenado de agua a otras partes, lo que significa que la edafología de gran parte de la CDMX no es apta para la urbanización detallándose a continuación.

La Ciudad de México se encuentra asentada en diferentes tipos de suelo y algunos de estos corresponden a minas. La Ciudad de México fue construida en su mayoría sobre un terreno lacustre y gracias a que se realizaron las labores necesarias para secar buena parte del Lago de Texcoco. También existen minas, algunas de ellas se mantienen operativas, otras fueron clausuradas por no contar con los permisos correspondientes y las restantes representan un riesgo para la población. La titular de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC), Myriam Urzúa, afirmó que tres alcaldías de la Ciudad de México concentran la mayor cantidad de minas: Álvaro Obregón, Iztapalapa y Miguel Hidalgo. En algunos casos, las cavidades subterráneas no son un riesgo para la población ([Radio Fórmula.MX. 2022, p. 1](#)).

Por lo anterior diversas problemáticas, geográficas, geológicas y geomorfológicas suceden con mayor frecuencia en la CDMX, creando en la actualidad paliativos en cuanto a la protección a la población, por ello, actualmente se necesitan estudios sumamente minuciosos sobre las características del suelo y subsuelo previo a comenzar a urbanizar.

Todavía hasta hace seis años se tenía el conocimiento de la existencia de extracción de material para diferentes usos, lo que significa que la problemática podría acrecentarse con el paso del tiempo.

¿Hay minas que operan en la CDMX? De acuerdo con datos del Sistema Integral de Administración Minera (SIAM), perteneciente a la Secretaría de Economía (SE), en la Ciudad de México existían 49 minas concesionadas

hasta el año 2018, las cuales se dedicaban a actividades como: extracción de grava, arena, petróleo y hasta gas; sólo en cinco se extraían otra clase de metales ([Radio Fórmula.MX, 2022, p. 1](#)).

La concientización o concienciación en la población deberá ser en todo momento de manera respetuosa comprendiendo su nivel de necesidad de vivienda, sin embargo, no deberá ser un motivo para omitir los riesgos geográficos en los que se encuentran habitando, más aún cuando se localizan en un riesgo de colapso de mina.

En algunas partes de la México ya han acontecido afectaciones directas en la población derivado del colapso de socavones, ello no debe replicarse en la CDMX o en otras artes del mundo.

Un socavón de dos metros de diámetro y profundidad similar se abrió de forma sorpresiva en una vivienda en Culiacán, tragándose a un joven. Los hechos tuvieron lugar en una vivienda ubicada en la colonia Juntas de Humaya cuando un joven dormía en la sala. La madrugada de este martes en la calle 18 de Febrero, los vecinos escucharon un fuerte estruendo en una de las viviendas. Al revisar la zona, descubrieron que Martín “N” de 25 años pedía auxilio para salir de un enorme agujero. Afortunadamente la víctima sólo sufrió algunos golpes menores. Según la familia del joven, éste dormía en un sillón cuando inesperadamente, el piso cedió y se abrió un socavón, el cual se lo tragó. Al lugar acudieron servicios de emergencias, que descubrieron en las cercanías de la propiedad un túnel ([Hortiales, 2022, p. 1](#)).

La información anterior revela la afectación directa a una persona, lo cual, podría haber sucedido como un incidente mayor o algún tipo de deceso, no se debe de esperar a que ocurran defunciones en pobladores debido a la existencia de minas y con ello oquedades, debe protegerse a la población, recordando que el grado de vulnerabilidad puede disminuirse con base en trabajo y gestión entre académicos, gobierno y pobladores.

La incorporación de los resultados del presente análisis podrá replicarse en otras partes de la República Mexicana y en diversos lugares de América Latina, con el objetivo de proteger a la población, sin embargo, las características geográficas al ser tan diversas tendrán que ser detalladamente cartografiadas por medio de la geomática con el objetivo de concretar un resultado de alta precisión.

Referencias

- Alcaldía Miguel Hidalgo. (2018). Actualización del Atlas de Riesgos Naturales de la Alcaldía Miguel Hidalgo. *Miguel Hidalgo y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. <https://miguelhidalgo.cdmx.gob.mx/wp-content/uploads/2021/07/Atlas-Riesgo.pdf>
- Alcocer, V.; Rodríguez, J.; Bourguett, V.; Llaguno, O.; Alborno, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(5), 33-55. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000500033&lng=es&tlng=es.
- Buendía, L.; Reinoso, E. (2019). Análisis de los daños en viviendas y edificios comerciales durante la ocurrencia del sismo del 19 de septiembre de 2017. *Ingeniería sísmica*, (101), 19-35. <https://doi.org/10.18867/ris.101.508>
- Chávez, S. (2017). En peligro de colapso, al menos 36 viviendas de Atizapán. *Periódico La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2017/06/08/estados/029n2est>
- Contreras, M. (2022). Reportan socavón en Miguel Hidalgo y... ¿resulta ser una mina! *Periódico Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/reportan-socavon-en-miguel-hidalgo-y-resulta-ser-una-mina/1523946>
- Estruch, M.; Tapia, A. (2003). *Topografía subterránea para minería y obras*. Edicions UPC. España. <https://core.ac.uk/download/pdf/41821057.pdf>
- Gómez, L. (2022). Exigen dictamen de riesgos por mina en la Miguel Hidalgo. *Periódico La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/08/22/capital/exigen-dictamen-de-riesgos-por-hallazgo-de-mina-en-edificios-de-la-miguel-hidalgo/>
- González, C.; Flórez, G. (2022). Vulnerabilidad física en viviendas de la periferia en Manizales, Colombia. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 37(3), 935-976. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31273092005>
- Hortiales, J. (2022). Socavón se traga a hombre mientras dormía en la sala de su casa. *Periódico siete 24*. <https://siete24.mx/mexico/estados/socavon-se-traga-a-hombre-mientras-dormia-en-la-sala-de-su-casa/>

- López, J. (2022). Minas, en riesgo de colapso súbito en las alcaldías Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo. *Periódico Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/minas-en-riesgo-de-colapso-subito-en-las-alcaldias-alvaro-obregon-y-miguel-hidalgo/1525814>
- Mardones, M.; Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE*, XXVII(81), s.p. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19608106>
- Motta, A.; Ustariz, M.; Ordoñez, O. (2018). Identificación, análisis y evaluación de riesgos asociados a la actividad minera de oro en el Municipio de Marmato, Caldas. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (44), 21-30. <https://doi.org/10.15446/rbct.n44.61646>
- Nájera, M. (2018). Socavón de la GAM crece y se ‘traga’ un gimnasio; vecinos exigen actuar de las autoridades. *Periódico La Tribuna*. <https://www.tribuna.com.mx/mexico/2023/8/3/video-socavon-de-la-gam-crece-se-traga-un-gimnasio-vecinos-exigen-actuar-de-las-autoridades-340459.html>
- Ochoa, M. (2022). Prevén rellenar en octubre mina de Tacubaya y otras más en alcaldía Miguel Hidalgo. *Periódico UnoTV*. <https://www.unotv.com/estados/ciudad-de-mexico/cdmx-la-mina-ubicada-en-la-miguel-hidalgo-sera-rellenada-en-octubre/>
- Ramos, R.; Zavala, J.; Gama, L.; Pech, D.; Ortiz, M. A. (2016). Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de Tabasco y Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 581-598. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300581&lng=es&tlng=es.
- Radio Fórmula. MX. (2022). Estas son las minas que existen en la CDMX.. <https://www.radioformula.com.mx/cdmx/2022/8/24/estas-son-las-minas-que-existen-en-la-cdmx-728887.html>
- Rivera, O. (2022). Riesgo de origen geomorfológico en zonas rurales y urbanas ante procesos gravitacionales, Teziutlán Puebla, México. *Revista Científica De FAREM-Esteli*, 11(42), 172–190. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i42.14697>

- Rodríguez, L. (2011). La práctica constructiva en la ciudad de México. El caso del tezontle, siglos XVIII-XIX. *Boletín De Monumentos Históricos*, (22), 155–178. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/boletinmonumentos/article/view/2168>
- Sánchez, A. (2022). Encuentran una mina en lugar de un socavón en Miguel Hidalgo. *Periódico La Prensa*. <https://www.la-prensa.com.mx/metropoli/encuentran-una-mina-en-lugar-de-un-socavon-en-miguel-hidalgo-8528619.html>
- Sánchez, F.; Reséndiz, A. (2016). Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: una construcción social del riesgo. Caso Atizapán de Zaragoza, Estado de México. *Investigación y Ciencia*, (24), 48-59. <https://www.redalyc.org/journal/674/67448742007/html/>
- Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil. (2010), Atlas Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil. *Geología estructural. Gobierno de la CDMX*. <https://www.atlas.cdmx.gob.mx/datosabiertos.html>
- Silva, L.; Sánchez, M. (2021). Cierre de minas y abandono de sitios mineros en México: ¿un proceso “normal”? Referencias al norte de México. *Investigaciones Geográficas*, (106), s.p. <https://doi.org/10.14350/rig.60426>
- Solís, F. (2017). Impresionante socavón se abre en Nicolás Romero por lluvias. *Periódico El Sol de México*. <https://www.elsoldemexico.com.mx/republica/impresionante-socavon-se-abre-en-nicolas-romero-por-lluvias-252548.html>
- Tejeda, N.; Pérez, L. (2011). La amplificación social del riesgo: evidencias del accidente en la mina Pasta de Conchos. *Comunicación y sociedad*, (15), 71-99. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-252X2011000100004&lng=es&tlng=es.