



31

# Un futuro para los residuos mineros

Ángel Eduardo Mendoza Ureña

CUAAD

Juan Ernesto Alejandro Olivares Gallo

CUAAD

CONOCIMIENTOS  
/INDISCIPLINADOS



El estado de Jalisco cuenta con una zona rica en minas de ópalo de fuego, el cual se extrae con la intención de convertirlo en piezas de artesanía y en gemas para joyería que, en muchas culturas, sobre todo en las asiáticas, representa un amuleto de buena suerte. Sin embargo, para encontrar piezas de alta calidad se recurre a la constante explotación de las minas por la escasez de este, lo cual genera toneladas de desperdicio mineral en forma de material descartado durante el proceso de extracción y procesamiento del ópalo. Estos desperdicios suelen consistir en rocas, tierra y otros materiales no utilizables.

Existen varias opciones para aprovechar estos desperdicios minerales:

- Recuperación de minerales: a veces, los desperdicios pueden contener minerales valiosos adicionales que no se buscaban específicamente durante la extracción del ópalo. Mediante técnicas de recuperación de minerales, es posible extraer y procesar estos minerales secundarios para su venta o uso en otras industrias.
- Uso en la construcción: los desperdicios de las minas de ópalo pueden emplearse en la construcción de caminos, rellenos, terraplenes u otros proyectos de ingeniería civil. Estos materiales pueden ser utilizados como agregados en la fabricación de concreto, asfalto u otros materiales de construcción.
- Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones: investigar sobre el aprovechamiento de los desperdicios minerales del ópalo puede abrir nuevas oportunidades para su utilización. Se pueden llevar a cabo investigaciones para desarrollar tecnologías o procesos que conviertan estos desperdicios en productos

útiles, como materiales de construcción sostenibles, productos cerámicos o incluso productos químicos.

El diseñador industrial, al participar en un proyecto de investigación para el aprovechamiento de los residuos de las minas, posibilita el desarrollo de nuevos materiales compuestos, siendo una de las premisas de la investigación.

La repercusión de investigar sobre el aprovechamiento de este subrecurso puede ser significativa.

Algunas posibles repercusiones positivas incluyen:

- Reducción del impacto ambiental: al encontrar formas de utilizar los desperdicios minerales, se puede reducir la cantidad de material que se descarta en vertederos o se abandona en el entorno natural, lo que disminuye el impacto ambiental de la industria minera.
- Generación de empleo y desarrollo económico: si se encuentran aplicaciones rentables para los desperdicios minerales del ópalo, esto puede conducir a la creación de nuevas empresas o industrias relacionadas. Lo anterior, a su vez, puede generar empleo local y contribuir al desarrollo económico de la región.
- Valor agregado a la cadena de suministro: la capacidad de aprovechar los desperdicios minerales puede aumentar la eficiencia y rentabilidad de la industria minera de ópalo en Jalisco.

En el Laboratorio Experimental de Materiales y Procesos (LEMPRO) del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara, se realizó un proyecto de investigación y experimentación con el propósito de desarrollar materiales compuestos sosteni-

bles, que constó de cinco etapas donde se utilizaron aglomerantes y aglutinantes como matriz y residuos de mina como agregados, los cuales llegaron a resultados positivos y avalados con pruebas de resistencia a la compresión, demostrando que cuentan con las características mecánicas requeridas para un amplio catálogo de aplicaciones.

Para el caso de estudio, se parte del uso de la cantera que recubre al ópalo, la cual es un tipo de riolita: una roca ígnea que surge a partir de la explosión de antiguos volcanes en la zona; esta misma proviene de la explotación de minas de ópalo mezclada con distintos cementos, de los cuales se pueden desarrollar aplicaciones diversas como:

- Revestimientos arquitectónicos: el material compuesto podría utilizarse como revestimiento exterior o interior en edificios y estructuras. La combinación de cemento y cantera de ópalo podría proporcionar una apariencia estética única y resistencia a la intemperie.
- Pisos y pavimentos: el material compuesto podría emplearse en la fabricación de baldosas o pavimentos para espacios interiores o exteriores. Esto crearía superficies duraderas y atractivas con características especiales derivadas de la inclusión de la cantera de ópalo.
- Elementos decorativos: el material compuesto podría utilizarse para la creación de elementos decorativos, como paneles de pared, muebles o esculturas. La combinación de cemento y cantera de ópalo podría brindar una apariencia única y texturas interesantes.
- Mobiliario urbano: el material compuesto podría ser utilizado en la fabricación de bancos, mesas, mace-

tas u otros elementos de mobiliario urbano. La durabilidad del cemento, combinada con la belleza de la cantera de ópalo, podría dar lugar a piezas atractivas y resistentes a la intemperie.

- Elementos de paisajismo: el material compuesto podría emplearse en elementos de paisajismo, como jardineras, bordillos o muros de contención. La combinación de cemento y cantera de ópalo podría integrarse armoniosamente en entornos naturales y agregar un toque estético único.

Es importante tener en cuenta que el uso específico del material compuesto entre cemento y cantera de ópalo dependerá de las propiedades y características del material resultante, así como de los requisitos y regulaciones locales. Es recomendable llevar a cabo pruebas y evaluaciones técnicas para garantizar la idoneidad del material en cada aplicación propuesta.

A continuación se presenta un listado de ideas que surgieron alrededor de la investigación.

### **Un diseñador industrial no es capaz de investigar y desarrollar un nuevo material**

El diseñador industrial puede desempeñar un papel importante en un proyecto de investigación para el aprovechamiento de los residuos de las minas, ya que a partir de su formación puede contribuir al desarrollo de soluciones creativas y viables.

### **Los residuos mineros de la explotación del ópalo son cantera rosa mexicana**

Coloquialmente en la comunidad opalera se conoce como “cantera” a la roca que recubre al ópalo. La diferencia con la cantera rosa mexicana es que está compuesta de piedra caliza

y la cantera de ópalo es riolita, una roca ígnea formada a partir de actividad volcánica.

### **Es posible sustituir con cualquier tipo de roca los agregados convencionales en un concreto**

Generar concretos que tengan las características mecánicas que se requieren en la construcción de viviendas depende de agregados que sean resistentes a cargas y compresión sin presentar daños o fracturas, por lo cual, piedras o rocas frágiles no son útiles porque generarían concretos inutilizables.

### **Los agregados de residuos mineros no sustituyen a los agregados convencionales en materiales para la construcción**

La demanda del sector inmobiliario ha llevado a los agregados convencionales (grava de piedra basáltica y arena de río) a un incremento en costos y pronta escasez de estos. La alternativa de los residuos mineros demuestra igualar las propiedades mecánicas necesarias para ser aptos en la construcción a un costo menor de las convencionales.

### **El uso de agregados de residuos mineros no da como resultados materiales compuestos sostenibles**

El principal agregado del composite es el residuo del ciclo de aprovechamiento de los recursos de mina, del cual resultan toneladas que se quedan sin aplicación. Al obtener valor de los materiales que antes se consideraban residuos, se puede optimizar la cadena de suministro y mejorar la sostenibilidad general del sector.

### **El uso de residuos mineros es un recurso utilizado actualmente**

De acuerdo con la investigación en sitios dedicados a la minería del ámbito opalero, se realiza un ciclo de aprovechamiento de los recursos mineros que pasa por cinco fases y finaliza en el uso de piezas de cantera de gran formato para cimentación, dejando toneladas de fragmentos de piedra sin aplicación.

### **La aplicación del material compuesto es exclusivamente decorativa**

Las pruebas realizadas a los diferentes diseños de mezcla resultaron con propiedades aptas para aplicaciones que abarcan desde la construcción hasta el diseño de productos y elementos decorativos y artísticos.

### **El costo final del producto se verá afectado por la presencia de piezas de ópalo en su composición**

El ópalo presente en los residuos mineros no cuenta con las características requeridas para el trabajo y la comercialización en formato de piedra semipreciosa u otra presentación. Por ende, la presencia del mineraloide no incrementa el costo final del compuesto.

### **La obtención del recurso es limitada por el bajo número de minas activas**

La explotación minera del ópalo en Magdalena, Jalisco, ha sido continua desde los años cincuenta; actualmente hay cien minas activas. Otras regiones opaleras se ubican en Querétaro, Nayarit y Michoacán. Considerando que el ópalo se encuentra en pequeños yacimientos, la explotación genera toneladas del residuo, que resulta en un recurso abundante y disponible.

### **La nula comercialización de los residuos puede desfavorecer su adquisición**

Debido a que los dueños de las minas activas consideran como basura a los residuos mineros, la venta de este les resultaría benéfico en cuestión económica, brindando una ganancia al recurso inactivo; y en logística, al delegar la tarea de descombrar el área activa de la mina al comprador.



## Universidad de Guadalajara

Ricardo Villanueva Lomelí  
**Rectoría General**

Héctor Raúl Solís Gadea  
**Vicerrectoría Ejecutiva**

Guillermo Arturo Gómez Mata  
**Secretaría General**

Juan Manuel Durán Juárez  
**Rectoría del Centro Universitario  
de Ciencias Sociales y Humanidades**



## Centro Maria Sibylla Merian de Estudios Latinoamericanos Avanzados en Humanidades y Ciencias Sociales

Sarah Corona Berkin  
Olaf Kaltmeier  
**Dirección**

Hans-Jürgen Burchardt  
**Codirección**

[www.calas.lat](http://www.calas.lat)

CalasCenter

calas.center



D.R. © 2023, Universidad de Guadalajara

© Ángel Eduardo Mendoza Ureña  
y Juan Ernesto Alejandro Olivares Gallo  
**Texto**

Sayri Karp Mitastein  
**Dirección de la Editorial**

Iliana Ávalos González  
**Coordinación editorial**

Carmina Nahuatlato Frías  
**Coordinación y cuidado editorial  
del proyecto**

Fernanda H. Orozco  
**Corrección**

Melissa Álvarez Castillo  
**Diseño y diagramación**

@editorialudg

Diciembre de 2023  
Editado en México



Margarita Hernández Ortiz  
**Coordinación General de Investigación,  
Posgrado y Vinculación**

Rosa Alicia Arvizu Castañeda  
**Jefatura de la Unidad de Comunicación  
y Difusión de la Ciencia**

CienciaUDG

## CONOCIMIENTOS //INDISCIPLINADOS

Sarah Corona Berkin  
Margarita Hernández Ortiz  
**Dirección del proyecto**

Beatriz Nogueira Beltrão  
Abi Valeria López Pacheco  
**Coordinación del proyecto**

Publicación realizada con  
el apoyo de Conahcyt 297691.

# CONOCIMIENTOS INDISCIPLINADOS

Es un espacio de publicación y participación de la comunidad universitaria. Creemos que, sin barreras disciplinarias ni vocabularios herméticos, la comunicación científica debe ser dialógica para que la producción del conocimiento siga en marcha. **Conocimientos indisciplinados** es un proyecto de la Universidad de Guadalajara, el Centro María Sibylla Merian de Estudios Latinoamericanos Avanzados (CALAS), la Coordinación General de Investigación, Posgrado y Vinculación a través de Ciencia UDG y la Editorial Universidad de Guadalajara.

Lee, escribe,  
únete al diálogo.



[www.calas.lat/es](http://www.calas.lat/es)