

Sistema computacional para validar el cuidado ambiental suscrito en un contrato minero

Computer system to validate environmental care subscribed in a mining contract

Recibido Julio 2019 – Aceptado Noviembre 2019

Quántica. Ciencia con impacto social

Vol – 1 No. 2, Julio - Diciembre 2020

e-ISSN: 2711-4600

Pgs 74-84

Lucas Bohorquez

Estudiante Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de Caldas
Manizales, Colombia
lucas.1701711643@ucaldas.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-5321-9212>

Juan Pablo Castaño

Estudiante Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de Caldas
Manizales, Colombia
juan.1701716215@ucaldas.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-1971-0021>

Juan Sebastián Gómez

Estudiante Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de Caldas
Manizales, Colombia
juan.1701712251@ucaldas.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-7810-7268>

Juan Sebastián Mejía

Estudiante Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de Caldas
Manizales, Colombia
juan.1701715778@ucaldas.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-2000-8988>

RESUMEN

El presente proyecto brindará un mecanismo tanto al titular minero como a la ANM (Agencia nacional minera) para almacenar un registro fotográfico, el cual permitirá establecer de manera clara el “antes, durante y después” del estado del título minero en cuanto al estado de la superficie otorgada al titular minero, y a través de la toma de variables ambientales con los respectivos sensores, validar el estado de deforestación, calidad del agua, aire, etc.

Una vez se cuente con el registro fotográfico las autoridades tanto mineras como ambientales, tendrán los elementos suficientes para tomar decisiones de tipo administrativo y sancionatorio del caso particular.

El presente proyecto investigativo buscará la adecuación de un dron, que facilitará la vigilancia sobre el cumplimiento de los requisitos legales y ambientales, dicho prototipo tendrá como fin el cuidado del medio ambiente, mediante la vigilancia al proceso minero en Colombia en todas sus etapas, evidenciando de manera temprana posibles daños ambientales, así como la afectación a los ecosistemas y la deforestación por el proceso minero, mediante la recolección de información confiable y oportuna.

Palabras clave: Sensores ambientales, Minería, Geolocalización, Cuidado del medio ambiente, Contrato del título minero, Sistema de información, Reconocimiento de imágenes, Inteligencia artificial, Toma de variables ambientales.

ABSTRACT

This project will provide a mechanism for both the mining title holder and the ANM (National Mining Agency) to store a photographic record, which will allow to clearly establish the "before, during and after" the status of the mining title in terms of the status of the surface granted to the mining licensee, and through the taking of environmental variables with the respective sensors, validate the state of deforestation, water quality, air, etc.

Once the photographic record is in place, both the mining and environmental authorities will have sufficient elements to make administrative and sanctioning decisions in the particular case.

This research project will seek the adaptation of a drone, which will facilitate monitoring of compliance with legal and environmental requirements, said prototype will aim to care for the environment, by monitoring the mining process in Colombia in all its stages, evidencing early possible environmental damage, as well as the impact on ecosystems and deforestation by the mining process, through the collection of reliable and timely information.

Keywords: Environmental sensors, Mining, Geolocation, Environmental care, Mining title contract, Information system, Image recognition, Artificial intelligence, Taking environmental variables.

1. Introducción

Después de realizar un análisis de los antecedentes en investigación en visión artificial y utilización de IoT para supervisión y validación de aspectos ambientales y jurídicos en zonas mineras, y basándonos en experiencias propias del equipo de trabajo tanto en la regulación minera, como la visión artificial y el georeferenciamiento, se encontraron avances en el análisis de taludes de zonas en riesgo geológico con soluciones computacionales de internet de las cosas Yadav DK et al., 2019. Como también sistemas que analizan el daño de una zona minera con el procesamiento de redes convolucionales y la ayuda de visión artificial Modarres C et al., 2018; hay una investigación que utiliza la visión artificial y estrategias de redes convolucionales para detectar los tipos de terreno, y discernir si es un tipo de cultivo Beyaz A (2016) entre muchas otras investigaciones en el ámbito de la visión artificial, y el manejo de herramientas de IoT para el análisis de zonas mineras, que implementan el análisis sistémico de los datos para realizar modelos de redes neuronales y deep-learning que dan más información acerca de un tipo de suelo Huang L et al., 2018.

No obstante, como lo establecen Mican, E. O. C., & Aguja, F. A. P. (2021), los procesos de registro de la innovación fomentan un valor causal que facilita los resultados acordes con la métricas e indicadores que se pactan para el seguimiento, donde en la actualidad una de las grandes dificultades que presenta la fiscalización minera en Colombia y más exactamente en lo que tiene que ver con las inspecciones técnicas que realiza la Agencia Nacional de Minería -ANM- a los títulos mineros; es la toma de datos precisos para la identificación del daño ambiental en la explotación minera a cielo abierto. Dicha dificultad radica en que en muchas ocasiones no es posible acceder a ciertos lugares del título minero, ya que la topografía en ciertos casos es bastante complicada para el funcionario que realiza dicha visita.

Debido a las falencias tecnológicas para llevar a cabo las tareas antes mencionadas, se decidió utilizar un dron con cámara que a través de técnicas de reconocimiento de imágenes pueda reconocer los polígonos (extensiones de terreno) que la entidad minera está autorizada a explotar, además del uso de tecnologías de geolocalización y otros elementos para llevar a cabo al análisis del terreno de forma adecuada. Adicionalmente la ANM contará con un registro fotográfico mucho más preciso y confiable que se podrá

comparar con los polígonos establecidos jurídicamente ya que una vista aérea permitirá conocer el estado actual del título minero.

Una vez se cuente con el polígono y el registro fotográfico las autoridades tanto mineras como ambientales, tendrán los elementos suficientes para tomar decisiones de tipo administrativo y sancionatorio del caso particular.

Como lo relacionan Vega, L. T., Vega, D. A., & Poveda, F. A. (2020) es importante que se identifiquen los impactos ambientales de los proyectos, debido a que se lograr el principio de fomentar la apuesta de nuevos modelos que al transferir entreguen soluciones asertivas del desarrollo temático, el presente proyecto investigativo tendrá como fin el cuidado del medio ambiente, mediante la vigilancia al proceso minero en Colombia en todas sus etapas ya sea exploración, construcción y montaje y explotación, evidenciando de manera temprana posibles daños ambientales, así como la afectación a los ecosistemas y la deforestación por el proceso minero, mediante la recolección de información confiable y oportuna.

Según Aguja, F. A. P., & Vélez-Ramírez, A. C. (2019) cada institución debe aplicar medidas que permitan el aprovechamiento de sus indicadores y formas de visibilización, donde la georeferenciación se ubica en un espacio tiempo que argumenta y posibilita los momentos de la investigación, el propósito de la investigación lleva a desarrollar un dispositivo (prototipo) para vigilar el cumplimiento de requisitos legales y ambientales en un título minero usando geolocalización y visión artificial, donde se logra monitorizar el estado ambiental dentro del título minero a través del reconocimiento de imágenes y sensores, para desarrollar un sistema de información para comparar imágenes del antes y después de la concesión del título minero, con el fin de establecer si existe o no daño ambiental.

Los conceptos que soportan este valor científico se dan desde los apartados;

Geo-localización: Los Servicios Basados en la Localización (LBS), también llamados geo-localización es una tecnología mediante la cual un grupo de sensores estiman la ubicación usando transmisores que transmiten la posición (coordenadas) a través de radiofrecuencia A. S. King (2013).

Visión artificial: Es un área de la inteligencia artificial que busca programar un computador para que pueda obtener características de una imagen. Esta información es usada para tomar decisiones, analizar o controlar un proceso G. Benavides (2017).

Sensórica: Son las tecnologías relacionadas con la selección, uso, calibración, configuración y optimización de los sensores y que permiten adquirir la información de las magnitudes físicas de procesos de la forma más óptima y precisa posible C. B. M. Ríos (s,f).

A continuación, se citan algunas normas, artículos o decretos que legislan acerca de la explotación minera, el otorgamiento de títulos y el control ambiental en el país:

- Artículo 35 de la Ley 685 de 2001: Establece los requisitos contenidos en el contrato de concesión minera en lo respectivo al uso de zonas mineras en el país.

- Artículos 65 y 69 del Código de Minas: Establecimiento de los polígonos contenidos en la red geodésica nacional, según lo estipulado en los:

(...) “Artículo 65: El área para explorar y explotar terrenos de cualquier clase y ubicación con exclusión del cauce de las corrientes de agua, estará delimitada por un polígono de cualquier forma y orientación delimitado con referencia a la red geodésica nacional. Dicha área tendrá una extensión máxima de diez mil (10.000) hectáreas.” (...)

(...) “Artículo 69: El área del contrato de concesión se otorga por linderos y no por cabida. En consecuencia, el concesionario no tendrá derecho a reclamo alguno en caso de que la extensión real contenida en dichos linderos resulte inferior a la mencionada en el contrato. La autoridad concedente, de oficio y en cualquier tiempo, podrá ordenar, previa comprobación sobre el terreno y mediante resolución motivada, la rectificación o aclaración de los linderos si advirtiere errores o imprecisiones en los mismos.” (...)

- Artículo 82 del código de Minas:(...)

“Al finalizar el período de exploración se deberá presentar la delimitación definitiva de la zona del área contratada que va a quedar vinculada a los trabajos y obras de explotación, más las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno, servicios de apoyo y obras de carácter ambiental para lo cual se deberán tener en cuenta los valores, ubicación y cálculo de las reservas existentes al igual que la producción esperada indicados en el Plan de Trabajos y Obras de explotación elaborado de acuerdo con el artículo 84 de este Código. Con oportunidad de esta

delimitación, el concesionario estará obligado a devolver, en lotes contiguos o discontinuos, las partes del área que no serán ocupadas por los trabajos y obras mencionados. El área retenida deberá estar constituida por una extensión continua.

- Artículo 85 de la ley 685 de 2001:

”Las obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del ecosistema alterado serán ejecutados por profesionales afines a cada una de estas labores. Dicha licencia con las restricciones y condicionamientos que imponga al concesionario, formarán parte de sus obligaciones contractuales.” (...),

- Artículo 198 del Código de minas:

Establece que los medios e instrumentos para la vigilancia de las labores mineras serán los establecidos en la normatividad ambiental vigente, es decir: Planes de Manejo Ambiental, Estudio de Impacto Ambiental, Licencia Ambiental, permisos o concesiones para la utilización de recursos naturales renovables, Guías Ambientales y autorizaciones en los casos en que tales instrumentos sean exigibles.

- Estudio de impacto ambiental: artículo 204:

Con el Programa de Obras y Trabajos Mineros que resultare de la exploración, el interesado presentará, el Estudio de Impacto Ambiental de su proyecto minero. Este estudio contendrá los elementos, informaciones, datos y recomendaciones que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de esos impactos; las medidas específicas que se aplicarán para el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las mencionadas medidas.

El interesado en adelantar un proyecto de explotación minera deberá cumplir con lo establecido en el plan de manejo ambiental y las guías ambientales, en caso de que la actividad minera requiera la utilización o el aprovechamiento de recursos naturales renovables.

- Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, mediante el cual se reglamentó el Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Zonas de uso sostenible: Que Incluye los espacios para adelantar actividades productivas y extractivas compatibles con el objetivo de conservación del área protegida.

Área de influencia: Área en la cual se manifiestan de manera objetiva y en lo posible cuantificable, los impactos ambientales significativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios. Debido a que las áreas de los impactos pueden variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá corresponder a varios polígonos distintos que se entrecrucen entre sí.

Funciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de la órbita de sus competencias, en relación con la calidad y el control a la contaminación del aire:

- a) Definir la política nacional de prevención y control de la contaminación del aire;
- b) Fijar la norma nacional de calidad del aire;
- c) Establecer las normas ambientales mínimas y los estándares de emisiones máximas permisibles, provenientes de toda clase de fuentes contaminantes del aire;
- d) Dictar medidas para restringir la emisión a la atmósfera de sustancias contaminantes y para restablecer el medio ambiente deteriorado por dichas emisiones;
- e) Definir, modificar o ampliar, la lista de sustancias contaminantes del aire de uso restringido o prohibido;
- f) Declarar, en defecto de la autoridad ambiental competente en el área afectada, los niveles de prevención, alerta y emergencia y adoptar las medidas que en tal caso correspondan;
- g) Fijar los estándares, tanto de emisión de ruido, como de ruido ambiental;
- h) Fijar normas para la prevención y el control de la contaminación del aire por aspersión aérea o manual de agroquímicos, por quemas abiertas controladas en zonas agrícolas o la ocasionada por cualquier actividad agropecuaria;
- i) Establecer las densidades y características mínimas de las zonas verdes zonas arborizadas y zonas de vegetación protectora y ornamental que en relación con la densidad poblacional, deban observarse en los desarrollos y construcciones que se adelanten en áreas urbanas;
- j) Establecer las normas de prevención y control de la contaminación atmosférica proveniente de actividades mineras, industriales y de transporte, y, en general, de la ocasionada por toda actividad o servido, público o privado.

k) Definir y regular los métodos de observación y seguimiento constante, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire así como los programas nacionales necesarios para la prevención y el control del deterioro de la calidad del aire.

l) Homologar los instrumentos de medición y definir la periodicidad y los procedimientos técnicos de evaluación de la contaminación del aire, que utilicen las autoridades ambientales.

2. Materiales y métodos

La metodología general del proyecto se fundamenta en un modelo basado en las fases de investigación de ingeniería: levantamiento de requerimientos, análisis y diseño, implementación de un prototipo y pruebas.

a. Levantamiento de requerimientos: Revisar estado del arte de legislación minera, fiscalización y control ambiental en el país, Instrumentación para calidad del aire y composición de los suelos, geolocalización, reglamentación uso de drones, compensación forestal. De acuerdo a estas condiciones definir las necesidades, retos y especificaciones del dispositivo.

b. Análisis y diseño del sistema automatizado: Analizar calidad y condiciones de la captura de imágenes desde el dron, así como la precisión en la geolocalización del GPS desde el mismo vehículo robótico. Establecer todas las condiciones y parámetros que se medirán para establecer las condiciones de calidad de aire y de los suelos. Establecer los requerimientos del sistema de información y comunicaciones inalámbricas para el registro y trazabilidad del impacto ambiental.

c. Implementación del prototipo de captura de imágenes: Con los materiales solicitados en la convocatoria y los materiales existentes en la Facultad de Ingeniería y el apoyo del centro de ciencias Francisco José de Caldas (Dron, impresora 3D) se adaptará el dron para la captura de imágenes y la adquisición de las coordenadas para la geolocalización. Se implementará el sistema de instrumentación para la adquisición de variables ambientales y su transmisión al sistema de información que almacenará: coordenadas de los polígonos, partículas de aire y variables de composición del suelo, imágenes de la mina a cielo abierto. La implementación del software (sistemas embebidos, y sistema de información) se hará utilizando metodologías ágiles para hacer cambios de acuerdo a cada nueva fase de desarrollo (ICONIX embed).

d. Validación y pruebas del prototipo: Además de las pruebas que se harán periódicamente para verificar el funcionamiento parcial y total del dispositivo, se espera realizar también una prueba piloto en las instalaciones de la Universidad de Caldas (Jardín Botánico) para registrar las variables medidas en el sistema de información. También se debe realizar una validación de la geolocalización de los polígonos capturados con GPS en tierra y la información obtenida por el dron.

3. Resultados

Resultado	Descripción	Indicador de logro
Generación de nuevo conocimiento	Dispositivo computacional para asistencia para establecer polígonos contenidos en la red geodésica nacional y verificar el cumplimiento de los requisitos del contrato de concesión minera en lo respectivo al cuidado ambiental.	1 prototipo de dispositivo 1 posible trámite de patente en Universidad de Caldas
Fortalecimiento de la comunidad académica del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación.	Formación de investigadores	Formación de estudiantes: fortalecer el semillero de investigación en robótica aplicada SiRap
Apropiación social del conocimiento	Presentación de los resultados	Presentar un artículo científico derivado de la investigación ante una revista indexada u homologada por Colciencias.

		Participación con ponencia presentando resultados preliminares y/o finales en eventos científicos regionales o nacionales.
--	--	--

4. Conclusiones

Es importante que el desarrollo de la investigación reconozca el impacto desde lo social, económico, ambiental.

- a. Social:** Generando conciencia en la sociedad sobre la explotación minera que sucede actualmente en el país mostrando las deficiencias que tienen actualmente para cumplir la norma exigida para poder llevar a cabo el proceso de minería legalmente.
- b. Económico:** Ayudará económicamente a las empresas que hacen auditoría sobre los procesos de minería, automatizando ciertos procesos de recolección de información sobre algunas minas que están siendo explotadas en ese momento. De esta manera se reducirán los costos de personal que tendría que hacer la recolección de esta información a mano, reducir el riesgo a la hora de esta recolección y haciendo de este un proceso más preciso mediante el uso de sensores.
- c. Ambiental:** Se ayudará al cuidado ambiental velando por la protección del ecosistema verificando que se estén cumpliendo todas las normativas del cuidado ambiental y que no se viole ninguna de ellas ocasionando un mal mayor al ecosistema.

Referencias

Aguja, F. A. P., & Vélez-Ramírez, A. C. (2019). Implementación de estrategias scientometrics, webometrics, altmetrics, bibliometrics en una IES que oferta programas académicos de modalidad a distancia, construyendo escenarios de I+ D+ I (CTI) 2017-2018. *Entorno*, (67), 189-206.

A. S. King, "Development of a Model and Localization Algorithm for Received Signal Strength-Based Geolocation," 2013.

Beyaz A, Ozturk R. Identification of olive cultivars using image processing techniques. *Turk J Agric For*. 2016;40(5):671-83.

C. B. M. Ríos, “Sistema automatizado de mantenimiento de máquinas rotatorias basado en el monitoreo de sus condiciones, Universidad Mayor de San Andrés.

G. Benavides, “Visión Artificial: la innovación disruptiva en la educación,” 2017.

Huang L, Li J, Hao H, Li X. Micro-seismic event detection and location in underground mines by using Convolutional Neural Networks (CNN) and deep learning. *Tunn Undergr Space Technol.* noviembre de 2018;81:265-76.

Mican, E. O. C., & Aguja, F. A. P. (2021). Diseño e implementación de un modelo integral para la gestión de la innovación.(Prototipo AEMD). Coordinadores del proyecto, 236.

Modarres C, Astorga N, Lopez Droguett E, Meruane V. Convolutional neural networks for automated damage recognition and damage type identification. *Struct Control Health Monit.* octubre de 2018;25(10):e2230.

Vega, L. T., Vega, D. A., & Poveda, F. A. (2020). Evaluación de un digestado como fertilizante orgánico. *Idesia (Arica)*, 38(3), 87-96.

Yadav DK, Jayanthu S, Das SK, Chinara S, Mishra P. Critical review on slope monitoring systems with a vision of unifying WSN and IoT. *IET Wirel SENS Syst.* agosto de 2019;9(4):167-80.