

Facultad de Ingeniería y  
Ciencias Básicas

DOCUMENTOS  
DE TRABAJO



DOCENCIA

# APRENDIZAJE BASADO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS, INGENIERÍA DE MINAS, FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

MANUEL FERNANDO VERGARA CUJIA

Las series de documentos de trabajo de la Fundación Universitaria del Área Andina se crearon para divulgar procesos académicos e investigativos en curso, pero que no implican un resultado final. Se plantean como una línea rápida de publicación que permite reportar avances de conocimiento generados por la comunidad de la institución.



# APRENDIZAJE BASADO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS, INGENIERÍA DE MINAS, FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

**Manuel Fernando Vergara Cujia**

Ingeniero de Minas. Especialista en Minería a Cielo Abierto. Profesor Auxiliar, Fundación Universitaria del Área Andina. Programa de Ingeniería de Minas, sede Bogotá. Correo electrónico: mavergara4@areandina.edu.co

## **Cómo citar este documento:**

Vergara Cujia, M. F. (2020). Aprendizaje basado en resolución de problemas de perforación y voladuras. Ingeniería de Minas, Fundación Universitaria del Área Andina (Documentos de trabajo Areandina, 2020-2. Experiencias y prácticas pedagógicas de los docentes areandinos). Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina. <https://doi.org/10.33132/26654644.1735>

## Resumen

La estrategia pedagógica de resolución de problemas en perforación y voladura tiene como propósito fundamental facilitar el desarrollo de competencias en la evaluación de variables cualitativas y cuantitativas y en la toma de decisiones para resolver problemas ligados a la ingeniería de minas. Su metodología consiste en establecer escenarios ideales e hipotéticos con cambios en las condiciones iniciales para promover la participación de los estudiantes, partiendo desde la interpretación la información conocida, estableciendo una relación entre los datos y los conocimientos previos, realizando análisis de las soluciones posibles a un problema técnico, de cálculo, económico u operativo, y utilizando herramientas tecnológicas para optimizar y caracterizar alternativas de solución. En la práctica académica, es importante aplicar el esquema de desarrollo de la estrategia para la consecución de los objetivos trazados; sin embargo, cada docente puede determinar las variables a cambiar en los escenarios, los grupos y los instrumentos de evaluación.

**Palabras clave** Estrategias de aprendizaje, perforación, resolución de problemas, y voladura de rocas.

## Introducción

Los ingenieros de minas pueden encontrarse con diferentes problemas relacionados con la perforación y voladura de rocas, los cuales pueden generar impactos económicos, ambientales y/o sociales de gran magnitud, por lo que se hace necesario que ellos aprendan estrategias para resolver los inconvenientes que se le presenten en esta área. Una forma segura en la que estos profesionales aprenderían a determinar una solución factible a una eventualidad anómala es mediante el proceso pedagógico de resolución de problemas, esto les permite ser más competentes frente a colegas formados en otras instituciones educativas.



Si un ingeniero de minas no aprende a resolver problemas, más allá de ser menos competitivo frente a otros, por lo que no demostraría la capacidad reflexiva y crítica frente a los retos que la sociedad exige para los cambios sociales.

Si un ingeniero de minas no aprende a resolver problemas, más allá de ser menos competitivo frente a otros, por lo que no demostraría la capacidad reflexiva y crítica frente a los retos que la sociedad exige para los cambios sociales. Por otro lado, puede desencadenar una serie de impactos que afectarían la economía de una organización, a los componentes ambientales del área de influencia de un proyecto, a personas de una comunidad aledaña o compañeros de trabajo. Los daños potenciales pueden verse reflejados en destrucción de flora y fauna, contaminación auditiva y de afluentes hídricos, y en casos muy extremos, pero posibles, la muerte de seres humanos.

Retomando el proyecto educativo institucional (PEI), que propicia ambientes de aprendizaje y participación que promuevan actitudes innovadoras, para nuevas ciudadanía con pensamiento crítico, fomentando el aprendizaje constante y continuo para toda la vida. PEI (2019, p.4). Es así como la Fundación Universitaria del Área Andina, favorece la generación de espacios de discusión y razonamientos desde una perspectiva pedagógica integral, en la que el docente en armonía con el estudiante, logran establecer procesos desde diferentes ámbitos, implicando el sentido del desarrollo en todas las dimensiones sociales.

En relación con lo anterior, la estrategia pedagógica de resolución de problemas tiene como propósito facilitar el desarrollo de competencias en la evaluación de variables cualitativas y cuantitativas que lleven a la toma de decisiones en torno a un problema de su profesión, en proponer alternativas de optimización de procesos utilizando herramientas tecnológicas, diseñar las características de configuración de su propuesta de manera

creativa, y promover la comunicación y debate entre pares para llegar a acuerdos en la solución de un problema técnico, de cálculo o aprovechamiento de recursos. Ejemplo de ello es la configuración de la malla de la voladura, cantidad de explosivo, grado de fragmentación de la roca y disposición del material fragmentado de acuerdo con el tipo de maquinaria que realizará el cargue.

A lo anterior, la metodología de la resolución de problemas consiste en establecer escenarios ideales e hipotéticos con cambios en las condiciones iniciales para promover la participación de todos los estudiantes, partiendo desde la interpretación de la información conocida, estableciendo una relación entre los datos y los conocimientos previos, realizando análisis de las soluciones posibles al problema y utilización de herramientas tecnológicas que optimicen y caractericen a las mismas. Es importante resaltar que esta estrategia es aplicable a cualquier asignatura. Sevillano (2005,) establece que la resolución de problemas:

[...] Se tratará de un número reducido de personas, entre cinco y veinte, que posee un interés común para discutir un tema, resolver un problema, tomar una decisión o adquirir información por el aporte recíproco, de forma flexible y espontánea, pero cumpliendo ciertas normas: la discusión se realizará alrededor de un tema previsto, el intercambio de ideas seguirá cierto orden lógico, habrá un coordinador y un clima democrático. (p. 81)

Sobre la práctica académica, es importante definir la estructura del caso inicial y los cambios que se harían en las variables o escenas, concretar si la actividad será individual o grupal, establecer los espacios de discusión, promoverla comprensión de las situaciones hipotéticas y de las posibles soluciones, fomentar la creatividad y el uso de herramientas tecnológicas, y facilitar la discusión y comentarios concluyentes, caminos que se establecen que conlleven al fortalecimiento del pensamiento crítico y reflexivo del estudiante.

## Marco teórico

El objetivo primordial de la asignatura de perforación y voladura es brindar las herramientas teórico prácticas necesarias para desarrollar la capacidad de análisis, reflexión, razonamiento, creatividad e investigación en apoyo a los avances tecnológicos, orientando al futuro ingeniero de minas la importancia en la extracción de un mineral, considerando la realización de perforaciones de barrenos y el uso de los explosivos para la fragmentación de la roca asociada al mineral a extraer, así como para la ejecución de obras civiles. Además, se orienta al estudiante a evaluar, a través de los diferentes escenarios técnicos la aplicación de todo tipo de diseños de voladuras, determinando con facilidad cual es más razonable económicamente cumpliendo con la normatividad legal, adaptado a cualquier tipo de circunstancias aplicando y respetando los diferentes estándares y procedimientos requerido por la empresa.

Entonces, se reconoce que la palabra problema se debe entender bajo el enfoque resolución de problemas, según el cual un problema es “una tarea que plantea al individuo la necesidad de resolverla y ante la cual no tiene un procedimiento fácilmente accesible para hallar la solución” (MEN, 2015b, p.18). Por consiguiente, se resalta que existe una diferencia entre un problema y un ejercicio de aplicación, ya que para resolver problemas se deben emplear más que cálculos y secuencias, porque también se debe analizar el contexto de aplicación, el tipo de variable y los impactos que ésta genere en el proceso. De acuerdo con Poggioli (1999), las estrategias para resolver problemas se refieren a las operaciones mentales utilizadas por los estudiantes para pensar sobre la representación de las metas y los datos, con el fin de transformarlos y obtener una solución (p. 26).

Por otro lado, el estudio sobre cómo enseñar estrategias para resolver problemas destaca la importancia de los entornos instruccionales de la instrucción (valga la redundancia)

guiada y el aprendizaje cooperativo como instrumentos para mejorar el proceso de resolución de los alumnos (Hembree, 1992; Jitendra y Ping, 1997, p. 34), ello indica que el docente deberá planificar el problema a resolver teniendo en cuenta los objetivos de la actividad, definiendo los criterios de evaluación y los mecanismos de interacción entre los estudiantes. La importancia de las directrices radica en el logro del desarrollo de un proceso investigativo y de enseñanza - aprendizaje entre pares.

En cuanto a los resultados del desarrollo de investigación y trabajo colaborativo Gómez del Campo del Paso, M., y Salazar Garza, M., y Rodríguez Morril, E, (2014) manifiestan que:

[...] Uno de los beneficios de la resolución de problemas es que permite crear espacios dialógicos, en el que se ponen en común los conocimientos, afectos y experiencias cotidianas y significativas de cada uno de los participantes, para ser resignificadas mediante estrategias de reaprendizaje, con lo cual se obtienen formas distintas de ser y de relacionarse con los otros. (p.7) [Fin de cita]

Por su parte Sevillano (2005), considera que unos de los resultados de emplear la estrategia metodológica de resolución de problemas son:

Propiciar un clima relacional adecuado para el aprendizaje en el aula. Aumentar la participación, bien como actores o como observadores, de todos los alumnos. Posibilitar el desarrollo de la autoestima, la asertividad y de otras habilidades sociales de los alumnos. (p. 82)

En relación con lo anterior, la implementación de la solución de problemas resulta ser versátil, ante ello, Pérez y Ramírez (2011, p. 107) afirman que es una estrategia globalizadora en sí misma, debido a que permite ser trabajada en todas las asignaturas, y además el tópico que se plantea encada problema puede referirse a cualquier contenido o disciplina.



Los nuevos medios demandan una nueva configuración del proceso didáctico y de la metodología. Estos nuevos accesos al conocimiento implican también originales propuestas metodológicas para el aprendizaje, en cuanto que las estrategias tradicionales quedan obsoletas, requiriéndose nuevas fórmulas organizativas. Todo ello señala la necesidad de que el profesor se proyecte desde un nuevo rol como tutor del proceso didáctico, debido a que más allá del diseño de las situaciones, deberá definir claramente las instrucciones para que estimule en los estudiantes la creatividad, el razonamiento y el análisis de las situaciones para posteriormente proponer una solución, defender su idea y refutar la de sus compañeros.

En suma, se produce un cambio en el modelo didáctico-comunicativo, que pasa de ser básicamente unidireccional (el saber se encuentra en los libros o en el docente) a ser multidireccional, más abierto y flexible con diferentes puntos de información, posibilitando la ruptura de la clase como único espacio para el aprendizaje. Por ejemplo: el trabajo colaborativo, que se lograría en el desarrollo de debates y estrategias de consolidación para definir las soluciones más viables. El trabajo colaborativo, de acuerdo con Revelo et al. (2018), en un contexto educativo, constituye un modelo de aprendizaje interactivo, que invita a los estudiantes a construir juntos, lo cual demanda conjugar esfuerzos, talentos y competencias, mediante una serie de transacciones que les permitan lograr las metas establecidas consensuadamente. Por su parte, Guibert y Giménez (2000), que es retomado por Podestá (2014), afirman que el trabajo colaborativo es un proceso en el que un individuo aprende más con la interacción de los integrantes de un equipo, quienes saben diferenciar y contrastar sus puntos de vista, de tal manera, llegando a generar un proceso de construcción de conocimiento.



## Objetivos y materiales

La estrategia pedagógica de resolución de problemas en perforación y voladura tiene como propósito fundamental facilitar el desarrollo de competencias en la evaluación de variables cualitativas y cuantitativas y en la toma de decisiones para resolver problemas ligados a la ingeniería de minas.

Como objetivos específicos está promover la comunicación y debate entre pares para llegar a acuerdos en la solución de un problema. Facilitar la capacidad de creación, razonamiento y manejo de herramientas tecnológicas que le permitan optimizar procesos y diseñar propuestas.

Para el desarrollo de la práctica se hizo uso de los siguientes materiales:

- » Computador
- » Excel
- » Software AutoCAD
- » Software Surpac
- » Simuladores de amarre y disparo de la voladura
- » Pizarra interactiva
- » Talleres
- » Foros de discusión

## Descripción de actividades y procedimientos de la práctica

La metodología de la resolución de problemas consiste en establecer escenarios ideales e hipotéticos con cambios en las condiciones iniciales para promover la participación de todos los estudiantes, partiendo desde la interpretación la información conocida, estableciendo una relación entre los datos y los conocimientos previos, realizando análisis de las soluciones posibles al problema que puede ser técnico, de cálculo, económico u operativo, y utilización de herramientas tecnológicas como excel, AutoCAD y Surpac que optimicen y caractericen a las mismas. El uso de Excel le permite establecer fórmulas de cálculo de cantidad de explosivos y accesorios, analizar incidencia de una variable sobre los costos de perforación voladura y determinar los rendimientos de los taladros y gestionar la optimización de recursos como explosivos haciendo uso de Solver. En cuanto al uso de AutoCAD, los estudiantes podrán representar de manera gráfica las alternativas de solución y con ello evaluar la distribución de los pozos de perforación. Adicionalmente, Surpac le provee herramientas para realizar simulaciones para cargue, amarre y secuencia de disparo de la voladura, permitiendo definir cómo sería la ignición de la voladura y también puede generar reportes o informes de la voladura.

Para el desarrollo de esta estrategia es importante que tanto docentes como estudiantes conozcan sus roles durante el proceso. En primera instancia, el docente establecerá los escenarios, definirá el tamaño de los grupos de trabajo, socializará los objetivos de la actividad y los criterios de evaluación, para que los estudiantes tengan claridad sobre lo que deben realizar y qué se espera como resultado. Posteriormente,



Para el desarrollo de esta estrategia es importante que tanto docentes como estudiantes conozcan sus roles durante el proceso

el profesor deberá realizar el proceso evaluativo, el cual debe ser realizado con el uso de diferentes instrumentos de evaluación y en diferentes etapas, para determinar el nivel de enseñanza - aprendizaje logrado.

En cuanto al rol de los estudiantes, ellos deberán realizar el descubrimiento contextual del problema, identificar la información que conoce y la que necesita, correlacionar los datos con la información conocida y la consultada, modelar las posibles soluciones en AutoCAD, administrar las variables ligadas al problema en y evaluar las alternativas en Excel, diseñar y optimizar la solución en Surpac, generar un informe que muestre la validez y argumentación de la solución seleccionada, y por último realizar el proceso de evaluación y autoevaluación.

### LA IMAGEN 1 MUESTRA LAS ETAPAS DE LA ESTRATEGIA PEDAGÓGICA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

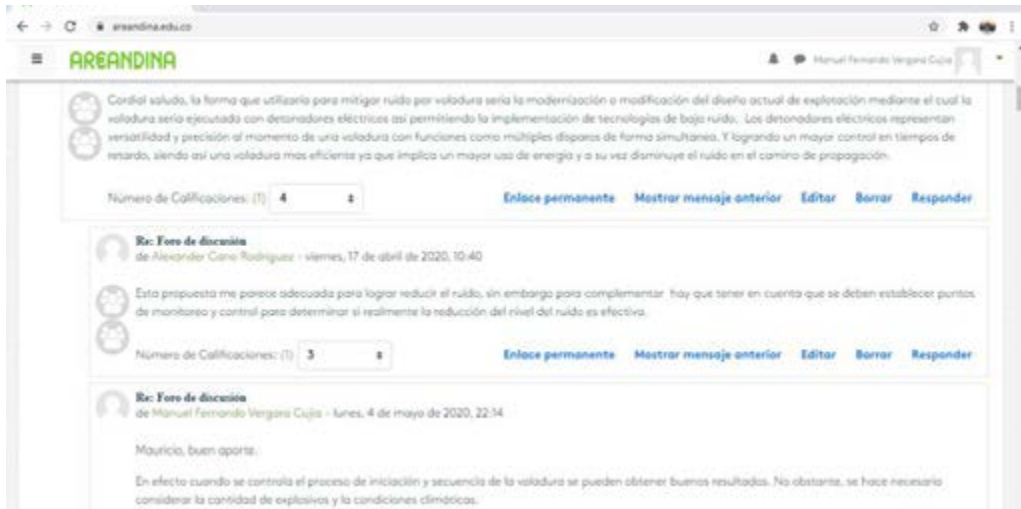


Fuente: Elaboración propia.

Aunque al final de la metodología aparezca la evaluación, cabe resaltar que el acompañamiento o tutoría en el desarrollo de esta práctica pedagógica puede realizarse en diferentes fases, lo que le permitirá cobrar confianza al estudiante ante las opciones que él mismo formule.

En el marco de los resultados obtenidos, se muestra como evidencia una fracción de las actividades como foro de discusión (Imagen 1), solución a ejercicio en Excel (imagen 2), simulación del ejercicio en Surpac (imagen 3 - 5), reporte de voladura en Excel (imagen 6).

## IMAGEN 2. VISUALIZACIÓN DE APORTES AL FORO DE DISCUSIÓN



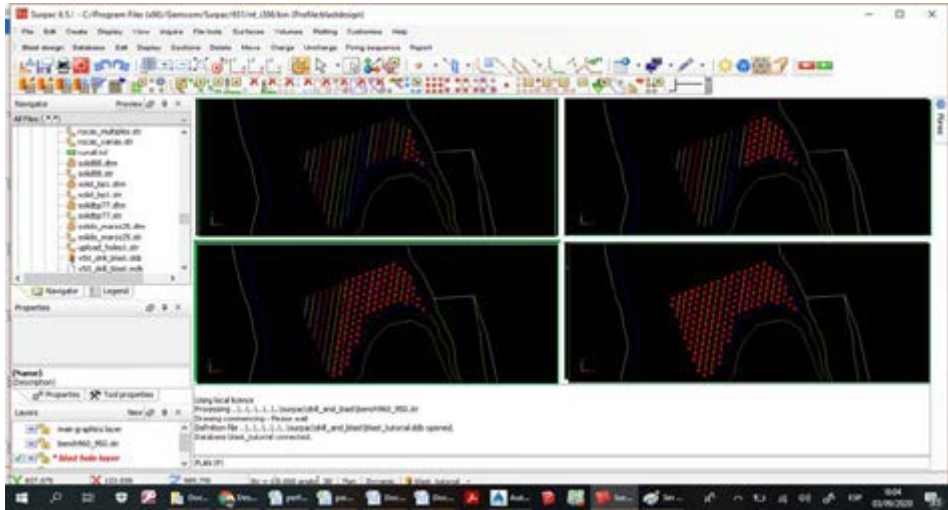
Fuente: Captura aula virtual areandina.edu.co

## IMAGEN 3. OPCIONES DE DISMINUCIÓN DE COSTOS EN EXCEL

	S4013017	S4013117	S4013217	S4013317	S4013417	S4013517	S4013617	S4013717	S4013817	S4013917	S4014017	S4014117	S4054217
32 Hole ID	S4013017	S4013117	S4013217	S4013317	S4013417	S4013517	S4013617	S4013717	S4013817	S4013917	S4014017	S4014117	S4054217
34 stemming Length (Meter)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
35 ANFO L1 (Kilogram)	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2	183.2
36 Anzomez H (Pkg)(Number of booster cartridges)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37 Total depth(Meter)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
38 Sub-grade drill length(Meter)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
39 Hole diameter(Meter)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
39 Ground water level(Meter)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
21 No. of detonators	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22 Stemming volume(Cubic meter)	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302	0.302
25 Particulars	Value												
26 Calculation method	Without Using block model												
27 Blasted volume(Cubic meter)	84405.79												
28 Blasted mass(Kilogram)	194128217												
29 Powder factor (mass of explosive per unit volume)	0.35												
30 Total drilling cost	36208												
31 Total explosive cost	22443.54												
32 Total detonator cost	483												
33 Total drilling & blasting cost	59636.54												

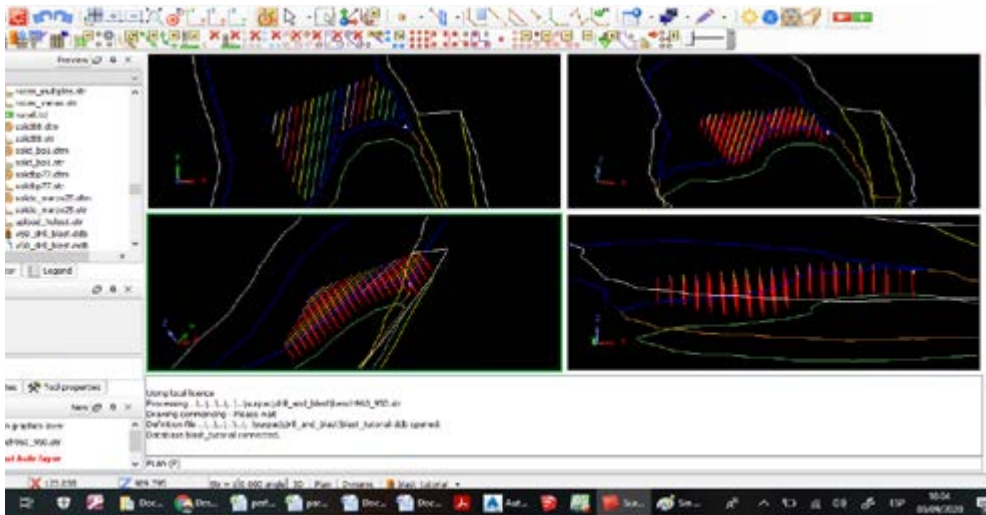
Fuente: Elaboración propia.

**IMAGEN 4. DISEÑO DE MALLA DE VOLADURA Y AMARRE DE LOS POZOS.**



Fuente: Elaboración propia.

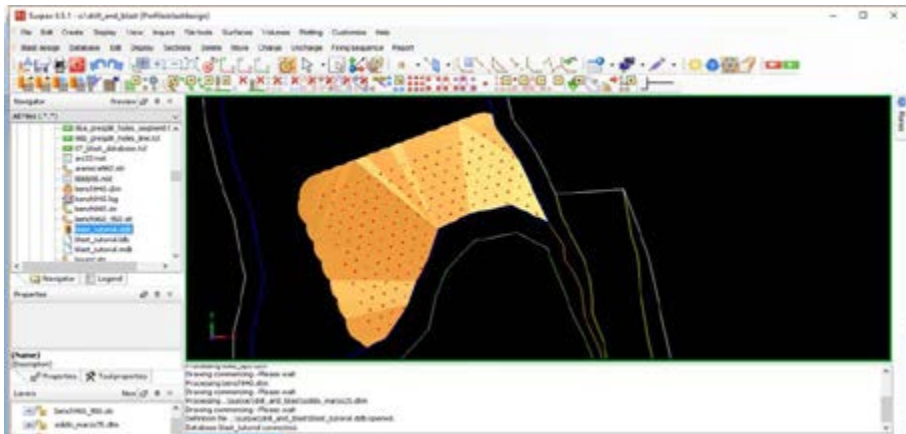
**IMAGEN 5. SIMULACIÓN DE SECUENCIA DE DISPARO DE LA VOLADURA**



Fuente: Elaboración propia.



IMAGEN 6. SIMULACIÓN DE SÓLIDO A FRAGMENTAR



Fuente: Elaboración propia.

IMAGEN 7. REPORTE DE VOLADURA

OPCIÓN	AL FONDO DE MADRE (cm)	ANCHO DE PERFORACIÓN (cm)	SEÑAL DE LA RED DE SIGNIFICADO	TAMBIÉN EN LA RED DE SIGNIFICADO	TIPO DE CARGA (kg)	SEÑAL DEL PERFORADOR	Resistencia (kg)	Expansión (cm)	Modo
1	100	80.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.54	2.50	1.00
2	100	100.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
3	100	120.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
4	100	140.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
5	100	160.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
6	100	180.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
7	100	200.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
8	100	220.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
9	100	240.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
10	100	260.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
11	100	280.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
12	100	300.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
13	100	320.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
14	100	340.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
15	100	360.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
16	100	380.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
17	100	400.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
18	100	420.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
19	100	440.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
20	100	460.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
21	100	480.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
22	100	500.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
23	100	520.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
24	100	540.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
25	100	560.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
26	100	580.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
27	100	600.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
28	100	620.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
29	100	640.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
30	100	660.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
31	100	680.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
32	100	700.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
33	100	720.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
34	100	740.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
35	100	760.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
36	100	780.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
37	100	800.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
38	100	820.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
39	100	840.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
40	100	860.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
41	100	880.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
42	100	900.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
43	100	920.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
44	100	940.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
45	100	960.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
46	100	980.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
47	100	1000.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
48	100	1020.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
49	100	1040.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
50	100	1060.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
51	100	1080.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
52	100	1100.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
53	100	1120.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
54	100	1140.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
55	100	1160.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
56	100	1180.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
57	100	1200.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
58	100	1220.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
59	100	1240.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
60	100	1260.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
61	100	1280.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
62	100	1300.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
63	100	1320.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
64	100	1340.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
65	100	1360.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
66	100	1380.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
67	100	1400.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
68	100	1420.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
69	100	1440.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
70	100	1460.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
71	100	1480.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
72	100	1500.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
73	100	1520.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
74	100	1540.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
75	100	1560.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
76	100	1580.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
77	100	1600.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
78	100	1620.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
79	100	1640.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
80	100	1660.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
81	100	1680.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
82	100	1700.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
83	100	1720.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
84	100	1740.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
85	100	1760.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
86	100	1780.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
87	100	1800.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
88	100	1820.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
89	100	1840.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
90	100	1860.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
91	100	1880.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
92	100	1900.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
93	100	1920.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
94	100	1940.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
95	100	1960.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
96	100	1980.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
97	100	2000.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
98	100	2020.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
99	100	2040.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00
100	100	2060.0	2.5	10.0	2000	1.1	2.50	2.50	1.00

Fuente: Elaboración propia.



## Evaluación utilizada

Como herramientas evaluativas para conocer el aprendizaje del estudiante ante la implementación de esta estrategia metodológica, se utilizaron las siguientes:

- » Debate: con el cual se busca que los estudiantes una vez hayan reconocido la información suministrada y con un cambio de variables en el ejercicio, puedan aportar ideas sobre el qué hacer ante cada situación. Por ejemplo: en el caso de perforación y voladura, se plantea inicialmente el diseño de una voladura en condiciones ideales con roca seca y poco fracturada; posteriormente, se establece un caso hipotético sobre presencia de agua y otro sobre una roca muy dura y compacta. Ellos deberán relacionar los datos y proponer alternativas de diseño.
- » Cuestionario: mediante una serie de preguntas escritas de selección múltiple con única respuesta, se establecen parámetros para evaluar la capacidad de interpretación, argumentación y proposición de los estudiantes ante diferentes situaciones que se pueden presentar en un proyecto minero.
- » Ejercicio propuesto en Excel: como promoción del sello transformador en manejo de herramientas ofimáticas se les solicita a los educandos que agilicen los procesos de cálculo de la cantidad de material a utilizar para la voladura, así como proponer en alternativas de optimización para disminuir los costos.
- » Ejercicio propuesto en software especializado: en aras de profundizar con el manejo de herramientas de tecnología e información se les solicita a los estudiantes que realicen el diseño de la voladura usando el software Surpac, ilustrando alternativas de solución a cada eventualidad en el área de trabajo, proponiendo en ellas una optimización de recursos.





## Conclusión

Los resultados que se pueden obtener con el desarrollo de la práctica de resolución de problemas desde la asignatura de perforación y voladura en el programa de ingeniería de minas son muy importantes, por lo que en los estudiantes se promueven las competencias no solo desde la perspectiva del razonamiento cuantitativo sino también desde el pensamiento crítico y el manejo de herramientas tecnológicas, como el emplear software especializado para minería.

El realizar cambios en los escenarios de un ejercicio propuesto hace que el proceso de resolver problemas no se convierta en una práctica repetitiva como aplicación de modelos matemáticos ya estructurados, sino que por el contrario incentiva a los estudiantes para que busquen y relacionen los conceptos, las incógnitas, las ecuaciones con los modelos que ellos establecen como solución para comprender los eventos posibles con la decisión tomada. Para esto se dé, es necesario generar espacios de discusión que le permitan confrontar y concertar ideas, como es el caso de los foros de discusión.

La fortaleza de la didáctica basada en la resolución de problemas se apoya en el propiciar herramientas, elementos y datos que motiven al estudiante a crear su propia estrategia para dar respuesta a diferentes interrogantes como cuál es el contexto del problema, qué información requiere aún, cómo puede correlacionar los datos, cómo representar su idea de manera práctica y qué argumentos emplear para validar su idea. Si bien, las herramientas pueden ser las mismas para todos los estudiantes, la forma en cómo y para qué la emplea revela su creatividad.



## Referencias

- Gómez del Campo del Paso, María Inés, y Salazar Garza, Martha Leticia, y Rodríguez Morril, Evelyn Irma (2014). Los talleres vivenciales con enfoque centrado en la persona, un espacio para el aprendizaje de competencias sociales. *Revista intercontinental de psicología y educación*, 16(1), pp. 175-190. [fecha de Consulta 9 de Septiembre de 2020]. ISSN: 0187-7690. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=802/80230114010>
- Hembree, R. (1992). Experiments and relational studies in problem solving: a meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(3), pp. 242-273. Recuperado de: <https://psycnet.apa.org/record/1992-37054-00>.
- Jitendra, A.K. y Ping, Y. (1997). Mathematical wordproblem-solving instruction for students with mild disabilities and students at risk of math failure: a research synthesis. *The Journal of Special Education*, 30(4), pp. 412-438. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002246699703000404>.
- Ministerio de Educación Nacional. (2015b). Documento Maestro - Guía para enseñanza de docentes de primaria. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- Pérez - López, Esteban (2014). Implementación de la estrategia didáctica del aprendizaje colaborativo, en el curso de laboratorio de técnicas instrumentales de análisis de la carrera de laboratorista químico. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, XV (32),85-96. [fecha de Consulta 19 de Agosto de 2020]. ISSN: 2215-2458. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=666/66633023006>
- Pérez, Yenny, y Ramírez, Raquel. (2011). Estrategias de enseñanza de la resolución de problemas matemáticos: Fundamentos teóricos y metodológicos. *Revista de Investigación*, 35(73), pp. 169-194. Recuperado en 05 de agosto de 2020, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142011000200009&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142011000200009&lng=es&tlng=es).
- Poggioli, L. (1999). Estrategias de resolución de problemas. Serie enseñando a aprender. Caracas. Fundación Polar.
- Podestá, P. (2014). El trabajo colaborativo entre docentes: experiencias en la especialización docente superior en educación y TIC. Congreso iberoamericano de ciencia, tecnología, innovación y educación. Recuperado de: <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/374.pdf>.

Revelo-Sánchez, C. A. Collazos-Ordoñez, y J. A. Jiménez-Toledo, (2018) El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *Tecnológicas*, vol. 21, no. 41, pp. 115-134.

Sevillano. M (2005) *Estrategias Innovadoras Para una enseñanza de Calidad* Pearson educación, S. A., Madrid.

