

**INNOVACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN, HERRAMIENTAS DE ÉXITO  
PARA LA MINERÍA MODERNA EN AGNICO EAGLE <sup>(28)</sup>**

<b>Expositor</b>	<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Sala</b>
Marco Perea	Viernes 26	10:00 – 10:30	Sala B

**Marco Perea**

Agnico Eagle Mexico, [Calle Via Trentino #5710, Interior 504 Colonia Saucito](#), Chihuahua, Chihuahua, México, 31110 (marco.perea@agnicoeagle.com)

Agnico Eagle es una empresa canadiense de extracción de oro que produce metales preciosos hace más de 60 años. Nuestras minas se encuentran en Canadá, Finlandia y México, con actividades de exploración y desarrollo en cada una de estas regiones, así como en Estados Unidos y Suecia.

Kittila es la mina de oro más grande de Europa. Tiene el único circuito de oxidación a presión de Agnico Eagle (autoclave), que es necesario debido a la naturaleza refractaria del mineral.

LaRonde es la mina más profunda de América con 3.1 km de profundidad. Tiene el tiro más profundo del Hemisferio Occidental con 2.2 km.

Lapa es la mina de AE con mayor ley (promedio 10.17 g/t), ley de oro que casi duplica a la ley promedio de la compañía. Actualmente está en etapa de cierre y reclamación.

Goldex tiene el primer y único sistema Rail-Veyor en América.

Canadian Malartic es la mina de mayor producción en Canadá. Es uno de los productores de oro más grandes del mundo. Procesan 60,000 tpd y producen 200,00 tpd del tajo (mineral y tepetate)

Meadowbank tiene una temperatura promedio de -28°C en invierno y 1°C en verano. La primer mina en el Ártico con condiciones climáticas extremas con un espesor de hielo de más de 1 m.

Pinos Altos tiene la primera planta de relleno de pasta (Backfill) en México.

Creston Mascota tiene uno de los patios con más pendiente en el mundo (Pendiente de 21° general, 36° lift face y banqueta de 10 m).

La India es la única mina sin pozos de agua; el agua es captada en los patios de lixiviación.

México es un país minero por excelencia en el que abundan los metales preciosos y minerales como el oro, fluorita, bismuto, plomo y zinc, pero ninguno tan importante como la plata. México es el mayor productor de plata del mundo.

La industria minera de México y la industria mundial en su conjunto se enfrentan a varias dificultades complejas. Los yacimientos son cada vez de leyes más bajas, de contenidos más complejos y se encuentran a mayor profundidad, lo que hace que la explotación minera resulte más difícil desde el punto de vista técnico y más costosa.

La industria también se enfrenta a la inflación salarial, la escasez de agua, una normativa medioambiental cada vez más estricta y los crecientes costos de energía asociados a la necesidad de transportar rocas que contienen el mineral a distancias más largas y tratar y refinar unos yacimientos de contenidos más complejos y de leyes más bajas.

En 2017 AEM produjo 340 k onzas de oro y 3.1 M de onzas de plata. Somos responsables del 20% de la producción total de Agnico Eagle. Trabaja con más de 1,700 empleados, de los cuales el 85% son locales. Desarrolla actividades de minería subterránea, tajo abierto, trituración y molienda, lixiviación, fundición, refinación, presa de jales y flotación. Nuestros vehículos y maquinaria son capaces de mejorar la eficiencia operacional de las minas, al reducir los costos a largo plazo y tener más horas de funcionamiento y, al mismo tiempo, tienen una menor tasa de accidentabilidad, entregando así mayor seguridad y protección.

En nuestro esfuerzo por lograr una mayor sostenibilidad y una minería de alto rendimiento hemos invertido intensamente para expandir la capacidad de producción, la vida de nuestras operaciones y encontrar nuevos yacimientos. La innovación desempeña un papel fundamental en la consecución de estos objetivos. La innovación tecnológica nos ha permitido aumentar la productividad y reducir el riesgo de lesiones, y actualmente es la clave de la rentabilidad futura.

Como parte de nuestra filosofía hemos implementado mejoras en los procesos a través de softwares y avanzada tecnología en procesamiento de datos, hasta la implementación de la robótica en camiones autónomos, drones y maquinaria minera, la automatización es una oportunidad atractiva para la industria y nosotros la hemos ido incorporando a través de los años.

Esas tecnologías nos están ayudando a mejorar la productividad y la eficacia operativa y a conseguir importantes ahorros sin dejar de lado lo que consideramos más importante, la seguridad de nuestros empleados. Se enlistan a continuación las técnicas que son utilizadas en cada área del Complejo Minero Pinos Altos.

### **Geotecnia**

**Radars SSR-XT.** Equipo que ha sido desarrollado para la medición de la deformación y convergencia geotécnica, con el fin de obtener información para tomar decisiones

confiables e informadas para gestionar mejor los riesgos, aumentar la productividad y garantizar la seguridad de las operaciones.

**Escáner I-Site.** Equipo portable, el cual ha sido utilizado en gran parte del complejo Pinos Altos-Crestón Mascota, con el objetivo de obtener información necesaria para ser evaluada de forma específica, con el fin de instalar los mejores controles de posibles riesgos y conocer la situación actual de cada talud o zona que sea crítica.

### **Hidrogeología**

**Diseño de Tepetateras:** Instalación estratégica de piezómetros, extensómetros y estresómetros Pendientes suavizadas y banquetas favoreciendo la salida rápida del agua de lluvia, minimizando así infiltración y saturación de la tepetatera. Modelaciones hidrológicas que soportan el diseño hidráulico y prevén el funcionamiento a largo plazo.

**Desagüe de mina subterránea/tajo.** Se trabaja desde la etapa de exploración para poder aportar información clave a los estudios de factibilidad. Se crea una base de datos LOM para poder prevenir situaciones que pongan en riesgo la operación.

**Monitoreo mediante instrumentación.** A raíz de la matriz de riesgo requerida para cada estudio de factibilidad se detectan los posibles riesgos y se toman las medidas necesarias de instrumentación.

**Automatización.** Proyecto en proceso. Proyecto en etapa de factibilidad para poder conectar PA-MA-BRQ-SG y poder reducir costos y prevenir situaciones no favorables a la empresa.

### **IT – Tecnologías de la Información**

Pinos Altos cuenta con sus propias células de telefonía móvil y 3G, dentro de nuestras instalaciones mediante la cual se proveen los servicios de telefonía e internet, para empleados y habitantes de las diferentes comunidades. Dentro de la mina contamos con una Red de voz y datos, por medio de fibra óptica la cual es interconectada en cada bahía eléctrica, por la cual podemos proveer los siguientes servicios:

**Planta de pasta.** Se lleva comunicación para cámaras y telefonía, lo cual ayuda al monitoreo del proceso, a que sea más seguro evitando que se tapen las tuberías por las cual se rellena con pasta

**Sistemas de Radio Digital.** Comunicación de radio dentro de mina subterránea con enlace a la superficie, lo cual optimiza los procesos ya que no es necesario salir de la mina, para comunicarse al exterior con otros departamentos, así mismo se utiliza para agilizar la circulación en la rampa principal evitando accidentes

**Red Wifi para Camiones Sandvyk.** Por medio de esta red, podemos monitorear el estatus de los vehículos dentro de la mina subterránea, lo cual nos alerta si es necesario realizar un mantenimiento preventivo, antes de sufrir un daño mayor

**Control remoto para manejo de Solo.** Por medio de fibra óptica y con red de wifi, se puede manejar remotamente este equipo, desde una estación conectada a la red, esto para evitar que en un derrumbe haya personal en sitio.

### **Mantenimiento**

**Torno móvil y Robot Soldador.** Este equipo genera un ahorro considerable debido a su gran utilización en la reparación de los equipos de mina, especialmente en las articulaciones. Ayuda a realizar los trabajos del torno móvil de una manera más rápida y eficiente (ahorrá un 20% del tiempo de trabajo).

**Manipulador de Bote.** Da la flexibilidad de estar trabajando en la reparación de tu cucharón de repuesto, más que nada en los de los cargadores 992, que son los cargadores que nos dan la producción de la mina. La mayor de las tareas de optimización en el taller, es el reducir los costos y los tiempos de reparación, por lo que este equipo vino a reducir el tiempo de reparación de un 20 al 25%, pero redujo los riesgos de accidente en un 100%, debido a que el soldador manipula el cucharón a sus necesidades de trabajo sin el apoyo de algún equipo de izaje. Este equipo ya era utilizado en el taller de Goldex, y de alguna manera nos hicieron llegar el diseño para su construcción, sin embargo la gran limitante era la automatización de este equipo debido al alto costo que esto representaba, 1.5 MDP por el sistema motriz y el freno magnético, por lo que nos dimos a la tarea de trabajar con el diseño y llegar al resultado de poderlo hacer funcionar correctamente con una décima parte de dicho costo. La gran parte de esto, es que con esa mejora, cualquier unidad puede construir uno y hacerlo funcionar con materiales de re-uso.

**My Vision Link de Caterpillar.** Software que nos monitorean los equipos de la misma marca, enviando los datos a una plataforma en internet a cada 4 horas. La información que sube a la red son los horómetros, alertas de alguna falla o abuso en el equipo, ubicación en el mapa de google, consumos de combustible, etc. Una de las ventajas muy importantes de este programa, es que los mismos de Caterpillar pueden revisarlo y si hay alguna falla y nuestros técnicos no pueden repararla, ellos también pueden intervenir en buscar la solución, aparte al conocer el código de la falla, el programa nos envía directamente al manual de servicio del equipo y nos muestra el procedimiento de reparación.

### **Mecánica de Rocas de mina Subterránea**

**Sistema SMART (Stretch Measurement to Assess Reinforcement Tension) cable.** Incorpora un instrumento interno en el cable y con el que se han superado ciertas limitaciones que se habían obtenido con los intentos anteriores de cables instrumentados. El SMART cable permite una evaluación más precisa de las deformaciones y las cargas a las que es sometido durante el proceso de excavación.

## **Medio Ambiente**

**Microorganismos mejoradores de suelo.** Conjunto de bacterias y hongos cuya función es mejorar las condiciones biológicas del suelo por medio de un paquete orgánico de *fertilizantes, fungicidas, pesticidas, fijadores de nitrógeno y solubizantes de fosforo*, con el objetivo que las plantas a las que se le apliquen se puedan desarrollar de una manera óptima, además de elevar el índice de sobrevivencia en las actividades de reforestación realizadas..

Es una alternativa biológica económica, rentable e inocua al medio ambiente, lo que sustituye la aplicación de sustancias químicas al ambiente, evitando la contaminación directa del suelo y de los mantos acuíferos así como también evitando la mortandad de Fauna benéfica para la reproducción y desarrollo de las plantas.

Su explotación comercial tiene apenas pocos años siendo utilizados principalmente en la agricultura, Se desconoce el uso, aplicación y reproducción dentro del rubro minero en México, a excepción de las minas de Agnico Eagle ubicadas en el estado de chihuahua.

En el año 2017 se aplicaron los microorganismos a un área cercana a 10,000 m<sup>2</sup> en donde se obtuvieron resultados de sobrevivencia de flora trasplantada superior al 95%, cabe mencionar que en esta zona No se le aplicó una capa de suelo vegetal las pruebas se realizaron sobre el tepetate depositado en el área.

Para este año (2018) se aplicaron los microorganismos en una zona cercana a las 9.0 hectáreas, mismas que actualmente se encuentran en monitoreo.

## **Mina Tajo**

**Software Shot Plus.** Ayuda a realizar el diseño de voladuras de una manera eficiente utilizando algunos parámetros específicos acorde a las áreas o zonas a minar; con este software se visualizan el cargado de barreno, los tiempos de detonación, ángulos de iniciación, primer movimiento de barrenos, tiempo de desalojo y visualización de detonación de la plantilla;

Una vez realizado el diseño de la voladura con el software se precede a realizar la programación de los i-kon, en la cual se indica el tiempo de detonación de cada barreno. El logger se conecta al SURFACE REMOTE el cual se enlaza a BLASTER 2400 y se procede a realizar la detonación.

Utilizando este método se pueden minimizar al máximo los posibles errores que pudiera hacer que una voladura falle, por lo tanto es un método seguro para el personal que lo está llevando a cabo.

## **Mina Subterránea**

**Equipos Sandvik DL411 (Solo).** Equipo con opción de operación a distancia mediante una computadora con conexión de red. Operación de barrenación automática (programable)

**Cargador bajo perfil (scoop).** Equipo con opción de operación a distancia mediante una computadora con conexión de red.

**Sistema NEWTRAX (Detección de ubicación de vehículos, personal, sistema anti colisión y monitoreo de gases).**

**Newtrax.** *Sistema de anticolisión para vehículos, localización de personal y telemetría*

Mejorar la seguridad de los trabajadores, optimizando considerablemente el tiempo de evacuación, reduciendo la recepción de la alerta de 20 a 5 minutos

Tablero electrónico, Se trata de quien se encuentra en la mina y quien está a fuera, también de quien está en cual nivel en tiempo real. Un informe de quien que está en estaciones de refugio durante las evacuaciones

Reduce el número de choques y cuasi accidentes entre las personas y los equipos

Supervisión de la calidad del aire en tiempo real. Monitorización remota de sensores de monitoreo de la calidad del aire en tiempo real se utilizara para: o Acelerar el regreso después la voladura y para aumentar la disponibilidad y la utilización de los frentes. o Verificar los niveles actuales de calidad del aire en la superficie antes del cambio de turno

Detección temprana de zonas inseguras: Bajos flujos de aire llevan a los equipamientos de diésel a contaminar un área especialmente después de periodos prolongados de funcionamiento de varias máquinas en la misma zona. Detección precoz de la calidad de aire llegan a los niveles críticos, activaran el detector de gases personal y proveer apoyo a las decisiones de cuando los mineros necesitan salir de las áreas de trabajo debido a niveles de gas superiores a los valores de umbral.

Aplicación MineHop: Es la red inalámbrica en interior mina para el envío de alarmas de lámparas, localización de Personas, localización de vehículos y evacuación.

Sensores Persistentes: Monitoreo de gases en las áreas interior mina, ya sea causado por las voladuras o por la combustión de los equipos móviles en interior mina.

MineEvac: Sistema de seguridad mediante el cual se realiza la evacuación interior mina.

MineProx: Sistema de alertas de Proximidad para prevenir colisiones de Equipo-Equipo y Hombre- Equipo.

MineTrax: Sistema de localización de mineros y vehículos en interior mina. Telemetría Avanzada. Monitoreo remoto en tiempo real de los signos vitales del equipo en operación.

### **Servicios Técnicos**

**Deswik.SO Stope Optimazer.** Una herramienta estratégica de planificación de minas, Deswik.SO automatiza el diseño de detención para una variedad de métodos utilizados en minas subterráneas. Capaz de analizar rápidamente los métodos y parámetros de parada para un modelo de bloque geológico definido, maximizará el valor de su cuerpo de mineral y desarrollará un plan estratégico evaluado en función de una variedad de enfoques y limitaciones.

Construido alrededor del optimizador de formas minables de AMS, la herramienta le permite definir numerosas propiedades para los rebajes, incluidos; forma y orientación general, ley de corte, costo e ingreso, tamaños de pilares, dilución, límites de extracción y relaciones de desechos. Las herramientas de gestión de escenarios permiten considerar múltiples opciones de minería y compararlas rápidamente, generando informes de resultados que le permiten optimizar para su mejor caso.

Totalmente integrados en Deswik.CAD, los wireframes de salida y las cadenas de sección se pueden incorporar directamente en el proceso de planificación de la mina Deswik.

**Ventism.** Software utilizado en el área de ventilación diseñado para la modelación y simulación del sistema de ventilación en una mina.

En el software se cargan los planos de la mina obtenidos desde AutoCAD (formato .dxf) y después se procede a la construcción de los niveles de la mina, se indica donde se tienen ventiladores principales, contrapozos, controles de ventilación, ventiladores auxiliares, etc. Esto con objetivo de simular las condiciones exactas en las cuales se encuentra la mina.

Además de permitirte simular la situación actual de la mina, Ventsim es utilizado para la proyección de modelos de ventilación a futuro, un ejemplo actual es Sinter, según los distintos modelos que se han tenido respecto a la planeación de la mina, hemos capturado los diseños en Ventsim con el fin de obtener el mejor modelo de ventilación.

El software cuenta con tres módulos opcionales, Ventlog, Liveview y Ventfire. El primero te permite manejar datos de ventilación, exportar a planos y capas dentro de Ventsim. Liveview te permite obtener una simulación en tiempo real conectando aparatos compatibles con el software. Por ultimo Ventfire te permite simular de manera dinámica los incendios con el fin de predecir el calor, los gases y la dirección del flujo de aire ocasionado por el incendio.

**Promine.** Este software combina una interfaz altamente comprensible de AutoCAD integrada con potentes módulos centrados en la industria de la minería,

específicamente en las áreas de: trabajo multidisciplinario, modelado, ingeniería y geología, abarcando todos los aspectos del ciclo de minería desde la exploración hasta la operación de producción. Esta herramienta permite crear rápidamente dibujos altamente precisos concernientes a: estimación de recursos, definición y modelado de obras, pozos y contrapozos, modelado y planificación de cámaras y pilares, construcción de rampas y excavaciones, diseño de secuencias de escalones y cámaras, planificación de perforación y voladura, captura y procesamiento de datos topográficos, manejo de materiales, programación de obras, diseño de relleno, optimización de diseño de obras, reportes.

A través de Promine se pueden ejecutar numerosos métodos de minería tales como: rebaje o cámaras abiertas, cámaras y pilares, corte y relleno, hundimientos por bloques, barrenos profundos, método de explotación por cámaras almacén, y método de contracielo Alimak.

**Optech Cavity Monitoring System (CMS).** Optech CMS, líder en la industria, es una solución de escaneo ideal para cavidades peligrosas e inaccesibles en operaciones de minería estándar: el cabezal CMS se extiende dentro de la cavidad mientras el operador permanece en pie, mejorando la seguridad. El sistema es fácil de transportar y configurar, y es totalmente programable, lo que permite al operador definir parámetros de escaneo. CMS entrega datos en formatos de datos adoptados universalmente, adecuados para cualquier flujo de trabajo de software, mejorando la eficiencia y las operaciones de la mina al proporcionar información sobre la estructura real de la mina.

El último modelo V500 ofrece características nuevas y mejoradas que hacen que CMS sea aún más valioso para los operadores mineros, incluida una cámara integrada, capacidad de retrosección / resección, un perfil más delgado, operación inalámbrica, un campo de visión extendido y un carro opcional.

### **Procesos PA**

**Cyanoprobe es un medidor en línea de WAD, Free Cyanide and pH (Detox System).** Medición en tiempo real de Wad Cyanide, Free Cyanide y pH. Minimiza riesgo al Ser Humano y Medio Ambiente. Optimiza el Control de la Destrucción de Cianuro en el circuito de DETOX. Consecuentemente permitirá la reducción de consumo de reactivos ( SMBS y  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ ) Permite mantenerse dentro de los estándares del Código Internación de Cianuro. Proporciona una medición rápida y precisa de la concentración de cianuro. Los resultados son altamente reproducibles, eliminando el error humano realizado con titulaciones manuales. Costos de Funcionamiento mínimos. Se requiere un nivel muy bajo de mantenimiento. Instrumento seguro, bajo riesgo, medición a temperatura ambiente y presión.

**CCS es un medidor en línea free Cyanide (LEaching System).** Medición en tiempo real de Free Cyanide. Minimiza riesgo al Ser Humano y Medio Ambiente. Optimiza y estabiliza la concentración en la Lixiviación Dinámica. Consecuentemente optimiza el consumo de NaCN, reduciendo gasto innecesario. Proporciona una medición rápida y precisa de la concentración de cianuro. Los



resultados son altamente reproducibles, eliminando el error humano realizado con titulaciones manuales. Costos de Funcionamiento mínimos. Se requiere un nivel muy bajo de mantenimiento. Instrumento seguro, bajo riesgo, medición a temperatura ambiente y presión.

### **Sistema experto en circuito de molienda**

Estabilidad en los Límites Operativos (Máxima Capacidad de Procesamiento). Estabilización de los KPIs operativos, con tendencia a la mejora en corto plazo. Mantener, optimizar de manera consistente la calidad del Producto, malla de liberación (p80), lo cual representaría una mejora en la recuperación de los valores metálicos. Disminuir el consumo de Liners en ambos Molinos Disminuir el consumo de energía eléctrica hasta en un 2%. Disminuye el error humano en la manipulación de los parámetros.

<http://congresominerosonora.com/es/inicio/>