



UNIVERSIDAD  
DE ATACAMA

# PREVENCIÓN DE INCHANCABLES EN EQUIPOS DE CARGUÍO EN RAJO ABIERTO MEDIANTE SISTEMAS DE DETECCIÓN EN TIEMPO REAL: CASO MINERA DESIERTO ROJO



¡Escaneame! UDA



Ana Aravena  
Jonathan Mattos  
José Narbona

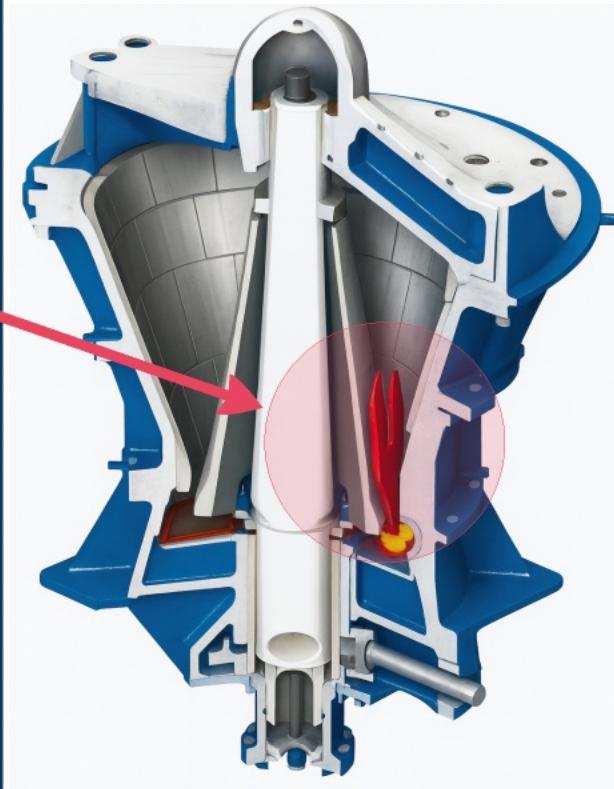
Profesor Guía: Mg. Erick Vargas Luengo



Este proyecto aborda la problemática del desprendimiento de las herramientas de ataque en equipos de carguío de gran envergadura que tienen el potencial de transformarse en inchancables en la minería a cielo abierto, enfatizando la importancia de implementar un sistema de detección en tiempo real que optimice la seguridad y continuidad operacional.



**MINERA  
DESIERTO ROJO**





## Ubicación Estratégica

Minera Desierto Rojo se posiciona estratégicamente en las cercanías de Copiapó, Chile, un área de gran actividad minera.





# Tipo De Faena: Cielo Abierto

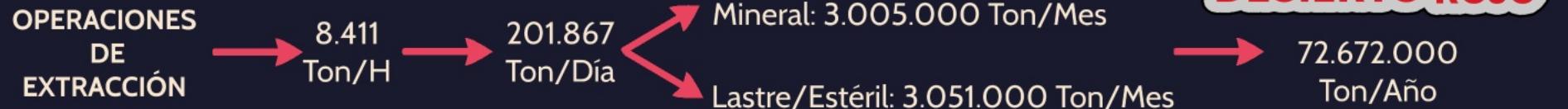
La faena se desarrolla en un sistema de rajo abierto, conocido por su eficiencia en la extracción de sulfuros de cobre, permitiendo acceder a grandes volúmenes de mineral.





Precio Cu/Kilo: \$11.21 = 10.420 pesos Ch

# Tonelaje De Producción



CHANCADOR GIRATORIO TRAYLOR NT → 6.250 Ton/H (Capacidad Diseño)

↓  
Procesa Realmente 4.200-5.700/H

Stripping: "1.02 : 1"

O sea:

Por cada 1 tonelada de mineral útil extraída, se remueve 1.02 toneladas de material estéril.

Salida Descarga Material Roco (OSS - SETING) entre 7" y 12"

Rango Pérdidas Por Inchancables  
2H=8.400-11.400/Ton (GetTrakka)  
48H=201.600-273.600/Ton (Extracción Manual)  
14Días=1.411.200-1.915.200/Ton (Reparación Equipo/Componentes)

Este evento se repite anualmente en un rango: 7/Año

2H=58.800-79.800/Ton (GetTrakka)

48H=1.411.200-1.915.200/Ton (Extracción Manual)

14Días=4.233.600-5.745.600/Ton (Reparación Equipo/Componentes) (Consideramos 3 eventos)



Entre los equipos principales utilizados en las operaciones son cruciales para la continuidad del proceso productivo.

✓ CAEX KOMATSU 930E-4  MINERA DESIERTO ROJO



| PARAMETRO                               | VALOR | UNIDAD |
|---|-------|--------|
| Capacidad de carga nominal (transporte) | 327   | ton    |
| Carga por baladada                      | 625   | ton    |
| Peso                                    | 2.700 | Hp     |
| Potencia del motor                      | 7.4   | m      |
| Altura total                            | 15,6  | m      |
| Largo total                             | 9,1   | m      |
| Ancho total                             | 64    | km/h   |
| Velocidad máxima                        | 3.785 | L      |

✓ Pala Hidráulica "KOMATSU PC8000"  MINERA DESIERTO ROJO



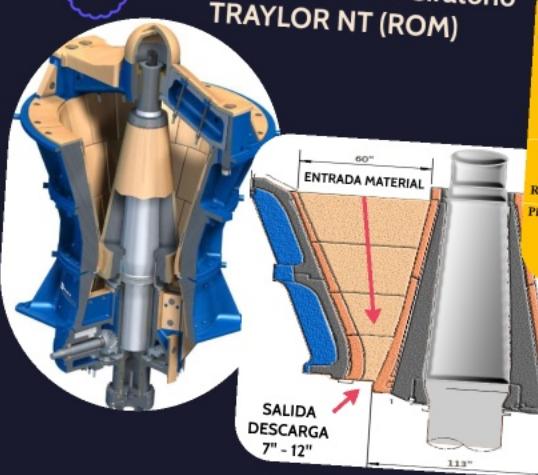
| PARAMETRO                    | VALOR       | UNIDAD |
|------------------------------|-------------|--------|
| Capacidad del balde          | 42          | m³     |
| Carga por baladada           | 75          | ton    |
| Factor de llenado            | 90          | %      |
| Tiempo de carguío por camión | 00:03:21    | min    |
| Producción horaria           | 3.800-4.200 | ton/h  |
| Uso de la disponibilidad     | 85          | %      |
| Horas turno                  | 12          | h      |
| Altura de Equipo             | 15,7        | m      |
| Peso del equipo              | 752         | ton    |
| Potencia                     | 3.880       | Hp     |
| Velocidad de desplazamiento  | 2,1         | km/h   |

✓ Pala Eléctrica "P&H 4100XPC"  MINERA DESIERTO ROJO



| PARAMETRO                    | VALOR    | UNIDAD |
|------------------------------|----------|--------|
| Capacidad del balde          | 55,8     | m³     |
| Carga por baladada           | 95,4     | ton    |
| Factor de llenado            | 95       | %      |
| Tiempo de carguío por camión | 00:01:46 | min    |
| Producción horaria           | 5.172    | ton/h  |
| Uso de la disponibilidad     | 84       | %      |
| Horas turno                  | 12       | h      |
| Altura de Equipo             | 18,06    | m      |
| Peso del equipo              | 1.453    | ton    |
| Potencia                     | 4.750    | Hp     |
| Velocidad de desplazamiento  | 1,6      | km/h   |

✓ Chancador Primario Giratorio TRAYLOR NT (ROM)  MINERA DESIERTO ROJO



| Chancador Primario                 | Parámetros                    | Unidades |
|------------------------------------|-------------------------------|----------|
| Alimentación                       | 60" - 1.5m                    |          |
| Diámetro                           | 113" - 3,4m                   |          |
| Capacidad producción               | 6.250T/h nominal              |          |
| Potencia                           | 1000HP = 735 Kw               |          |
| Granulometría alimentación         | Menor a 1.220mm (48") Nominal |          |
| Granulometría descarga             | 6" Mínima - 12" Máxima        |          |
| Capacidad de recepción de descarga | 584T                          |          |
| Brazo martillo hidráulico          | 45" = 1.14m                   |          |
| Peso                               | 25 T                          |          |
| Presión de trabajo                 | 2600 PSI                      |          |
| Frecuencia de engrase              | Cada 2 horas                  |          |



# Pala Hidráulica "KOMATSU PC8000"



| PARÁMETRO                    | VALOR       | UNIDAD         |
|------------------------------|-------------|----------------|
| Capacidad del balde          | 42          | m <sup>3</sup> |
| Carga por baldada            | 75          | ton            |
| Factor de llenado            | 90          | %              |
| Tiempo de carguío por camión | 00:03:21    | min            |
| Producción horaria           | 3.800–4.200 | ton/h          |
| Uso de la disponibilidad     | 85          | %              |
| Horas turno                  | 12          | h              |
| Altura de Equipo             | 15,7        | m              |
| Peso del equipo              | 752         | ton            |
| Potencia                     | 3.880       | Hp             |
| Velocidad de desplazamiento  | 2,1         | km/h           |



# Pala Eléctrica "P&H 4100XPC"



| PARÁMETRO                    | VALOR    | UNIDAD         |
|------------------------------|----------|----------------|
| Capacidad del balde          | 55,8     | m <sup>3</sup> |
| Carga por baldada            | 95,4     | ton            |
| Factor de llenado            | 95       | %              |
| Tiempo de carguío por camión | 00:01:46 | min            |
| Producción horaria           | 5.172    | ton/h          |
| Uso de la disponibilidad     | 84       | %              |
| Horas turno                  | 12       | h              |
| Altura de Equipo             | 18,06    | m              |
| Peso del equipo              | 1.453    | ton            |
| Potencia                     | 4.750    | Hp             |
| Velocidad de desplazamiento  | 1,6      | km/h           |





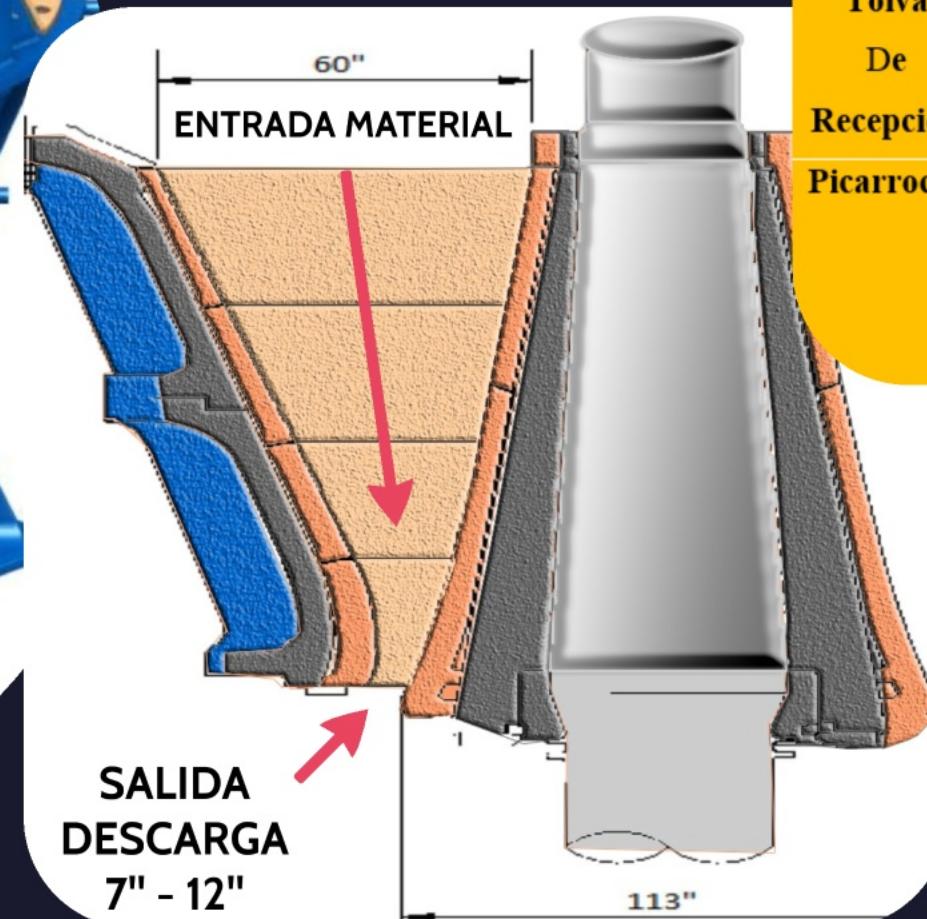
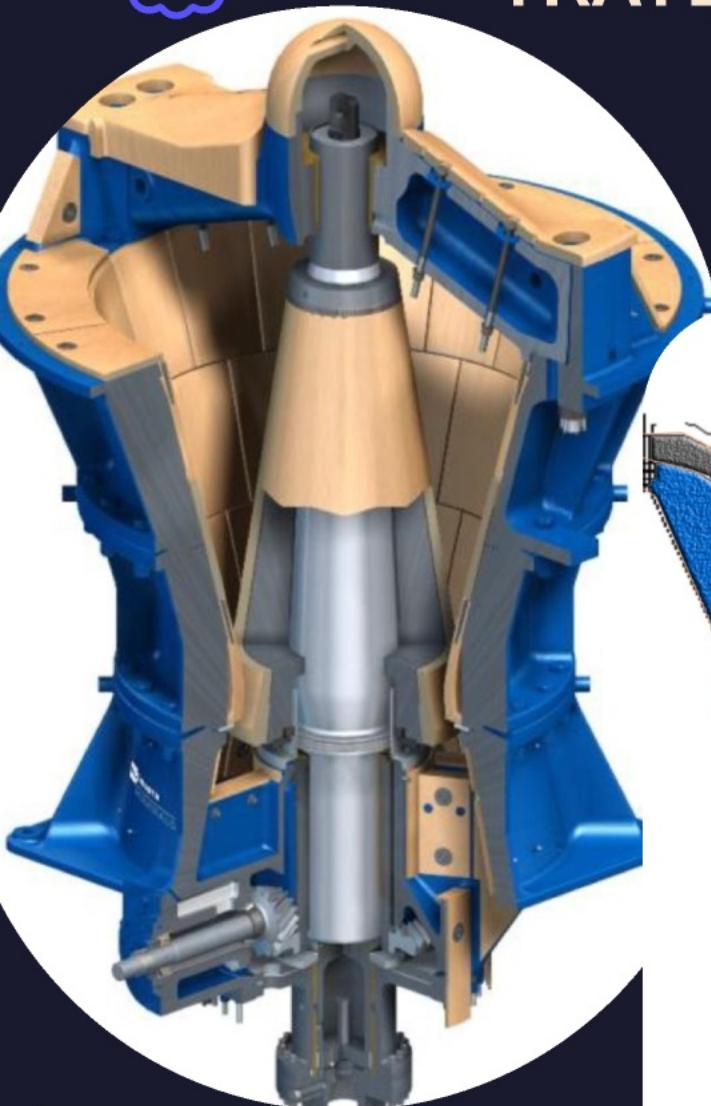
# CAEX KOMATSU 930E-4



| PARÁMETRO                               | VALOR | UNIDAD |
|---|-------|--------|
| Capacidad de carga nominal (transporte) | 327   | ton    |
| Peso                                    | 625   | ton    |
| Potencia del motor                      | 2.700 | Hp     |
| Altura total                            | 7,4   | m      |
| Largo total                             | 15,6  | m      |
| Ancho total                             | 9,1   | m      |
| Velocidad máxima                        | 64    | km/h   |
| Capacidad del estanque de combustible   | 3.785 | L      |



# Chancador Primario Giratorio TRAYLOR NT (ROM)



|                    | Parámetros                         | Unidades                      |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Chancador Primario | Alimentación                       | 60" = 1.5m                    |
| Tolva De Recepción | Diámetro                           | 113" = 3.4m                   |
| Picarrocas         | Capacidad producción               | 6.250T/h nominal              |
|                    | Potencia                           | 1000HP = 735 Kw               |
|                    | Granulometría alimentación         | Menor a 1.220mm (48") Nominal |
|                    | Granulometría descarga             | 6" Mínima - 12" Máxima        |
|                    | Capacidad de recepción de descarga | 584T                          |
|                    | Brazo martillo hidráulico          | 45" = 1.14m                   |
|                    | Peso                               | 25 T                          |
|                    | Presión de trabajo                 | 2600 PSI                      |
|                    | Frecuencia de engrase              | Cada 2 horas                  |

**MINERA  
DESIERTO ROJO**



# Objetivo General Y Específicos Del Proyecto



El objetivo general de este proyecto es mejorar la seguridad y continuidad operacional en las operaciones mineras mediante la detección temprana de inchancables. Para lograrlo, se han establecido objetivos específicos que buscan implementar soluciones tecnológicas, optimizar procesos y proteger a los trabajadores, garantizando un ambiente de trabajo más seguro y eficiente.



# Problema Central Inchancables (Material No Triturable) En Equipos De Carguío: Minera Desierto Rojo





# Herramientas De Ataque



Las herramientas de ataque como los dientes, adaptadores, entre dientes y protectores laterales son fundamentales en la operación de los equipos de carguío. Su desgaste, fisuras y eventual desprendimiento son causas comunes de incidentes que llevan a una ineficiencia interrumpiendo la continuidad operativa.





| Herramienta              | Peso       | Largo    | Ancho    | Altura   | Tolerancia de desgaste        |
|--------------------------|------------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| Diente                   | 120–150 kg | 45–95 cm | 18–32 cm | 16–25 cm | 50 % de su longitud original  |
| Adaptador (porta diente) | 90–120 kg  | 40–60 cm | 25–30 cm | 20–25 cm | Si pierde 40 % del espesor    |
| Pasador / cuña           | 3–12 kg    | 18–40 cm | —        | 20–25 cm | 10% largo o si presenta juego |
| Protector lateral        | 90–150 kg  | 70–90 cm | 30–40 cm | 20–25 cm | 50 % del espesor original     |
| Entre diente             | 40–80 kg   | 30–50 cm | 15–25 cm | 20–25 cm | 50 % del espesor original     |
| Wear Cap (capuchón)      | 10–50 kg   | 25–50 cm | 15–25 cm | 20–25 cm | 40 % del espesor original     |



## Maniobra Inspección Visual Insuficiente (Limitaciones)



Distancia de balde, no permite reconocer fisuras, roturas, nacimiento de desprendimientos.



## Condiciones Ambientales



- ✓ Encandilamiento por sol.
- ✓ Iluminación en turno nocturno.
- ✓ Pulución.



# Alto Riesgo De Error Humano



**MINERA  
DESIERTO ROJO**



## Falta De Tecnología Avanzada



**MINERA  
DESIERTO ROJO**



# Justificación Del Proyecto



Problema Crítico



Consecuencia operacional



Impacto productivo



Impacto temporal



Riesgo laboral



Limitación actual: Inspección visual



Solución propuesta



Beneficio principal



Eficiencia y Valor agregado

# Proporción de alimentación chancado primario

|           | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| STOCK 1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| STOCK INV | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| FASE 7    | 1.500 | 1.200 | 1.200 | 600   | 1.500 | 1.500 | 1.200 | 2.100 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 0     |
| FASE 6    | 3.300 | 3.900 | 4.500 | 4.500 | 2.700 | 3.900 | 3.300 | 3.300 | 4.200 | 3.900 | 3.300 | 4.500 |
| FASE 5    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| TOTAL     | 4.800 | 5.100 | 5.700 | 5.100 | 4.200 | 5.400 | 4.500 | 5.400 | 5.400 | 5.100 | 4.500 | 4.500 |

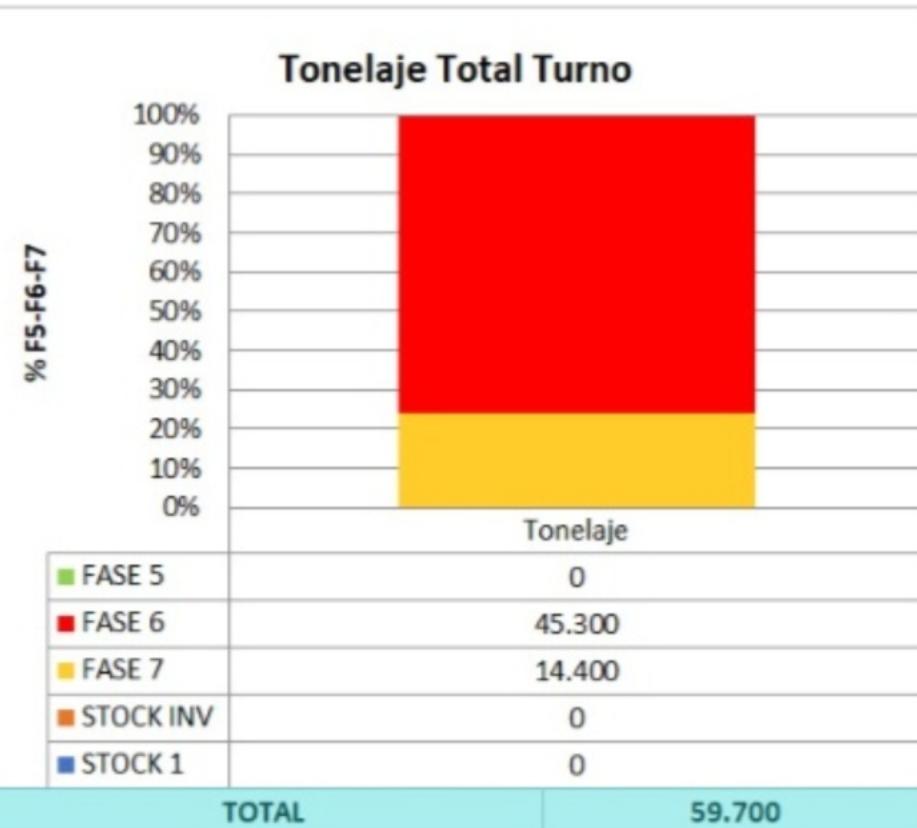


|           | Tonelaje | Proporción |
|-----------|----------|------------|
| STOCK 1   | 0        | 0%         |
| STOCK INV | 0        | 0%         |
| FASE 7    | 14.400   | 24%        |
| FASE 6    | 45.300   | 76%        |
| FASE 5    | 0        | 0%         |
| TOTAL     | 59.700   | 100%       |

Alimentación Chancado Turno A



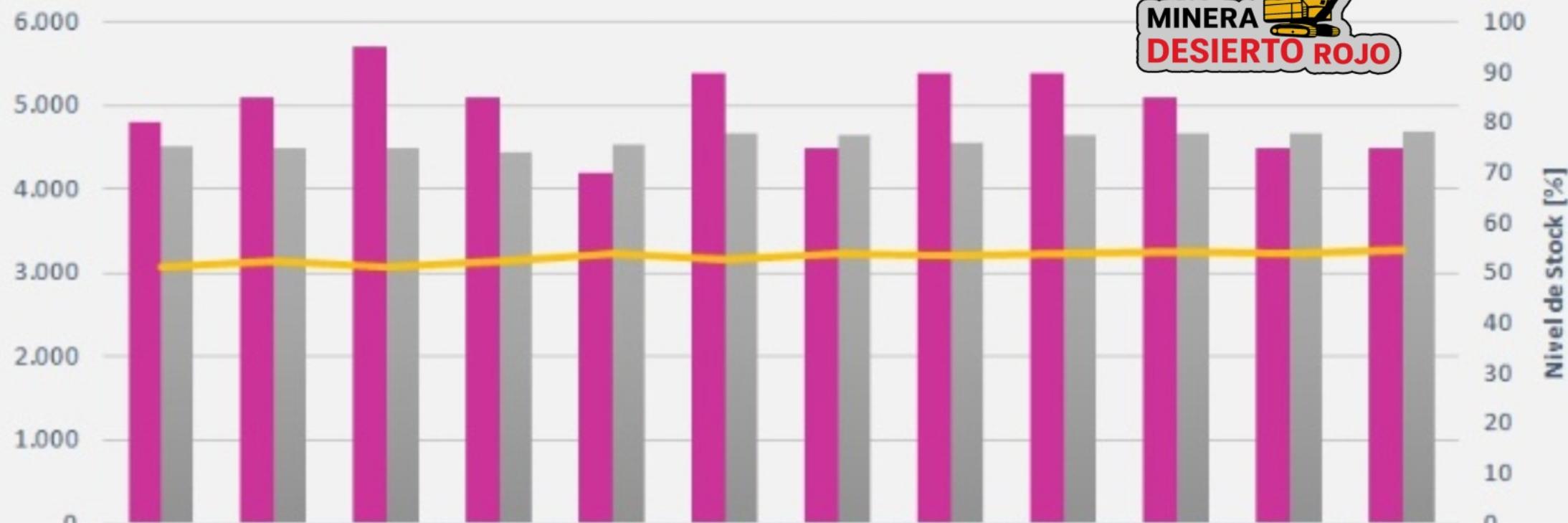
Tonelaje Total Turno



## Control Chancado



Rendimiento [TPH]



TPH CH 1°

4.800 5.100 5.700 5.100 4.200 5.400 4.500 5.400 5.400 5.100 4.500 4.500

TPH SAG

4511 4481 4486 4447 4545 4674 4657 4560 4655 4668 4668 4703

NIIVEL STOCK PILE

51 52 51 52 54 53 54 54 54 54 54 55

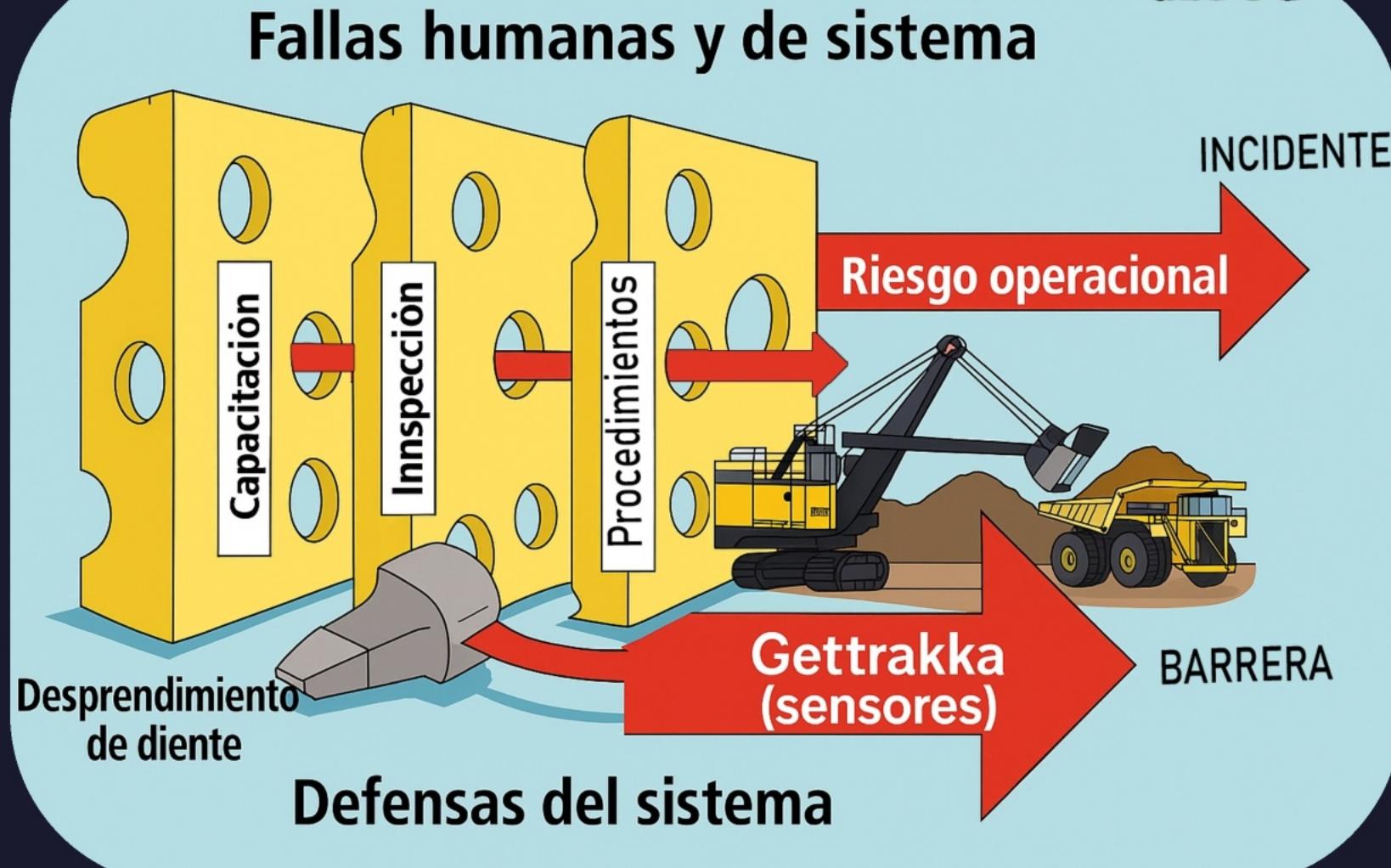


# Modelo Téorico Del Queso Suizo

MINERA  
DESIERTO ROJO

El modelo ilustra cómo las barreras de seguridad pueden fallar en diferentes niveles.

Cada 'agujero' en el queso representa una falla potencial, y la alineación de estos agujeros puede resultar en un accidente. Es fundamental implementar múltiples barreras para minimizar riesgos.





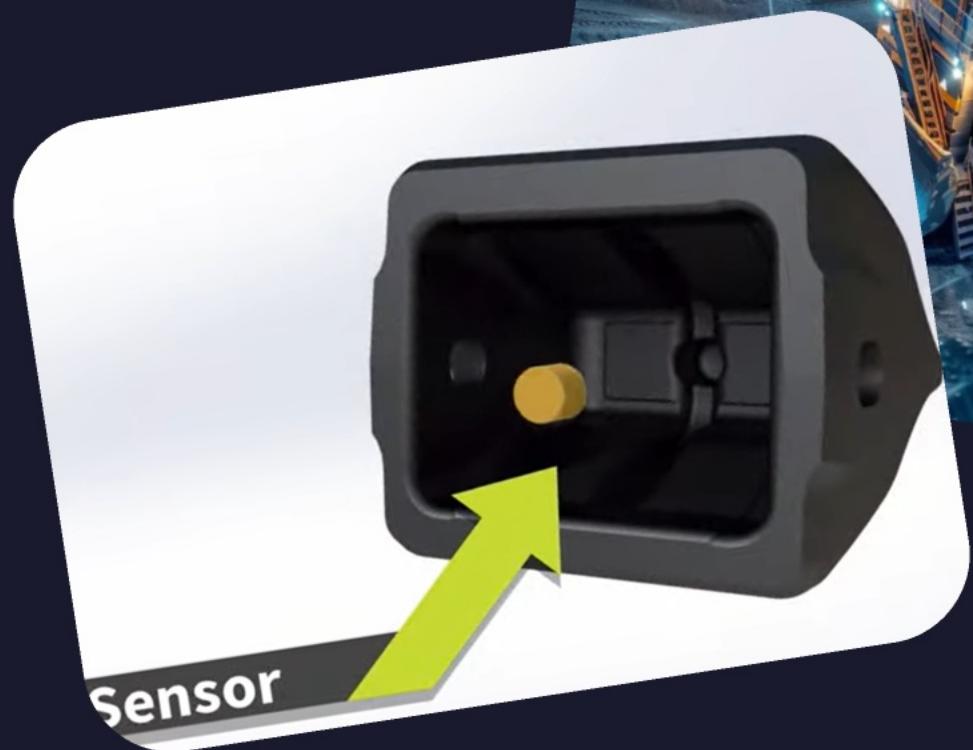
# Herramientas Y Mantenimiento Predictivo Mineria 4.0



El proyecto se apoya en mantenimiento predictivo: “si detecto antes, evito el inchancable”, mejorando la eficiencia y seguridad operativa al anticipar fallas operacionales antes de que ocurran detenciones imprevistas.

Esto está alineado con minería 4.0 y digitalización (datos en tiempo real).

Se utilizan sensores inteligentes GetTrakka integrados en los dientes, entre dientes y protectores laterales.





**Sensores Inteligentes GetTrakka Instalación Y Energía**

Están diseñados y fabricados para enfrentar condiciones extremas.

**Detección De Anomalías Y Envío De Datos**

Estos sensores son capaces de analizar vibraciones y detectar anomalías en las ballestas, cables, poleas, eje de rotura, fisuras y desprendimientos. Esto permite identificar problemas antes de que cause detenciones significativas en la operación.

**Alertas En Tiempo Real**

El sistema incluye la generación de alertas en tiempo real enviadas a la cabina del palero, al despacho y a los jefes de planta. Estas alertas incluyen un respaldo de alerta mediante SMS, asegurando una respuesta rápida ante situaciones críticas. Envían alerta a la pantalla de la pala y al despacho.

Si no hay Wi-Fi en modo offline, guarda el evento y lo sube cuando recupera señal.



# Sensores GetTrakka

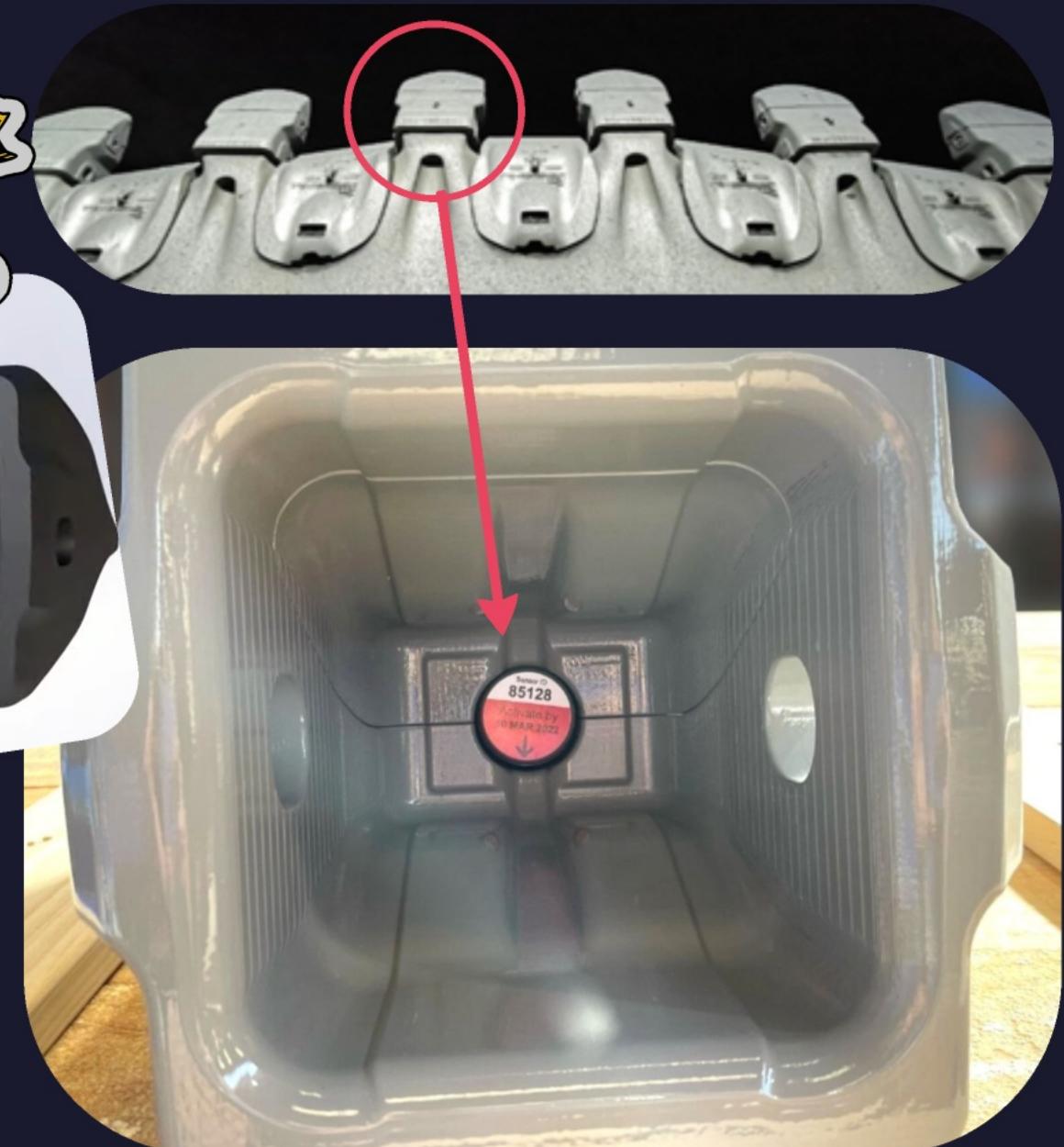


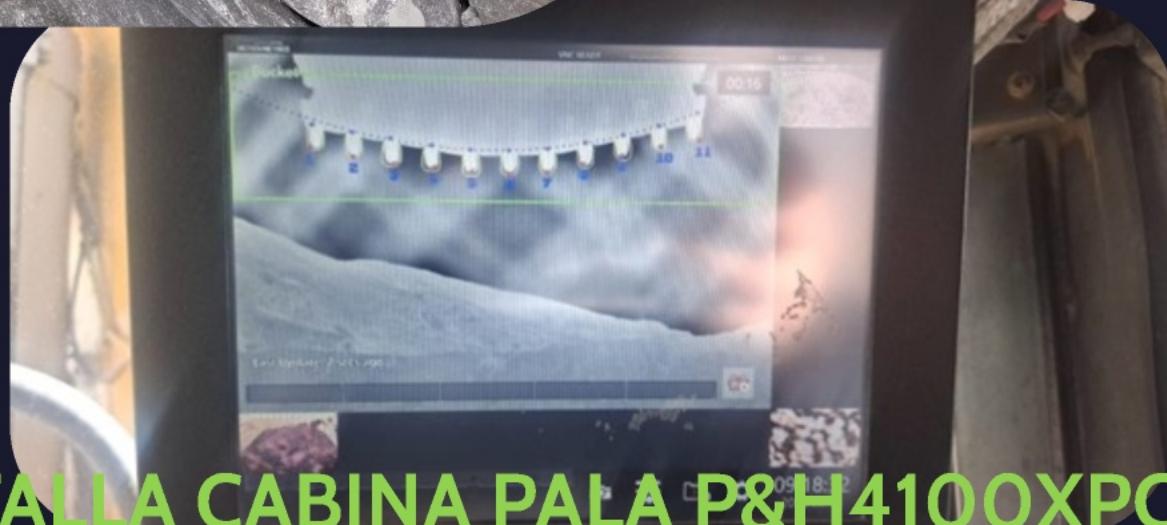
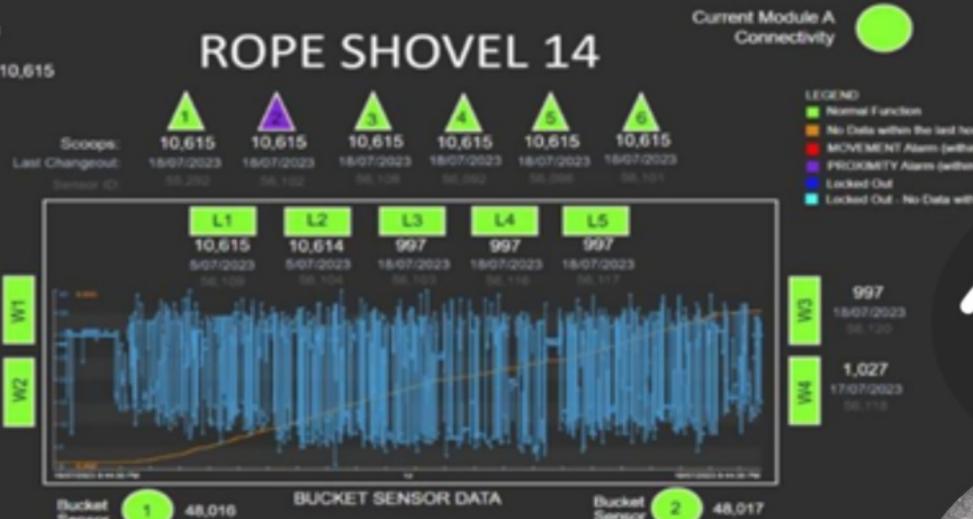
# Sensores Inteligentes GetTrakka

## Instalación Y Energía



Están diseñados y fabricados, para enfrentar condiciones extremas.





## ✓ Detección De Anomalías Y Envío De Datos

Estos sensores son capaces de analizar vibraciones y detectar anomalías en las herramientas instaladas, dar alertas de roturas, fisuras y desprendimientos..

Esto permite identificar problemas antes de que causen detenciones significativas en la operación.

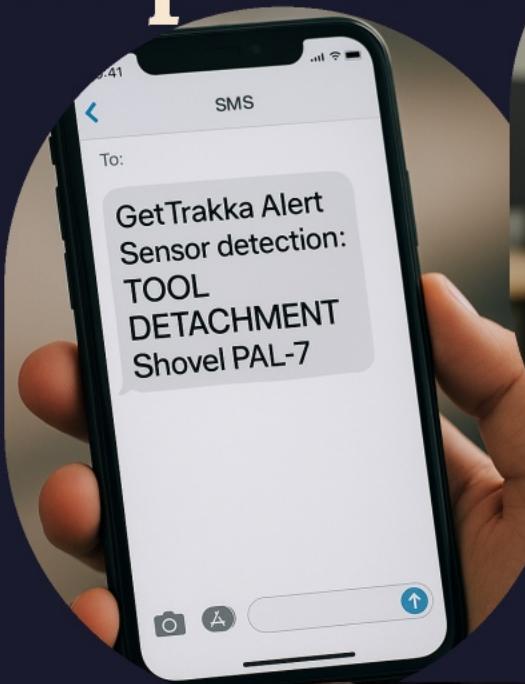


# Alertas En Tiempo Real

El sistema incluye la generación de alertas en tiempo real enviadas a la cabina del palero, al despacho y a los jefes de turno. Estas alertas cuentan con un respaldo de alerta mediante SMS, asegurando una respuesta rápida ante situaciones críticas.

Envían alerta a la pantalla de la pala y al despacho.

Si no hay Wi-Fi entra en modo offline, guarda el evento y lo sube cuando recupera señal.





# Protocolo Plan Emergencia Mina-Planta

Roles clave en el protocolo:

Jefe turno mina / planta: decisión y coordinación.

Despacho: puente entre sensores, pala, CAEX y jefaturas.

Operador pala y CAEX: ejecutan maniobras seguras según alerta.

Operador chancado: asegura que no entren inchancables.

Protocolo coordina el trabajo entre el equipo mina-planta para que la respuesta sea rápida y sin conflicto de roles.

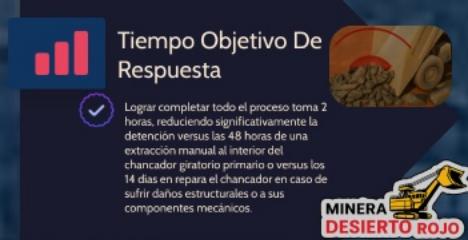
Se capacita al personal.





# Flujo De Respuesta Ante Una Alerta

Proceso estructurado para minimizar tiempos de detención y asegurar la seguridad operativa.





# Detención Del Carguío



Parada inmediata de la operación para evitar mayores riesgos.





# Identificación Del CAEX Con Sensor



Localizar el camión que lleva la herramienta afectada para iniciar el protocolo.





## Desvío A Zona Segura



Redirigir el camión a una zona designada en el protocolo mina-planta para la descarga segura del material.





# Uso De Escáner Portátil



Llega un técnico con escáner portátil y localiza el sensor dentro del acopio.

Un cargador frontal remueve el material hasta encontrar el diente.

Se retira la herramienta y se decide si se reinstala con nuevo sistema de sujeción o se elimina por daño estructural.





# Tiempo Objetivo De Respuesta



Lograr completar todo el proceso toma 2 horas, reduciendo significativamente la detención versus las 48 horas de una extracción manual al interior del chancador giratorio primario o versus los 14 días en reparar el chancador en caso de sufrir daños estructurales o a sus componentes mecánicos.



**GET TRAKKA**  
GET MONITORING





## Resultados De Caso Real Internacional CÁNADA (Hierro): Mínera Champion Iron



Comparativa clara de la efectividad del sistema GetTrakka en la reducción de eventos de inchancables.

72

Eventos al año por  
desprendimientos y roturas  
de herramientas de ataque

11

Eventos al año  
llegaban al Chancador

6d

Horas perdidas por  
evento antes de  
GetTrakka

2h

Horas perdidas  
después de GetTrakka

>98,6%

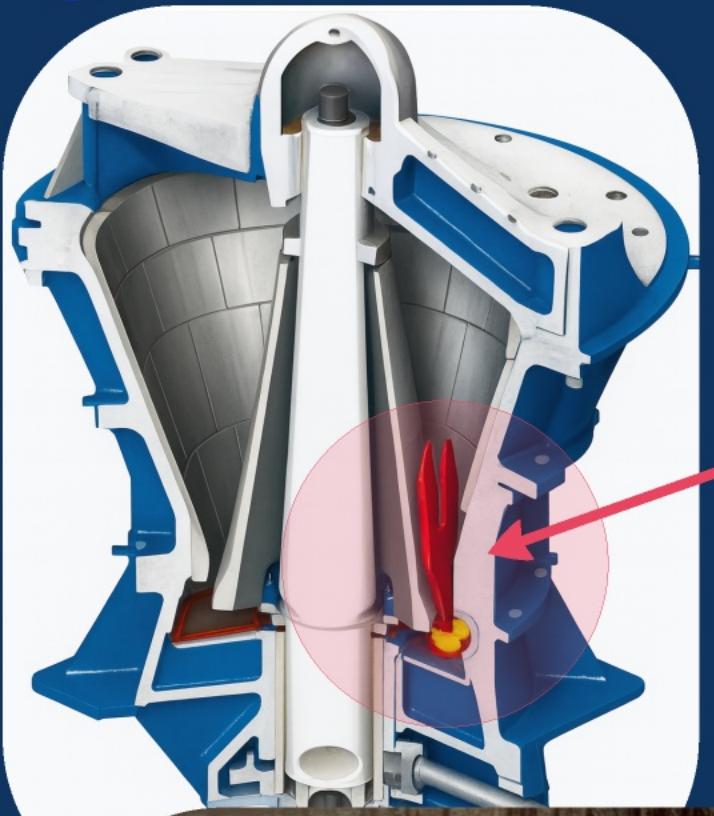
Porcentaje de mejora  
en horas de inactividad

Lo que más agradece  
es la disminución de  
exposición de  
trabajadores a  
labores de extracción  
de alto riesgo de  
inchancables.

Cliente quedo  
tan satisfecho  
que implento  
el sistema en  
toda su flota.



# Riesgos de extracción manual



El inchancable llega al chancador.

Se detiene el equipo.

Se debe vaciar cámara, usar pica rocas, ingresar cuadrilla a espacio confinado.

Riesgos: atrapamiento, caídas a desnivel, golpes por liberación de energía, fuego por trabajos en caliente, etc.

Duración: 48 h hasta 14 días de detención, según daño.

## Tareas de Limpieza Manual Para Alcanzar la Pieza



Enfocarse en el cuadrante 1 en el retiro manual del material hasta despejar el adapter

| Fundos N° | Posicion (mm) |
|-----------|---------------|
| 1         | 3150          |
| 2         | 2200          |
| 3         | 2100          |
| 4         | 2100          |
| 5         | 2200          |
| 6         | 2100          |
| 7         | 2100          |
| 8         | 2100          |
| 11        | 2100          |
| 12        | 2100          |
| 13        | 2100          |
| 14        | 2100          |
| 1         | Inchancable   |





# Prueba Piloto Propuesta

Se propone probar en una pala P&H 4100XPC.

Se evalúa calibración de los sensores GET Trakka,  
umbral de vibración, falsos positivos y zonas  
sin cobertura Wi-Fi.

En esa etapa se definen puntos para repetidores  
Wi-Fi, para asegurar cobertura total del sistema.





## Menos Detenciones No Programadas, Más Continuidad Operacional



La implementación del sistema GetTrakka se traduce en una notable reducción de eventos imprevistos, lo que se traduce en una eficiencia operativa de 95%.



# Disminución De Exposición A Trabajos de Alto Riesgo



Con un sistema de detección temprana, se reduce la exposición de los trabajadores a situaciones peligrosas, garantizando un ambiente laboral más seguro.



# Protección De Equipos Críticos



La protección de equipos críticos, como palas y chancadores, asegura la inversión y prolonga la vida útil de las máquinas, reduciendo costos de mantenimiento y reemplazo.



## Mejor Uso De Datos Y



## Paso Hacia Minería 4.0

La integración de tecnologías de minería 4.0 permiten una toma de decisiones más informada y proactiva, llevando la operación hacia un futuro más eficiente y seguro.



**La seguridad es nuestra  
prioridad y la continuidad  
operacional es clave para el éxito.  
Muchas gracias por su atención.**

# Llévatela contigo. Consúltala cuando quieras.

¿Te has perdido algo? ¿Quieres saber más?  
Escanea o haz clic para abrir la presentación. En  
cualquier momento y desde cualquier lugar.

[Ver presentación](#)

