

WHITE PAPER

El Costo Real de una Reparación de Soldadura Sin Control de Calidad

Lo que su operación minera no está calculando

Una reparación de soldadura que falla no cuesta lo que costó repararla.
Cuesta lo que vale cada hora que su equipo está parado.

EL ESCENARIO

Una reparación que "salió bien" del taller

Una pala hidráulica de minería entra al taller con una fisura en el boom. El diagnóstico es claro: soldadura de reparación, acero de alta resistencia, dos semanas de trabajo. El taller la entrega en plazo, el equipo vuelve a faena y el jefe de mantenimiento firma el cierre.

11 semanas después, la pala regresa al taller.

La fisura reaparece, esta vez en una zona adyacente. La investigación revela lo que nadie documentó: no hubo precalentamiento controlado, el electrodo utilizado no era el indicado para ese acero, y no existe ningún registro de temperatura de pase ni calificación del soldador que ejecutó el trabajo.

El componente debe reconstruirse casi desde cero. La faena lo espera.

***"La reparación original costó \$4.200.000 CLP.
El retrabajo, el tiempo parado y la investigación costaron \$187.000.000 CLP."***

Esta historia no es un caso excepcional. Es el patrón más común en la gran minería chilena: reparaciones que superan los estándares de costo directo pero que ignoran el costo real de una falla posterior.

LA ARITMÉTICA DE LA FALLA

Los números que nadie está calculando

Cuando se evalúa una reparación de soldadura, el análisis de costo estándar considera materiales, mano de obra y tiempo en taller. Lo que rara vez se cuantifica es el costo de la falla. Y ahí está el problema.

USD 15.000 –50.000 Costo/hora de parada de una pala eléctrica de alto tonelaje en operación	USD 4.000– 12.000 Costo/hora de parada de un camión minero 793F o 930E	2–4 semanas Tiempo promedio de retrabajo en reparaciones de soldadura fallidas
---	--	--

Referencias: datos de operaciones mineras open pit Chile. Varían según operación y contrato.

El costo real: tres capas que se acumulan

CAPA	COMPONENTE	COSTO ESTIMADO
1 — Directo	Retrabajo de soldadura (materiales + mano de obra + END)	\$6.000.000–\$15.000.000 CLP
2 — Operacional	Tiempo de parada del equipo (7–21 días, según alcance del daño)	\$80.000.000–\$350.000.000 CLP
3 — Sistémico	Investigación, reporte a la minera, pérdida de confianza del cliente, riesgo de pérdida de contrato	Incuantificable

La proporción es consistente en la industria: por cada peso que se ahorra en control de calidad durante la reparación, se gastan entre 40 y 80 pesos cuando esa reparación falla.

POR QUÉ OCURRE

Las cinco fallas que se repiten

En la mayoría de los casos de falla prematura en reparaciones de soldadura minera, una o más de estas condiciones estuvieron presentes desde el inicio:

01 Sin procedimiento de soldadura calificado (WPS/PQR)

La soldadura se ejecuta "como siempre se ha hecho". Sin un WPS calificado según AWS D1.1 o ISO 3834, los parámetros críticos — amperaje, velocidad, temperatura de interpase — quedan al criterio del soldador de turno. El resultado es impredecible.

02 Sin control de temperatura de pre y postcalentamiento

Los aceros de alta resistencia (Hardox, Weldox, Q&T;) exigen temperaturas de precalentamiento precisas para evitar el agrietamiento por hidrógeno en la zona afectada por el calor (ZAC). Una diferencia de 30°C puede determinar si la reparación dura 3 años o 3 meses.

03 Soldadores sin calificación verificada para el material

Soldar un acero de desgaste no es equivalente a soldar acero estructural común. La calificación del soldador debe ser específica para el proceso, posición y material. Sin verificación documental, no hay certeza de la competencia real.

04 Sin ensayos no destructivos (END) post-reparación

Las discontinuidades que generan fallas — poros, falta de fusión, fisuras internas — son invisibles a simple vista. Sin UT, MT o PT según corresponda, salen a terreno componentes con defectos subsuperficiales que solo se manifiestan bajo carga.

05 Sin dossier técnico de cierre

Si no hay registro de lo que se hizo, con qué materiales, con qué parámetros y con qué resultados, no hay trazabilidad. Cuando algo falla, nadie puede determinar qué salió mal, quién es responsable ni cómo evitar que vuelva a ocurrir.

Lo más frecuente: las cinco condiciones coexisten en la misma reparación.

LO QUE CAMBIA CON CONTROL DE CALIDAD

Gestión de calidad no es auditoría. Es acompañamiento.

La gestión de calidad en reparación de soldadura no consiste en revisar el trabajo cuando ya está terminado. Eso es auditoría, y llega tarde. El control de calidad efectivo ocurre mientras se ejecuta la reparación, en cada etapa crítica del proceso.

Qué incluye una gestión de calidad correcta

Antes de soldar

- Revisión y aprobación del WPS/PQR aplicable al material específico
- Verificación de la calificación vigente del soldador
- Control de consumibles: tipo, lote, humedad, almacenamiento
- Inspección visual y dimensional del área a reparar
- Medición y registro de temperatura de precalentamiento

Durante la soldadura

- Monitoreo de temperatura de interpase (termopar o pirómetro)
- Supervisión de parámetros: amperaje, voltaje, velocidad de avance
- Inspección visual continua de cada pase depositado
- Registro en tiempo real de cada variable crítica

Después de soldar

- Postcalentamiento y desmontaje controlado según WPS
- END: ultrasonido (UT), partículas magnéticas (MT) o líquidos penetrantes (PT)
- Pruebas de dureza en zona soldada y ZAC cuando aplica
- Verificación dimensional final
- Elaboración del dossier técnico completo y trazable

**El resultado no es solo una reparación que dura más.
Es un dossier que prueba que dura más — ante su empresa, ante la minera y ante
cualquier auditoría.**

CONCLUSIÓN

La pregunta que debería hacerse antes de la próxima reparación

Cada vez que un componente crítico entra al taller, hay dos costos posibles: el costo de la reparación bien hecha, con control de calidad, con dossier, con trazabilidad — o el costo de esa misma reparación fallando en faena.

La diferencia entre ambos no es solo económica. Es la diferencia entre una operación que controla sus activos y una operación que los improvisa.

Antes de que su próxima pala, tolva o perforadora salga del taller, pregúntese:

1. ¿Existe un WPS calificado para el material que se soldó?
2. ¿Hubo control documentado de temperatura de precalentamiento e interpase?
3. ¿El soldador está calificado para ese proceso y ese acero?
4. ¿Se realizaron END y existe el certificado de los resultados?
5. ¿Hay un dossier técnico que pueda presentar ante su minera si se le exige?

Si alguna de estas respuestas es "no sé" o "no", el riesgo ya existe.

PAMVEL Gestión Integral SpA

Empresa chilena especializada en gestión de calidad para reparación de componentes de equipos mineros. Supervisamos cada etapa del proceso — desde el desmontaje hasta el dossier técnico de cierre.

Palas eléctricas · Palas hidráulicas · Tolvas · Perforadoras ·
Tambores · Correas transportadoras

Normas: AWS D1.1 · ISO 3834 · ISO 9001 · ISO 45001 · ISO 14001

Respuesta en faena: 24 horas

■ contacto@pamvel.cl

■ www.pamvel.cl

**Antofagasta
Chile**