



SERIE GUÍAS · EDICIÓN 1.0

La guía de despliegue del CCHI

Del primer sitio a la empresa, por etapas. La jerarquía de controles primero: eliminar la energía, construir la barrera, verificar lo que quede.

Bruno Hounkpati Director general y exvicepresidente de HSE

Índice de salud de los controles críticos (CCHI) · Factor de resiliencia organizacional (ORF)

PARA EMPEZAR

Cómo usar esta guía

Esta es la secuencia de despliegue que proponemos para la salud de los controles críticos: del compromiso de la alta dirección a un primer sitio en 100 días y, de ahí, a un ritmo de empresa. La ordena un solo principio, la jerarquía de controles: eliminar la energía donde se pueda, construir la barrera donde no, y verificar con honestidad lo que quede.

PARA QUIÉN ESTÁ ESCRITA

Directores generales, directores de operaciones y líderes de HSE que patrocinan el despliegue; el líder que lo conduce; los gerentes de ingeniería y mantenimiento, dueños de las barreras de ingeniería.

LO QUE LE PIDE

Un patrocinador ejecutivo con nombre y apellido, un primer sitio elegido por su exposición a la energía letal, uno o dos verificadores independientes, un presupuesto de mejoras y la disposición a dejar que una cuadrilla detenga un trabajo.

ESTADO DEL MÉTODO

Esta guía pone en práctica **Salud de los controles críticos: propuesta metodológica, versión 2.0** ^[19]. El método se apoya en prácticas establecidas (gestión de controles críticos del ICMM, jerarquía de controles, diagramas de corbata de moño, análisis de capas de protección, Tripod Beta) y en la experiencia de profesionales de operaciones de alto riesgo. Sus valores de puntos y sus umbrales son convenciones de planificación que **aún no se han validado empíricamente**. Por eso la secuencia avanza por hitos: usted progresa sobre su propia evidencia y afirma solo lo que esa evidencia respalda (sección 10). El método no reemplaza la evaluación cuantitativa de riesgos ni ninguna obligación legal.

Contenido

01	El punto de partida: las tasas de accidentes no ven el riesgo fatal	2
02	Primer principio: la jerarquía de controles	3
03	El método en breve	5
04	La secuencia de despliegue de un vistazo	7
05	Etapas 0. Comprometerse: diez condiciones antes del día 1	8
06	Etapas 1. El primer sitio en 100 días	9
07	La carta de protección de la detención del trabajo	13
08	Tres ejemplos desarrollados y sus escaleras de mejora	14
09	Etapas 2 a 4. Extender, consolidar, sostener	17
10	¿De verdad baja el riesgo fatal? Medidas e hitos	18
11	Roles, tres líneas de verificación, ritmo	20
12	Ocho maneras de malograr un despliegue	22
13	Correspondencia con la gestión de controles críticos del ICMM	23
A	Anexo: glosario y fórmulas	23
	Referencias	25

01

El punto de partida: las tasas de accidentes no ven el riesgo fatal

Una tasa de accidentes le dice al consejo cuántas personas resultaron lesionadas. No le dice si, esta mañana, los controles que separan a una cuadrilla de la energía letal estaban en su lugar.

El mayor estudio estadístico sobre la tasa de incidentes registrables analizó 3,2 billones de horas trabajadas. Concluyó que entre el 96 y el 98 % de la variación de esa tasa se debe al azar, y que no guarda una asociación discernible con las fatalidades ^[1]. Los datos de los miembros del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) muestran el mismo desacople a escala de toda una industria. Entre 2017 y 2025 su tasa de lesiones registrables cayó cerca de un 44 %, de 3,94 a 2,21 por millón de horas trabajadas, mientras que las fatalidades anuales se mantuvieron entre 33 y 50, sin un descenso sostenido ^[2]. El propio análisis del ICMM vincula el 67 % de las fatalidades de sus miembros entre 2021 y 2024 con una ejecución ineficaz de los controles ^[3].

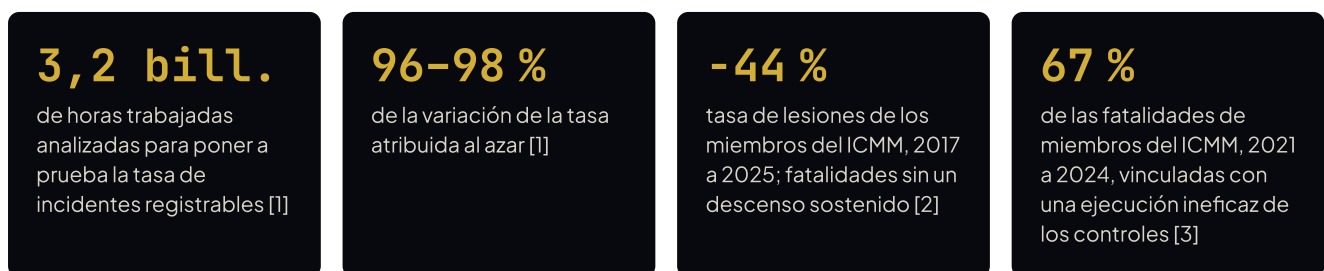


Figura 1. Cuatro cifras que sustentan la verificación de controles. Tasas de lesiones del ICMM tal como se publican en su informe sobre los datos de 2025; variación calculada por RISKOPLOT.

La gestión de controles críticos existe para cerrar esa brecha. La edición 2026 de la guía de buenas prácticas del ICMM refuerza los criterios para identificar, implementar y verificar los controles críticos, e incorpora verificaciones de preparación y evaluaciones de madurez ^[4]. La salud de los controles críticos le suma tres cosas: un cerrojo binario que se aplica antes de la exposición; puntos de protección que muestran cuánto depende de las personas cada trayectoria de energía letal; e indicadores que ponen a prueba si las barreras, y las verificaciones que se hacen sobre ellas, son confiables.

Lo que este despliegue debe cambiar

- **Menos personas frente a la energía letal detrás de barreras que exigen que alguien lo haga todo bien.** Ese es el resultado que importa, y el despliegue lo mide directamente (sección 10).
- **Trabajos que no comienzan cuando falta un control crítico.** El cerrojo les da a las cuadrillas la autoridad para detenerse, y a los líderes el deber de protegerla.
- **Inversiones que hacen subir los controles en la jerarquía,** decididas con evidencia de terreno y no con estadísticas de lesiones.
- **Datos de terreno en los que el consejo puede confiar,** porque su honestidad se pone a prueba cada mes en lugar de darse por sentada.

POR QUÉ LA SECUENCIA AVANZA POR HITOS

El cerrojo cambia quién tiene el poder sobre la producción, y los datos que uno mismo verifica se desvían bajo presión: es lo que Diane Vaughan llamó la normalización de la desviación ^[12]. Ambas cosas se prueban en un sitio antes de multiplicarse en muchos. Un despliegue que se salta este paso multiplica el papeleo, no la protección.

Primer principio: la jerarquía de controles

Toda esta guía se ordena en torno a una idea que ya comparten los profesionales de seguridad, los gestores de riesgos y los ejecutivos. Cuanto más arriba está un control en la jerarquía, menos depende de que una persona actúe correctamente en el momento del riesgo.

El NIOSH ordena cinco niveles según su eficacia y explica por qué ganan los superiores: controlan la exposición sin una interacción humana significativa ^[7]. La salud de los controles críticos convierte ese orden en números. Cada barrera obtiene **puntos de protección** en una escala logarítmica en la que un punto equivale, aproximadamente, a dividir el riesgo por diez, la convención del análisis de capas de protección y de la norma IEC 61511 ^{[9][10]}. Los puntos siguen la función de la barrera ^[8], se llame como se llame.



Figura 2. La jerarquía de controles, llevada a tipos de barrera y puntos de protección (propuesta metodológica v2.0 [19]). Los puntos son convenciones de planificación, no probabilidades de falla medidas in situ, y no deben usarse en una evaluación cuantitativa de riesgos.

DESPROPORCIONADA A PROPÓSITO

Una baranda fija (2,0 puntos, riesgo ÷ 100) reduce el riesgo unas cincuenta veces más que un vigía (0,3 puntos, riesgo ÷ 2). Tres procedimientos aplicados por la misma cuadrilla comparten una causa común y cuentan una sola vez: 0,3 puntos. **Con procedimientos no se compra ingeniería.**

PROTECCIÓN DE UNA TRAYECTORIA	PUNTOS
Una baranda fija	2,0
Tres procedimientos, realmente independientes	0,9
Tres procedimientos, misma cuadrilla	0,3

DOS REGLAS QUE MANTIENEN HONESTA LA ESCALA

- **Prueba de control directo.** Un control solo obtiene puntos si apunta a la energía letal y sigue siendo eficaz cuando una persona comete un error involuntario ^[6]. El anticaídas anclado la supera. La capacitación, la señalización y los procedimientos generales no: apoyan a las barreras y se miden en el nivel de la organización.
- **Regla de independencia.** Las barreras que comparten una persona, una fuente de energía, un procedimiento o una tarea de mantenimiento cuentan una sola vez, con el valor más bajo.

Qué va primero: la jerarquía como orden de trabajo

QUIÉN	LA PRIMERA PREGUNTA	LO QUE CAMBIA EN ESTE DESPLIEGUE
Planificador y cuadrilla	¿Podemos hacer este trabajo sin la energía, o sin nadie cerca de ella?	Cada trayectoria pasa por el filtro de la jerarquía antes de listar los controles (etapa 1, días 6 a 12). Cada «todavía no» se convierte en una mejora candidata.
Supervisor, en la tarea	¿Funcionan las barreras con las que contamos, y cuánto descansa en las personas?	El cerrojo y, luego, los puntos de protección. Una trayectoria frágil exige autorización.
Ingeniería y mantenimiento	¿Qué barrera falla una y otra vez, y qué hay un nivel más arriba?	Las fallas repetidas de una barrera humana son el argumento para una barrera de ingeniería.
Consejo	¿Dónde se enfrenta más gente a la energía letal detrás de los niveles más bajos?	La inversión sigue a la fragilidad y a la exposición. O1 cuenta trayectorias que subieron o se cerraron, no dinero gastado.
Diseño y compras	¿Puede la próxima planta, modificación o compra llegar con la trayectoria cerrada o en 2,0 puntos?	Un estándar de diseño desde la etapa 3, para dejar de construir fragilidad.

La verificación mantiene honesto a un control débil. Solo la jerarquía lo vuelve fuerte. Verificar a un vigía todos los días durante cinco años sin construir jamás la barrera es no haber entendido nada.

03

El método en breve

En la tarea se hacen dos preguntas; en la empresa se leen cinco indicadores. No existe un puntaje promedio único.

En la tarea: el cerrojo y, luego, los puntos de protección

Cerrojo $G = v_1 \times v_2 \times \dots \times v_n$ cada control crítico se verifica en funcionamiento ($v = 1$) o no ($v = 0$)

Regla Si algún $v = 0$, entonces $G = 0$ y la tarea se detiene. Tres de cuatro significa detenerse.

Protección de la trayectoria $P_p = p_1 + p_2 + \dots + p_k$ (barreras independientes con $v = 1$; tope de 3,0)

Protección de la tarea $P_{tarea} = P_p$ más bajo entre todas las trayectorias

El cerrojo responde «¿podemos comenzar?». Los puntos de protección responden otra cosa: «¿cuánto depende esta trayectoria de que las personas lo hagan todo bien?». El CCHI se informa siempre como el par (G , P_{tarea}). Los puntos se suman a lo largo de una trayectoria, lo que equivale a multiplicar la reducción del riesgo de barreras independientes: más protección siempre significa más puntos. La protección de la tarea toma la trayectoria más débil, porque a un desenlace fatal le basta una vía abierta.

REGLA DE DECISIÓN

CERROJO	P_{TAREA}	DECISIÓN
$G = 0$	Cualquiera	Detenerse. Restablecer el control fallido.
$G = 1$	$\geq 2,0$	Robusta: el trabajo puede comenzar.
$G = 1$	$1,0-1,9$	Tolerable: comenzar y registrar la trayectoria más débil.
$G = 1$	$< 1,0$	Frágil: comenzar solo con autorización de un nivel definido, y escalar.

TRES REGLAS DE TERRENO PARA ESTE DESPLIEGUE

- **Sin barrera, frágil por definición.** Una trayectoria sin control directo vale 0 puntos y necesita autorización, como toda trayectoria frágil.
- **Una trayectoria imprevista es una detención.** Si la cuadrilla encuentra una energía letal que la ficha no listaba, el trabajo se pausa, se agrega la trayectoria y se corrige el registro.
- **El cerrojo se repite ante cualquier cambio:** cambio de turno, interrupción, cambio de alcance o de clima, o la llegada al área de alguien que no recibió la charla previa.

En la empresa: cinco indicadores, del peor al mejor

CÓDIGO	INDICADOR	LA PREGUNTA QUE RESPONDE	CÓMO SE MIDE
E1	Tasa de fallas del cerrojo	¿Con qué frecuencia el cerrojo detiene el trabajo? Se lee siempre junto con O3 y nunca se fija como meta.	Ejecuciones con $G = 0$ ÷ todas las ejecuciones
E2	Proporción de exposición frágil	¿Cuánto de nuestra exposición fatal depende sobre todo de las personas?	Exposiciones en trayectorias con menos de 1,0 punto ÷ todas las exposiciones
O1	Tasa de mejora de controles	¿Eliminamos la fragilidad o convivimos con ella?	Trayectorias frágiles llevadas a 2,0 o eliminadas ÷ trayectorias frágiles al inicio

02	Salud de los elementos críticos para la seguridad	¿Funcionarán las barreras de ingeniería cuando se las demande?	Aseguramiento atrasado; fallas en prueba o en demanda; bypass vencidos (meta: cero)
03	Integridad de la verificación	¿Podemos confiar en los datos de terreno?	Tasa de falsos aprobados en reverificaciones independientes del mismo turno, con el kappa de Cohen

O1 a O3 forman el **factor de resiliencia organizacional (ORF)**. Si hace falta un valor único, es el más bajo de los tres, nunca su promedio. E2 y O1 son los dos indicadores que hablan el idioma de la jerarquía: uno muestra cuánta exposición se aloja en sus niveles más bajos; el otro, a qué velocidad sube.

Brechas honestas El alto, O3 bajo. La verificación honesta encuentra brechas reales. Corrija los controles; proteja el reporte.	Intervenir El alto, O3 alto. Controles que fallan y verificaciones poco confiables.
Creíble El bajo, O3 bajo. Los controles están en su lugar y las verificaciones son confiables.	Verificaciones en papel El bajo, O3 alto. Probablemente las verificaciones se completan solo en el papel.

Figura 3. El solo tiene sentido leído frente a O3. Una tasa baja de fallas del cerrojo es buena noticia únicamente si las verificaciones son honestas.



Figura 4. L.O.C.K. es la ayuda de comunicación para cuadrillas y líderes. Nunca reemplaza ni abrevia la terminología de bloqueo y etiquetado.

La secuencia de despliegue de un vistazo

Cinco etapas. Cada una termina en un hito, y cada una debe entregar mejoras físicas además de datos. Se avanza cuando se cumplen las condiciones del hito, no cuando lo dice el calendario.

ETAPA 0 · SEMANAS 0-4 Comprometerse Patrocinador, condiciones, presupuesto de mejoras. Primer sitio elegido por exposición y fragilidad.	ETAPA 1 · DÍAS 1-100 Primer sitio L.O.C.K. en tres a cinco tipos de tarea. Fichas en papel y una hoja de cálculo. Primera mejora en marcha. Presentación al consejo.	ETAPA 2 · MESES 4-9 Extender Dos o tres sitios más, con energías distintas. Las mismas fichas, la misma carta, un panel de expertos local.	ETAPA 3 · MESES 9-15 Consolidar Digitalizar lo que funcionó. Automatizar los datos de salud de equipos. Estándar de diseño y compras.	ETAPA 4 · DESDE EL MES 15 Sostener Todo el trabajo con energía letal. O1 en doce meses móviles. La evidencia de resultados se acumula.
--	--	--	---	--

Figura 5. La secuencia propuesta. Duraciones indicativas para un operador con varios sitios; una organización de un solo sitio recorre las etapas 0, 1, 3 y 4.

ETAPA	LO QUE DEBE DEMOSTRAR	ENTREGABLE DE LA JERARQUÍA	HITO DE PASO
0 Comprometerse	Los líderes protegerán una detención y financiarán mejoras.	Presupuesto indicativo de mejoras acordado antes de que exista un solo dato	Condiciones 1, 2 y 5 cumplidas (sección 5)
1 Primer sitio	El cerrojo funciona en tareas reales; las verificaciones son confiables; los datos son honestos.	Cada trayectoria pasada por el filtro de la jerarquía; al menos una mejora física en marcha al día 100	Criterios del hito (sección 10)
2 Extender	Los resultados se sostienen entre sitios, energías y contratistas.	Cada trayectoria frágil tiene un dueño y un plan con fecha; las fallas repetidas se convierten en barreras de ingeniería	Criterios cumplidos en cada sitio; sensibilidad estable
3 Consolidar	Las herramientas digitales reproducen los resultados del papel; O2 está automatizado.	Estándar de diseño y compras: todo trabajo nuevo llega cerrado o en 2,0 puntos	Operación en paralelo superada; O3 con recursos permanentes
4 Sostener	La exposición frágil sigue bajando; los precursores la acompañan.	O1 en doce meses móviles; perfil de protección presentado al consejo	Continuo. Las afirmaciones públicas corresponden al nivel de evidencia.

ORDENE POR EXPOSICIÓN Y FRAGILIDAD, NO POR COMODIDAD

Elija el primer sitio y los primeros tipos de tarea allí donde más personas se enfrentan a la energía letal detrás de las barreras más débiles. Use sus propios eventos de alto potencial, el historial de fatalidades de su sector y una estimación rápida de la protección de diseño de cada trayectoria. Empezar por el sitio ordenado produce un informe ordenado y no cambia nada.

Etapa 0. Comprometerse: diez condiciones antes del día 1

La edición 2026 de la guía del ICMM incorpora verificaciones de preparación, y con razón ^[4]. Un despliegue lanzado en las condiciones equivocadas les enseña a las cuadrillas que el cerrojo es teatro. Responda con honestidad antes de fijar una fecha de inicio.

N.º	PREGUNTA	SI LA RESPUESTA ES NO
1	¿Se comprometió por escrito el director general o el gerente del sitio a que una detención de buena fe nunca será sancionada, cueste lo que cueste a la producción?	No comience. Es la única condición innegociable.
2	¿Cubre esa misma protección a los contratistas, incluida su evaluación comercial?	Extiéndala primero. En la mayoría de los sitios, los contratistas cargan con buena parte de la exposición fatal.
3	¿Hay bonos, clasificaciones de sitios o evaluaciones de contratistas atados a las tasas de lesiones o a las detenciones?	Si los hay, suspéndalos donde corre el despliegue. Distorsionarán E1 y O3.
4	¿Cuenta con evaluaciones de riesgo o diagramas de corbata de moño vigentes para los primeros tres a cinco tipos de tarea?	Elabórelos entre los días 1 y 15. Reserve el tiempo.
5	¿Puede nombrar a uno o dos verificadores independientes, ajenos a la línea de producción de las cuadrillas que van a muestrear?	Pídalos prestados a otro sitio o a otra función. Sin ellos no hay O3.
6	¿Puede mantenimiento identificar los equipos que forman barreras de ingeniería y extraer a mano, cada mes, su lista de atrasos?	Empiece con una lista de 20 a 50 equipos. No hace falta ninguna integración de sistemas.
7	¿Existe un registro de bypass, anulaciones e inhibiciones de equipos críticos para la seguridad?	Créelo. Todo bypass vencido está siempre en rojo.
8	¿Puede alguien con autoridad llegar rápido a un trabajo detenido, con los medios para restablecer el control?	Defina la ruta de respuesta y el tiempo objetivo antes de la puesta en marcha.
9	¿Se consultó a los representantes de los trabajadores, incluido cualquier uso de fotografías o datos de ubicación?	Consulte primero. En muchas jurisdicciones es una obligación legal, no una cortesía.
10	¿Acordó el consejo un presupuesto indicativo de mejoras, y está preparado para escuchar que hay tareas rutinarias frágiles?	Acuérdelo ahora. Sin dinero para subir en la jerarquía, la K de L.O.C.K. no significa nada, y las cuadrillas lo notarán en pocas semanas.

REGLA DE COMPROMISO

Las preguntas 1, 2 y 5 son condiciones, no preferencias. Si alguna no puede cumplirse, posponga el inicio y resuélvala primero. Las otras siete pueden cerrarse entre los días 1 y 30.

Etapa 1. El primer sitio en 100 días

Cuatro fases que siguen el orden de L.O.C.K. Un sitio, de tres a cinco tipos de tarea, fichas en papel y una hoja de cálculo. Al día 100 el consejo tiene su primer tablero, y las cuadrillas han visto al menos una barrera subir en la jerarquía.

DÍAS 1-30 Localizar Trayectorias, filtro de la jerarquía, clasificación de barreras, estándares de verificación, mapa de fragilidad.	DÍAS 31-60 Observar y confirmar Carta firmada, cuadrillas informadas, cerrojo en operación, muestreo independiente desde la segunda semana. Primeras mejoras rápidas.	DÍAS 61-90 Poner a prueba los datos Integridad de la verificación, salud de equipos, prueba de sensibilidad, revisiones de aprendizaje, escaleras de mejora.	DÍAS 91-100 K.O. y decisión Presentación al consejo, mejoras financiadas, decisión del hito.
--	---	--	--

Figura 6. La etapa 1. Sus fases reproducen, en miniatura, las fases A a C del protocolo de validación de la metodología: revisión de contenido, confiabilidad y corrida en terreno.

Días 1 a 30: localizar

Objetivo: saber qué trayectorias de energía letal están en el alcance, si cada una podría cerrarse o resolverse con ingeniería, qué controles son críticos y qué cuenta como prueba de que un control funciona.

CUÁNDO	ACCIÓN	ENTREGABLE
Días 1-5	Confirmar al patrocinador y al líder del despliegue. Cerrar las condiciones 1, 2 y 5. Confirmar de tres a cinco tipos de tarea con energía letal real y frecuencia regular, para que los datos se acumulen.	Acta del despliegue, una página
Días 6-12	Para cada tarea, listar cada energía letal y cada trayectoria por la que puede alcanzar a una persona. Trabaje con las cuadrillas que hacen el trabajo: conocen las vías que los documentos pasan por alto. Luego pase cada trayectoria por el filtro de la jerarquía, de arriba hacia abajo: ¿se puede eliminar la energía?, ¿reducirla por debajo del umbral letal?, ¿separar a las personas con una barrera pasiva?, ¿puede actuar una barrera automatizada sin que nadie tenga que decidir? Registre cada respuesta y su razón.	Registro de trayectorias; bitácora del filtro. Cada «todavía no» es una mejora candidata.
Días 10-20	Seleccionar los controles críticos con la definición del ICMM: un control crucial para prevenir el evento o mitigar sus consecuencias ^[5] . Aplicar a cada uno la prueba de control directo. No descarte los EPP por categoría: el anticaídas anclado supera la prueba; unos lentes de seguridad frente a una carga que cae, no. Clasificar cada control crítico por tipo de barrera, asignarle sus puntos y aplicar la regla de independencia.	Lista clasificada de controles; los que no superan la prueba pasan a la lista de la organización
Días 15-25	Redactar un estándar de verificación para cada control: qué debe ver, tocar o probar el supervisor para registrar v = 1. Los documentos apoyan la verificación, pero nunca la reemplazan. La foto de una etiqueta es un registro, no la prueba de energía cero; la prueba es el intento de arranque o la lectura del instrumento. Capacitar a los supervisores en el estándar y en la prueba de control directo.	Ficha de verificación por tarea; supervisores capacitados

Días 20-30	Un panel de expertos reducido (operaciones, ingeniería, HSE, un representante de las cuadrillas) revisa el registro, la bitácora del filtro y las clasificaciones, y deja constancia de los desacuerdos. Calcular la protección de diseño de cada trayectoria. Definir quién puede autorizar el trabajo en una trayectoria frágil. Elegir las mejoras rápidas que no requieren aprobación de capital.	Mapa inicial de fragilidad; primera estimación de E2; regla de autorización; lista de mejoras rápidas
-------------------	---	---

REGISTRO DE TRAYECTORIAS: PLANTILLA CON UNA FILA DE EJEMPLO

TAREA	TRAYECTORIA	FILTRO DE LA JERARQUÍA	CONTROL CRÍTICO	TIPO DE BARRERA	PTS.	ESTÁNDAR DE VERIFICACIÓN	DUEÑO
Reparación mayor de una bomba	P2 Liberación de la presión de la línea	Eliminación: no. Aislamiento automatizado: todavía no (enclavamiento de llave cautiva factible, +1,0)	Aislamiento con candado, presión cero comprobada	Ingeniería activada por personas	0,5	Candados vistos en ambas válvulas; purga abierta; manómetro en cero	Supervisor de mantenimiento

HITO DE LA FASE «LOCALIZAR»

No se pone en marcha hasta que cada tarea del alcance tenga su registro de trayectorias revisado y pasado por el filtro de la jerarquía, su ficha de verificación y un dueño con nombre para cada control crítico, en línea con las orientaciones del ICMC sobre responsabilidad ^[5].

Días 31 a 60: observar y confirmar

Objetivo: hacer correr el cerrojo en trabajo real, empezar casi de inmediato a poner a prueba la honestidad de los datos y dejar que las cuadrillas vean el primer cambio físico.

CUÁNDO	ACCIÓN	ENTREGABLE
Días 31-35	El patrocinador firma la carta de protección de la detención del trabajo (sección 7) y la presenta en persona a cada cuadrilla del alcance, contratistas incluidos. Los supervisores explican la ficha: verlo, tocarlo, probarlo; cualquier control fallido detiene la tarea; el cerrojo se repite ante cualquier cambio.	Carta firmada; lista de asistencia
Día 36	Puesta en marcha. Cada ejecución registra, por control: conforme o no conforme, un código de motivo para cada no conforme y una nota breve opcional. Conserve la nota. La razón por la que falló un control es el dato más valioso que produce esta etapa.	Fichas completadas; registro de detenciones
A diario	Cada detención se revisa el mismo día: qué falló, cuánto tomó restablecerlo, qué necesitó la cuadrilla. En las primeras semanas, el patrocinador o el gerente del sitio reconoce personalmente cada detención.	Notas de revisión de detenciones
Desde el día 43	Comienza la verificación independiente. Un verificador ajeno a la línea de producción de la cuadrilla vuelve a revisar, dentro del mismo turno, una muestra aleatoria de controles registrados como conformes, estratificada por tipo de energía.	Tabla de concordancia 2 x 2, semanal
Días 45-60	Control de confiabilidad. Dos evaluadores clasifican y verifican por separado los mismos controles. Informe el kappa de Cohen: por debajo de 0,61, el acuerdo no llega a «sustancial» en la escala de Landis y Koch ^[11] , y los estándares de verificación deben reescribirse.	Kappa por tipo de tarea; fichas revisadas

Antes del día 60	Entregue las mejoras rápidas. Barreras rígidas en lugar de cinta, un punto de anclaje fijo, una guarda repuesta: cambios que un gerente de sitio puede aprobar por sí mismo. Cuénteles a las cuadrillas qué detención, o qué respuesta del filtro, llevó a cada una.	Primeras barreras que suben en la jerarquía
-------------------------	---	---

QUÉ ESPERAR, DICHO CON FRANQUEZA

Espere detenciones, y espere que se concentren en las primeras semanas. No conocemos ninguna cifra publicada sobre el efecto que tiene en la producción introducir un cerrojo de verificación de controles, así que esta guía no cita ninguna. **Mídalo:** detenciones por cada 100 ejecuciones, mediana del tiempo para restablecer el control y horas perdidas. Esos tres números, de su propio sitio, son los que el consejo debe ver el día 100.

Días 61 a 90: poner a prueba los datos

Objetivo: averiguar si se puede confiar en los números, si los equipos que sostienen las barreras se mantienen vivos y qué necesita cada trayectoria frágil para subir un peldaño.

CUÁNDO	ACCIÓN	ENTREGABLE
Cada semana	Calcular la tasa de falsos aprobados: controles que la cuadrilla registró como conformes y el verificador encontró fallidos, divididos por todos los conformes de la muestra. Con menos de 30 controles muestreados, informe «muestra insuficiente» y no un porcentaje.	Tendencia de O3
Ante cada falso aprobado	Hacer una revisión de aprendizaje, estructurada con Tripod Beta ^[20] . La primera pregunta es qué hizo, en el sistema, que el falso aprobado fuera la opción más fácil: la presión de tiempo, un estándar poco claro, un control que en la práctica no se puede probar. Dar seguimiento a las acciones hasta su cierre.	Revisión de aprendizaje; acciones
Días 61-75	Mantenimiento extrae, a mano, el estado de los elementos críticos para la seguridad identificados: proporción atrasada en inspección, prueba o calibración; fallas en prueba o en demanda; bypass abiertos sin autorización válida o más allá del plazo autorizado.	Primera lectura de O2
Días 75-85	Prueba de sensibilidad. Mueva cada valor de puntos un peldaño hacia arriba y otro hacia abajo en la escala y recalculé cada trayectoria. Anote qué decisiones cambian (robusta, tolerable, frágil). Las decisiones estables respaldan la escala; las inestables van al panel de expertos.	Tabla de sensibilidad
Días 80-90	Leer E1 frente a O3 y ubicar el sitio en su cuadrante (figura 3). Revisar las fallas del cerrojo por control: una barrera que falla una y otra vez es una señal para ingeniería. Construir una escalera de mejora para cada trayectoria frágil (sección 8): el nivel inmediatamente superior, el que alcanzaría 2,0 puntos y la posibilidad de cerrar la trayectoria. Obtener para cada uno un orden de magnitud de costo y plazo.	Lectura del cuadrante; escaleras de mejora con costo

Días 91 a 100: K.O. y decisión

CUÁNDO	ACCIÓN	ENTREGABLE
--------	--------	------------

Días 91-95	Armar a mano el primer tablero: E1 con su cuadrante, E2, O2 y O3, del peor al mejor. O1 se informa como «línea base establecida», con las mejoras rápidas ya entregadas. Agregue los tres números de producción, el perfil de protección (sección 10) y el balance que el propio equipo hace de lo que funcionó y lo que no.	Documento para el consejo, cuatro páginas como máximo
Días 96-100	Presentación al consejo. El consejo toma tres decisiones: qué escaleras de mejora financiar, empezando por la mayor exposición; si se cumplen los criterios del hito; y si corresponde extender, ajustar y repetir, o detenerse. Informe a las cuadrillas dentro de la semana, en persona.	Mejoras financiadas; decisión registrada

UNA PRECISIÓN SOBRE PLAZOS Y AFIRMACIONES

El día 100 ofrece unas nueve semanas de datos de terreno en un solo sitio. La metodología pide de dos a tres sitios durante al menos doce semanas antes de que el método mismo pueda describirse como **piloteado**. La etapa 2 aporta esa evidencia. Mantenga el primer sitio en operación mientras el consejo decide.

La carta de protección de la detención del trabajo

El cerrojo solo funciona si, para una cuadrilla, registrar una falla es siempre más seguro que registrar un conforme. Eso es un compromiso de liderazgo antes que un procedimiento.

La investigación de Amy Edmondson sobre seguridad psicológica muestra que los equipos reportan problemas cuando creen que no serán castigados ni humillados por hacerlo ^[13]. La cultura justa de James Reason traza la línea complementaria: confianza, con un límite claro entre lo aceptable y lo inaceptable ^[14]. La carta necesita las dos cosas. Construida sobre una amenaza (nombrar una «falta que amerita despido», por ejemplo), invita a ocultar, prejuzga una investigación y difícilmente resistiría la legislación laboral de muchos países. Pregunte qué fue responsable antes de preguntar quién ^[15].

PLANTILLA DE LA CARTA: ADAPTE LAS PALABRAS, CONSERVE LOS SEIS COMPROMISOS

1. **Detenciones protegidas.** Quien detenga una tarea de buena fe porque falta un control crítico o no funciona nunca será sancionado, cueste lo que cueste a la producción.
2. **Todos en el sitio.** Esta protección vale por igual para empleados, contratistas y visitantes. Una detención protegida nunca cuenta en contra de un contratista en su evaluación comercial.
3. **Nosotros vamos a usted.** Cuando una tarea se detiene, un líder designado responde en [plazo acordado], con la autoridad y los recursos para restablecer el control.
4. **Una detención prueba que el sistema funciona.** Así se lo informamos al consejo. La tasa de fallas del cerrojo nunca será una meta, una clasificación ni un criterio de bono.
5. **Registros honestos.** Conforme significa que el control se vio, se tocó o se probó. Si un conforme resulta falso, primero preguntamos qué lo convirtió en la opción más fácil, y corregimos eso. La falsificación deliberada se trata dentro de nuestro proceso de cultura justa, tras una revisión imparcial.
6. **Cerramos el ciclo, con hardware cuando se puede.** Toda cuadrilla que detiene una tarea se entera de lo que se hizo al respecto, y las detenciones repetidas en una misma barrera llevan a una barrera más fuerte, no a más llamados de atención.

Firman: director general o gerente del sitio · director de operaciones · titulares de las empresas contratistas · representante de los trabajadores

LO QUE EL PATROCINADOR LES DICE A LAS CUADRILLAS

«Desde hoy, en estas tareas, cada control crítico se verifica antes de empezar el trabajo. Si falta uno o no funciona, ustedes se detienen, y tienen mi palabra de que nadie será culpado por la demora. Una detención no es un fracaso. Me dice algo que necesito saber y que no alcanzo a ver desde mi oficina. Prefiero mil veces explicarle un atraso a un cliente que tener que explicarle otra cosa a una familia. Lo que les pido a cambio es una ficha honesta: conforme quiere decir que lo vieron, lo tocaron o lo probaron. Si algo se los impide, díganoslo: vamos a corregir el sistema, no a la persona.»

TRES MANERAS DE ARRUINAR LA CARTA EN UNA SEMANA

- Un jefe que pregunta «¿cuánto va a tardar esto?» antes de preguntar «¿qué necesitan?».
- Una detención que aparece en la evaluación de desempeño de un contratista.
- Un trabajo detenido que alguien de mayor rango hace reanudar sin que se haya restablecido el control.

Dé seguimiento a los incumplimientos de la carta: la meta es cero, y uno solo es asunto del consejo.

Tres ejemplos desarrollados y sus escaleras de mejora

Tres situaciones, puntuadas con la fórmula retirada de la versión 1 y luego con la versión 2, cada una seguida de su escalera en la jerarquía. La clasificación de las barreras es ilustrativa: la suya la decide su panel de expertos.

POR QUÉ SE RETIRÓ LA VERSIÓN 1

La versión 1 multiplicaba entre sí pesos tomados de la jerarquía, así que cada barrera agregada bajaba el puntaje: una baranda obtenía 0,90; una baranda más un anticaídas anclado, 0,18. Además promediaba los resultados en un puntaje único de empresa, con lo cual 99 tareas conformes podían ocultar a una cuadrilla expuesta. Si usted conserva un documento anterior que usa «wCCHI», multiplicadores de 1,0, 0,9, 0,5 y 0,2 o un «puntaje de empresa», ese documento quedó sin efecto.

Ejemplo 1. Ingreso a espacio confinado: limpieza de un tanque

Trayectoria P1: una atmósfera tóxica o pobre en oxígeno alcanza a quien ingresa.

CONTROL CRÍTICO	TIPO DE BARRERA	PUNTOS	V	NOTA
Ventilación forzada, con el flujo de aire probado en la tarea	Ingeniería continua	1,0	1	Elemento crítico para la seguridad: su estado de inspección alimenta O2
Detector de gases personal con alarma y retirada entrenada	Ingeniería activada por personas	0,5	1	Prueba funcional antes del ingreso
Vigilante en la entrada, con comunicación y autoridad para detener	Barrera humana activa	0,3	1	Mitigación: da la alarma y activa el plan de rescate

MÉTODO	RESULTADO	LO QUE LES DICE A LA CUADRILLA Y AL CONSEJO
Versión 1 (retirada)	$0,9 \times 0,2 \times 0,5 = 9\%$	Tres barreras verificadas parecen una falla casi total. El puntaje mejoraría si la cuadrilla listara menos controles.
Versión 2	$G = 1 \cdot P = 1,8$ TOLERABLE	El trabajo puede comenzar. Dos de las tres barreras dependen de personas, así que la trayectoria queda registrada para mejora.

cerrada Eliminar limpieza remota	cerrada Sustituir	2,0 Ingeniería pasiva	1,0 Automatizada	0,5 Activada por personas	0,3 Humana activa	0,2 EPP
---	-----------------------------	--------------------------	---------------------	------------------------------	----------------------	------------

Cómo leer la escalera: ■ verificada, en su lugar ■ falló el cerrojo ■ mejora por financiar ■ ausente

K.O. El verdadero premio está en lo más alto de la escalera: limpiar el tanque a distancia, sin que nadie ingrese, y la trayectoria se cierra. Un peldaño más abajo hay una trampa frecuente: agregar detección fija de gases que solo actúa a través del mismo ventilador. Por la regla de independencia, dos barreras con una causa común cuentan una sola vez. No elimine al vigilante: muchas regulaciones y estándares corporativos lo exigen en espacios confinados, y el plan de rescate depende de él. **En la organización.** Si la inspección del ventilador está atrasada, aparece en O2 como aseguramiento crítico atrasado, diga lo que diga la ficha.

Ejemplo 2. Izaje de una enfriadora de 10 toneladas a una azotea con grúa torre

Trayectoria P1: la carga suspendida cae sobre personas que están debajo. El viento se trata en una trayectoria aparte (pérdida de control de la carga).

CONTROL CRÍTICO	TIPO DE BARRERA	PUNTOS	V	NOTA
Accesorios de izaje con capacidad adecuada e inspeccionados, elegidos y colocados por un aparejador competente y revisados antes del izaje	Ingeniería activada por personas	0,5	1	La barrera es el aparejo correcto, no el certificado
Limitador de carga de la grúa, con prueba funcional	Ingeniería automatizada	1,0	1	Elemento crítico para la seguridad
Zona de exclusión bajo el recorrido de la carga, con cinta y conos, controlada por un vigía	Barrera humana activa	0,3	0	Una persona no autorizada entró en la zona

MÉTODO	RESULTADO	LO QUE LES DICE A LA CUADRILLA Y AL CONSEJO
Versión 1 (retirada)	0 %	La detención es correcta, pero el cero también borra toda la información sobre las otras barreras.
Versión 2, tal como se encontró	$G = 0$ DETENERSE	La carga se deposita en el suelo. La zona se despeja y se restablece. La detención queda protegida y registrada con su código de motivo.
Versión 2, control restablecido	$G = 1 \cdot P = 1,8$ TOLERABLE	El izaje continúa.
Después de la mejora	$0,5 + 1,0 + 2,0 = 3,5$ tope de 3,0 ROBUSTA	Una barrera rígida (pasiva, 2,0) reemplaza la cinta y los conos.

cerrada Eliminar	cerrada Sustituir	2,0 Ingeniería pasiva barrera rígida	1,0 Automatizada	0,5 Activada por personas	0,3 Humana activa cinta y conos	0,2 EPP
---------------------	----------------------	--	---------------------	---------------------------------	---------------------------------------	------------

La lección está en la repetición. Si la misma zona de exclusión hizo fallar el cerrojo cuatro veces en un mes, no se trata de un problema de disciplina que se arregle con llamados de atención. Es la evidencia de que una barrera humana activa no se sostiene en ese lugar, y es el argumento para la barrera rígida, un nivel más arriba. Es una mejora rápida: un gerente de sitio puede aprobarla ya en la etapa 1. La revisión semanal de ingeniería debe leer las fallas del cerrojo por control, nunca por cuadrilla.

Ejemplo 3. Maniobra de un interruptor extraíble en un tablero de 480 V energizado

Trayectoria P1: la energía térmica de un arco eléctrico alcanza al electricista. 480 V es baja tensión según la norma IEC 60038 (hasta 1 000 V en corriente alterna) ^[17]; no por eso el arco es menos letal.

CONTROL QUE FIGURABA EN EL DOCUMENTO ANTERIOR	PRUEBA DE CONTROL DIRECTO	PUNTOS	NOTA
Traje contra arco eléctrico de 40 cal/cm ² , acorde con la energía incidente	La supera. Solo mitigación.	0,2	Reduce la consecuencia del arco; no lo hace menos probable
Alfombra aislante	No la supera en esta trayectoria. Protege del choque eléctrico, no de la energía térmica del arco.	0	Corresponde a la trayectoria de choque eléctrico

Procedimiento de maniobra	No la supera. Un procedimiento general apoya a las barreras, pero no detiene la energía.	0	Nivel de la organización: control de degradación
---------------------------	---	---	--

MÉTODO	RESULTADO	LO QUE LES DICE A LA CUADRILLA Y AL CONSEJO
Versión 1 (retirada)	$0,2 \times 0,9 \times 0,5 = 9\%$	La intuición correcta, alcanzada con dos controles que no actúan sobre esta energía.
Versión 2	$G = 1 \cdot P = 0,2$ FRÁGIL	Entre el electricista y el arco solo hay ropa. El trabajo necesita autorización del nivel definido, y la trayectoria se escala.
Opción A: desenergizar aguas arriba y verificar la ausencia de tensión antes de la maniobra	$0,5 + 0,2 = 0,7$ FRÁGIL	Es mejor, y es la primera opción de la norma NFPA 70E [18], pero todo sigue dependiendo de que una persona aplique y compruebe el aislamiento.
Opción B: maniobra remota, fuera de la frontera de arco eléctrico	$2,0 + 0,2 = 2,2$ ROBUSTA	La separación física actúa por el solo hecho de estar ahí. Esta es la mejora que hay que pedirle al consejo que financie.



En la organización. El documento anterior juzgaba a esta división por cómo repartía su presupuesto de seguridad entre EPP y capital. La versión 2 retiró esa medida: gastar no es proteger. O1 hace una pregunta más exigente: de las trayectorias que eran frágiles hace un año, ¿cuántas están hoy en 2,0 puntos o cerradas?

SITUACIÓN	PUNTAJE VERSIÓN 1	PUNTOS DE PROTECCIÓN VERSIÓN 2 (ESCALA DE 0 A 3,0)
1. Espacio confinado, tal como se encontró	9 %	1,8
2. Izaje, control restablecido	0 % y luego 20 %	1,8
2. Izaje, barrera rígida	36 %	3,0 (tope)
3. Interruptor, tal como se encontró	9 %	0,2
3. Interruptor, maniobra remota	n. a.	2,2

Figura 7. La versión 1 les daba a las situaciones 1 y 3 el mismo 9%. La versión 2 distingue una trayectoria tolerable de una frágil, y sube a medida que la protección sube en la jerarquía. Para el izaje, los valores de la versión 1 usan los pesos del documento anterior (0,9, 0,9, 0,5 y 0,5 tal como se encontró; una barrera rígida de 0,9 después de la mejora).

Etapas 2 a 4. Extender, consolidar, sostener

Cada etapa repite la lógica de la primera: localizar, verificar, poner a prueba los datos y hacer subir las barreras en la jerarquía. Lo que cambia es la escala, las herramientas y qué tan aguas arriba llega la jerarquía.

Etapa 2. Extender (meses 4 a 9)

- **Dos o tres sitios más**, ordenados por exposición y fragilidad, con una mezcla de energías o un perfil de contratistas distinto del primero. Las mismas fichas, la misma carta y un panel de expertos local en cada uno.
- **Traslade personas, no solo documentos.** Los supervisores y el verificador del primer sitio ayudan a lanzar el siguiente. Los registros se reconstruyen en cada lugar, filtro de la jerarquía incluido; un registro copiado pasa por alto las trayectorias locales.
- **Entregue las escaleras financiadas en la etapa 1** y divúlguelas internamente. Nada convence mejor al siguiente sitio que una barrera rígida, un enclavamiento o una trayectoria cerrada que pidieron las cuadrillas del primero.
- Esta etapa aporta la evidencia de varios sitios durante doce semanas que la metodología exige antes de describir el método como piloteado.

Etapa 3. Consolidar (meses 9 a 15)

FRENTE DE TRABAJO	QUÉ HACER	PRECAUCIÓN
Digitalizar lo que funcionó	Llevar las fichas a una herramienta móvil que funcione sin conexión y conserve los códigos de motivo y las notas. Operar papel y digital en paralelo hasta que los resultados coincidan.	La especificación del software se escribe a partir del proceso en papel, nunca al revés.
Sistema de mantenimiento (cualquier CMMS) hacia O2	Para los equipos identificados como elementos críticos para la seguridad: tareas de aseguramiento atrasadas, fallas en prueba o en demanda. Vincular el registro de bypass y anulaciones.	Identifique primero los equipos que son barrera. Las relaciones de mantenimiento sobre todos los activos dicen poco de las barreras. Todo bypass vencido está en rojo.
Órdenes de trabajo hacia O1	Contar las mejoras terminadas frente a la lista de trayectorias frágiles.	Cuente trayectorias mejoradas, no dinero gastado. No hace falta ningún enlace con contabilidad.
Sensores de estado de las máquinas	Posición de seccionadores, estado de enclavamientos, lecturas de gases, para corroborar las verificaciones de terreno.	Apoya a O3. Nunca sustituye a la verificación independiente.
Estándar de diseño y compras	Los proyectos nuevos, las modificaciones y las compras mayores pasan por el filtro de la jerarquía desde la etapa conceptual y especifican cada trayectoria de energía letal cerrada o en 2,0 puntos por diseño, o dejan constancia de por qué no. Todo cambio en una barrera reabre su trayectoria en el registro.	Recomendación propia de esta guía. Sin ella, la organización sigue comprando fragilidad para luego verificarla.

Etapa 4. Sostener (desde el mes 15)

- **Todos los tipos de tarea con energía letal dentro del alcance.** Umbrales fijados a partir de la línea base de la propia organización. O1 medido en doce meses móviles.
- **El consejo lee del peor al mejor:** el estado del peor entre E1 (leído con O3), E2, O1, O2 y O3, por sitio, con el perfil de protección (sección 10). Sin promedio de empresa.

- **Tres condiciones están siempre en rojo:** cualquier bypass no autorizado o vencido de un elemento crítico para la seguridad; falsos aprobados en el mismo sitio en dos muestras consecutivas; cualquier trayectoria frágil con su plazo de mejora vencido y sin un plan aprobado.
- **La inversión sigue a la fragilidad y a la exposición,** no a una clasificación de sitios. Clasificar sitios por un puntaje premia a los que esconden su fragilidad.
- **La evidencia de resultados se acumula.** Los eventos precursores se siguen frente a la exposición (sección 10), y la organización puede aportar al estudio de validez de criterio, previsto a doce y veinticuatro meses.

APORTE A LA VALIDACIÓN

Las organizaciones que implementan el método pueden aportar al protocolo de validación datos anonimizados de confiabilidad, de terreno y de resultados. Escriba a contact@riskopilot.com.

10

¿De verdad baja el riesgo fatal? Medidas e hitos

Una ficha completada nunca le salvó la vida a nadie. El despliegue solo tiene éxito si menos personas se enfrentan a la energía letal detrás de barreras débiles, y si los eventos que anteceden a las fatalidades se vuelven más escasos. Mida eso, y no afirme más de lo que la evidencia respalda.

N.º	NIVEL DE EVIDENCIA	LO QUE MUESTRA	CÓMO USARLO
1	Actividad	Fichas completadas, personas capacitadas, sitios lanzados	Información de gestión, nada más. Nunca la presente como un resultado.
2	Estado de los controles	E1 leído con O3; O2; incumplimientos de la carta. Los controles estaban presentes y los datos son honestos.	Necesario, no suficiente. Un cuadrante «creíble» da derecho a creer en lo demás.
3	Exposición	E2 a la baja; O1 al alza; trayectorias cerradas; el perfil de protección subiendo en la jerarquía	El resultado principal del despliegue. Se mide en meses, y es lo que el capital puede cambiar.
4	Precursores	Incidentes y cuasi accidentes de alta energía en los que faltó o falló un control directo, por hora de exposición ^[6] ^[22]	Seguir la tendencia desde la etapa 2. Espere que el reporte aumente antes de que los eventos bajen; léalo junto con O3.
5	Resultados	Fatalidades y lesiones que cambian la vida	Siempre se informan; nunca se usan para proclamar un éxito a nivel de sitio. Son demasiado escasas para que su conteo muestre, en uno o dos años, si el riesgo cambió ^[1] .

PERFIL DE PROTECCIÓN: PROPORCIÓN DE EXPOSICIONES FATALES SEGÚN LA BARRERA VERIFICADA MÁS FUERTE

Inicio de la etapa 1



Mes 18



Figura 8. La forma del éxito: la exposición migra hacia lo alto de la jerarquía de controles. **Forma ilustrativa, no datos.** El perfil es una manera de mostrar E2 y O1, no un indicador nuevo.

Medidas de operación

MEDIDA	CÓMO SE CALCULA	CÓMO SE LEE
E1 Tasa de fallas del cerrojo	Detenciones ÷ ejecuciones, por tipo de tarea y por control	Sin meta. Se lee solo junto con O3. Referencia ilustrativa: «baja» por debajo del 3%.
E2 Proporción de exposición frágil	Ejecuciones en trayectorias con menos de 1,0 punto ÷ todas las ejecuciones	Ilustrativo: verde $\leq 10\%$, ámbar hasta 25%, rojo por encima
O1 Tasa de mejora de controles	Trayectorias frágiles llevadas a 2,0 o cerradas ÷ trayectorias frágiles al inicio, en doce meses móviles	Ilustrativo: verde $\geq 50\%$, rojo por debajo del 20%. Una trayectoria frágil sin financiamiento durante 26 semanas está siempre en rojo.
O2 Salud de los equipos	Proporción atrasada; fallas en prueba o en demanda; bypass vencidos	Ilustrativo: atrasos en verde $\leq 5\%$, en rojo por encima del 15%. Todo bypass vencido está siempre en rojo.
O3 Tasa de falsos aprobados y kappa de Cohen	Conformes de la cuadrilla que el verificador encontró fallidos ÷ conformes de la muestra (mínimo 30 controles); kappa a partir de la tabla 2 × 2	Ilustrativo: verde 0%, ámbar $\leq 3\%$, rojo por encima. Un kappa inferior a 0,61 obliga al menos a ámbar ^[11] .
Efecto en la producción y carga de verificación	Detenciones por cada 100 ejecuciones; mediana del tiempo de restablecimiento; horas perdidas; minutos por ficha	Se informan tal como resulten. Sin meta.

Tabla 1. Los umbrales marcados como ilustrativos son los valores por defecto del simulador de RISKOPILOT. Fije los suyos a partir de su línea base; ninguno ha sido validado.

NUNCA CONVIERTA E1 EN UNA META

Cuando una medida se convierte en meta, la gente mejora la medida y no la condición que describe ^[16]. Ni E1 ni O3 deben vincularse jamás con bonos individuales ni con la evaluación de contratistas.

Hito: lo que debe ser cierto antes de extender

- ☐ El acuerdo entre evaluadores en pares alcanza un kappa de 0,61 o más en cada tipo de tarea del alcance.
- ☐ La tasa de falsos aprobados no supera el 3% en una muestra de al menos 30 controles, sin falsos aprobados en dos muestras consecutivas.
- ☐ Las decisiones (robusta, tolerable, frágil) se mantienen estables cuando cada valor de puntos se mueve un peldaño hacia arriba y hacia abajo.
- ☐ Cero incumplimientos de la carta, confirmados por las cuadrillas y los contratistas, no solo por la gerencia.
- ☐ Cada trayectoria frágil tiene un dueño con nombre y una escalera de mejora financiada, con fecha, o formalmente descartada por el consejo.
- ☐ **Al menos una barrera subió físicamente en la jerarquía**, y las cuadrillas saben qué detención o qué respuesta del filtro llevó a ello.
- ☐ Las cuadrillas, cuando se les pregunta directamente, dicen que el cerrojo las ayuda. Si dicen que es papeleo, créales y ajuste.

Si algún criterio no se cumple, lo correcto es **ajustar y repetir** durante otras ocho a doce semanas, no extender y esperar que salga bien.

11

Roles, tres líneas de verificación, ritmo

ACTIVIDAD	PATROCINADOR EJECUTIVO	LÍDER DEL DESPLIEGUE	GERENTE DEL SITIO	SUPERVISORES Y CUADRILLAS	INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO	VERIFICADOR INDEPENDIENTE
Carta de protección de la detención	A, R	C	R	C	I	I
Registro de trayectorias, filtro, puntos	I	A, R	C	R	R	C
Verificación en la tarea	I	C	A	R	C	I
Respuesta a una detención	I	C	A, R	R	R	I
Muestreo independiente (O3)	I	A	C	C	I	R
Salud de los equipos (O2)	I	C	A	I	R	I
Escaleras de mejora y financiamiento (O1)	A	R	R	C	R	I
Presentación al consejo	A	R	R	C	C	C

Tabla 2. Rejecuta, A rinde cuentas, C consultado, I informado. El verificador independiente reporta al líder del despliegue, nunca a la línea de producción que muestrea.

Tres líneas de verificación

Las orientaciones del ICMM aplican una verificación estructurada en todos los niveles de la organización ^[4]. El despliegue usa tres líneas, cada una con un propósito distinto.

LÍNEA 1 · CADA TAREA

Supervisor y cuadrilla. El cerrojo: verlo, tocarlo, probarlo. Propósito: ninguna exposición sin controles en funcionamiento.

LÍNEA 2 · PLANIFICADA, MENSUAL

La línea de mando, hasta el comité ejecutivo. Cada líder verifica en terreno, en persona, controles críticos seleccionados, y hace la pregunta de la jerarquía: ¿qué haría falta para subir este? Propósito: que los líderes vean las barreras que financian.

LÍNEA 3 · ALEATORIA, MISMO TURNO

Verificador independiente. Vuelve a revisar una muestra de conformes registrados. Propósito: O3, la prueba de los datos mismos.

Ritmo de gobernanza

FRECUENCIA QUIÉN

FOCO

Cada tarea	Supervisor y cuadrilla	Localizar, observar, confirmar. Si G = 0: detenerse, restablecer físicamente el control, volver a verificar y entonces reanudar. Repetir el cerrojo ante cualquier cambio.
A diario	Gerente del sitio, líder del despliegue	Revisar cada detención: qué falló, qué necesitó la cuadrilla, cuánto tomó restablecerlo. Reconocer a la cuadrilla.
Cada semana	Gerentes de ingeniería y mantenimiento	Fallas del cerrojo por control, nunca por cuadrilla. Una barrera que falla una y otra vez entra en una escalera de mejora. Prioridad a las órdenes de trabajo sobre elementos críticos para la seguridad.
Cada mes	Gerente del sitio, verificador	O3 y kappa; revisiones de aprendizaje de los falsos aprobados, enfocadas en el sistema que los hizo más fáciles. Extracción de O2 y registro de bypass. Verificaciones de la línea 2 cumplidas.
Cada trimestre	Consejo o comité ejecutivo	Tablero, del peor al mejor, con el perfil de protección. Financiar las escaleras de mejora según exposición y factibilidad, empezando por lo alto de la jerarquía. Revisar el nivel de evidencia antes de cualquier afirmación pública.

12

Ocho maneras de malograr un despliegue

N.º	LA FALLA	QUÉ HACER EN SU LUGAR
1	Verificar controles débiles para siempre. Las fichas son perfectas y el vigía sigue siendo la única barrera.	Pasar cada trayectoria por el filtro de la jerarquía antes de listar controles, construir una escalera para cada trayectoria frágil y pedirle cuentas al consejo por O1.
2	Primero el software. Se van meses en una aplicación y en integraciones antes de saber qué vale la pena automatizar.	Fichas y hoja de cálculo hasta el final de la etapa 2. Que el terreno escriba la especificación.
3	Una foto tomada por prueba. La foto de una etiqueta muestra una etiqueta.	Solo evidencia funcional: el intento de arranque, el manómetro en cero, la lectura del flujo de aire. Las fotos son registros que la apoyan.
4	Sin texto libre. Solo casillas binarias, para tener datos «limpios».	Veredicto binario, más un código de motivo y una nota opcional en cada no conforme. El porqué es el activo.
5	Inflar la ficha. Se agregan procedimientos y EPP para subir los puntos.	Aplicar con rigor la prueba de control directo y la regla de independencia. Las barreras que comparten una persona cuentan una sola vez.
6	El se vuelve una meta. Las detenciones bajan y la dirección lo celebra.	Leer E1 solo junto con O3. Un E1 bajo con muchos falsos aprobados es el cuadrante más peligroso de la página.
7	Contratistas fuera de la carta, de la capacitación o de la protección.	Incluirlos desde el día 1, con sus titulares entre los firmantes.
8	Afirmar de más. «Nuestro riesgo fatal bajó un 40 %.»	Los puntos son convenciones. Informe el nivel de evidencia alcanzado (sección 10): qué se verificó, qué era frágil, qué subió en la jerarquía.

SENSORES, GEOCERCAS Y TELEMETRÍA

Los datos de estado de las máquinas sirven para corroborar las verificaciones de terreno, por ejemplo si un seccionador estaba abierto cuando la ficha lo decía. Complementan la verificación independiente; no la reemplazan. El rastreo de la ubicación de las personas es otro asunto. En la Unión Europea, el monitoreo sistemático de empleados suele exigir una evaluación de impacto relativa a la protección de datos, conforme al artículo 35 del RGPD, y la consulta a los representantes de los trabajadores ^[21]; muchas leyes de protección de datos personales de América Latina imponen deberes comparables. Un despliegue que se siente como vigilancia no obtendrá fichas honestas.

UNA IDEA PARA CERRAR

La mayor parte del riesgo fatal se decide mucho antes de que empiece el turno: en el diseño, en el mantenimiento y en lo que se decide financiar. El cerrojo protege a la cuadrilla de hoy. La jerarquía protege a todas las que vendrán después. Proteja a quienes detienen el trabajo, ponga a prueba sus propios datos con más dureza que nadie y gaste la credibilidad que eso le dé en sacar la energía de en medio con ingeniería.

13

Correspondencia con la gestión de controles críticos del ICMM

Si usted ya aplica la gestión de controles críticos, este despliegue la prolonga. Si no, es una manera acotada de empezar. Los nueve pasos que siguen son los de la guía de buenas prácticas del ICMM ^[5]; la edición 2026 reúne la guía y sus orientaciones de implementación, y agrega verificaciones de preparación y evaluaciones de madurez ^[4]. Coteje la redacción de los pasos con la edición que usted usa.

N.º	PASO DEL ICMM	DÓNDE ESTÁ EN ESTA GUÍA	LO QUE AGREGA EL MÉTODO
1	Planificar el proceso	Condiciones de la etapa 0; acta del despliegue	Condiciones explícitas para arrancar; el presupuesto de mejoras primero
2	Identificar los eventos no deseados mayores	Orden por exposición y fragilidad; elección de los tipos de tarea	La trayectoria como unidad de análisis
3	Identificar los controles	Registro de trayectorias pasado por el filtro de la jerarquía (días 6–12)	La eliminación se examina antes de listar controles
4	Seleccionar los controles críticos	Prueba de control directo, tipo de barrera y puntos (días 10–20)	Puntos de protección; regla de independencia
5	Definir desempeño y reporte	Estándares y fichas de verificación (días 15–25)	La regla de evidencia «verlo, tocarlo, probarlo»
6	Asignar responsabilidades	Dueños con nombre; tabla de roles	Dueños también para las trayectorias, las escaleras y los indicadores del ORF
7	Implementar en el sitio	Carta, capacitación, puesta en marcha (días 31–36); etapa 2	Cerrojo binario previo a la exposición; se repite ante cualquier cambio
8	Verificar y reportar	Tres líneas de verificación; extracción de O2; tablero	Tasa de falsos aprobados y kappa; lectura por el eslabón más débil
9	Responder a un desempeño inadecuado	Revisiones de detenciones; revisiones de aprendizaje con Tripod Beta; escaleras de mejora	O1: fragilidad eliminada, no dinero gastado

ANEXO

Glosario y fórmulas

TÉRMINO	SIGNIFICADO EN ESTA GUÍA
Energía letal	Fuente de energía suficiente para matar: gravedad, presión, movimiento, electricidad, química, térmica.
Trayectoria	Vía por la que una energía letal puede alcanzar a una persona. Unidad de análisis de la protección.
Filtro de la jerarquía	Preguntas que se le hacen a cada trayectoria, de arriba hacia abajo en la jerarquía de controles, antes de listar los controles.

Escalera de mejora	Para una trayectoria frágil: el nivel inmediatamente superior, el que alcanza 2,0 puntos y la posibilidad de cerrar la trayectoria, cada uno con su costo y su plazo.
Control crítico	Control crucial para prevenir el evento o mitigar sus consecuencias, según la definición del ICMM [5].
Prueba de control directo	Un control solo obtiene puntos si apunta a la energía letal y sigue siendo eficaz ante un error involuntario [6].
Cerrojo (G)	Producto de los valores de verificación de todos los controles críticos. $G = 0$ detiene la tarea.
Puntos de protección (P)	Suma de los puntos de las barreras independientes y verificadas de una trayectoria, con tope de 3,0. Un punto equivale aproximadamente a riesgo $\div 10$.
CCHI	Índice de salud de los controles críticos: el par (G, P_{tarea}) .
Frágil / tolerable / robusta	Menos de 1,0 / de 1,0 a 1,9 / 2,0 puntos de protección o más.
Elemento crítico para la seguridad	Equipo que forma una barrera de ingeniería en una trayectoria de energía letal, o del que esa barrera depende.
ORF	Factor de resiliencia organizacional: O1, O2 y O3. Como valor único, el más bajo de los tres indicadores normalizados.
Falso aprobado	Control que la cuadrilla registró en funcionamiento y que un verificador independiente encontró fallido dentro del mismo turno.
Kappa de Cohen	Acuerdo corregido por el azar: $\kappa = (p_o - p_e) \div (1 - p_e)$. Acuerdo sustancial desde 0,61 [11].
L.O.C.K.	Localizar, Observar, Confirmar, K.O. No es una abreviatura de bloqueo (<i>lockout</i>).

$$G = v_1 \times v_2 \times \dots \times v_n$$

$$P_p = p_1 + p_2 + \dots + p_k \quad (\text{independientes, } v = 1, \text{ tope de } 3,0) \quad \cdot \quad P_{\text{tarea}} = \min(P_p)$$

$$E1 = \text{ejecuciones con } G = 0 \div \text{todas las ejecuciones} \quad \cdot \quad E2 = \text{exposiciones en trayectorias con } P < 1,0 \div \text{todas las exposiciones}$$

$$O1 = \text{trayectorias frágiles llevadas a } P \geq 2,0 \text{ o eliminadas} \div \text{trayectorias frágiles al inicio del período}$$

$$O3 = \text{conformes de la cuadrilla que el verificador encontró fallidos} \div \text{conformes de la muestra} \quad \cdot \quad ORF = \min(O1, O2, O3), \text{ normalizados}$$

FUENTES

Referencias

1. Hallowell, M., Quashne, M., Salas, R., MacLean, B., & Quinn, E. (2021). The statistical invalidity of TRIR as a measure of safety performance. *Professional Safety*, 66(4), 28–34.
2. International Council on Mining and Metals (2026). *Safety performance: Benchmarking progress of ICMM company members in 2025*. Londres: ICMM. icmm.com/en-gb/research/health-safety/benchmarking-2025-safety-data
3. International Council on Mining and Metals (2025). *2020–2024 ICMM safety performance: Insights*. Londres: ICMM. icmm.com/en-gb/research/health-safety/2025/insights-2020-2024-safety-data
4. International Council on Mining and Metals (2026). *Critical control management: Good practice guide* (edición 2026). Londres: ICMM. icmm.com/en-gb/guidance/health-safety/2026/ccm-good-practice-guide
5. International Council on Mining and Metals (2015). *Health and safety critical control management: Good practice guide*. Londres: ICMM.
6. Oguz Erkal, E. D., & Hallowell, M. R. (2023). Moving beyond TRIR: Measuring and monitoring safety performance with high-energy control assessments. *Professional Safety*, 68(5), 26–35.
7. National Institute for Occupational Safety and Health. *Hierarchy of controls*. Centers for Disease Control and Prevention. cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls
8. Center for Chemical Process Safety & Energy Institute (2018). *Bow ties in risk management: A concept book for process safety*. Hoboken: Wiley.
9. Center for Chemical Process Safety (2001). *Layer of protection analysis: Simplified process risk assessment*. Nueva York: AIChE.
10. International Electrotechnical Commission (2016). *IEC 61511-1: Functional safety. Safety instrumented systems for the process industry sector*. Ginebra: IEC.
11. Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
12. Vaughan, D. (1996). *The Challenger launch decision: Risky technology, culture, and deviance at NASA*. Chicago: University of Chicago Press.
13. Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350–383.
14. Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
15. Dekker, S. (2016). *Just culture: Restoring trust and accountability in your organization* (3.ª ed.). Boca Ratón: CRC Press.
16. Strathern, M. (1997). «Improving ratings»: Audit in the British university system. *European Review*, 5(3), 305–321.
17. International Electrotechnical Commission (2009). *IEC 60038: IEC standard voltages*. Ginebra: IEC.
18. National Fire Protection Association (2024). *NFPA 70E: Standard for electrical safety in the workplace*. Quincy, MA: NFPA.
19. Hounkpati, B. (2026). *Salud de los controles críticos: un método de dos niveles para verificar los controles contra la energía letal* (propuesta metodológica, versión 2.0). RISKOPILOT. riskopilot.com
20. Energy Institute (2015). *Tripod Beta: Guidance on using Tripod Beta in the investigation and analysis of incidents, accidents and business losses*. Londres: Energy Institute.
21. Reglamento (UE) 2016/679 (Reglamento General de Protección de Datos), artículo 35; Grupo de Trabajo del Artículo 29 (2017). *Directrices sobre la evaluación de impacto relativa a la protección de datos* (WP 248 rev. 01).
22. Edison Electric Institute (2020). *Safety classification and learning (SCL) model*. Washington, DC: EEI.

SOBRE EL AUTOR

Bruno Hounkpati es director general y exvicepresidente de HSE. Fundador de RISKOPILOT y de HSESKILLS.NET, ha dirigido cientos de investigaciones de incidentes en petróleo y gas, minería y construcción, y es practicante acreditado de Tripod Beta desde 2005.

Para citar este documento: Hounkpati, B. (2026). *La guía de despliegue del CCHI: del primer sitio a la empresa, por etapas* (edición 1.0). RISKOPILOT. riskopilot.com

© 2026 RISKOPILOT. RISKOPILOT es operado por HSESKILLS Ltd, Reino Unido. Publicada bajo la licencia Creative Commons Atribución-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0): puede compartirla en cualquier medio, sin modificaciones y con atribución. creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.es Es una orientación general, no una asesoría sobre ninguna operación en particular, y no reemplaza las obligaciones legales ni regulatorias.



MEDIR LA PRESENCIA DE LA SEGURIDAD

*Una tasa de accidentes que baja no protege a nadie.
Un control crítico verificado, sí.*

Bruno Hounkpati

PARA PLANIFICAR SU DESPLIEGUE O PEDIR MÁS INFORMACIÓN

contact@riskopilot.com

riskopilot.com

La guía de despliegue del CCHI · Edición 1.0 · septiembre de 2026
Pone en práctica la propuesta metodológica v2.0 · Bruno Hounkpati