



Planteamiento De Protocolo De Alta Consecuencia (Hcp) Para Trabajos En Alturas En El Entorno Minero Subterráneo Y Superficie.

High consequence protocol (hcp) approach for work at heights in underground and surface mining environments.

Ángel Darwin Vega Davila¹

advega@itsoriente.edu.ec.

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez²

benjaminquito@bqc.com.ec

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Julio Bolívar Vásconez Espinoza³

juliovasconez@bqc.com.ec

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Recepción: 05-01-2026

Aceptación: 10-02-2026

Publicación: 30-03-2026

Como citar este artículo: Vega, A. Quito, B. Vásconez, J. (2026). **Planteamiento De Protocolo De Alta Consecuencia (Hcp) Para Trabajos En Alturas En El Entorno Minero Subterráneo Y Superficie.** *Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios*, 7 (1), pp. 3218-3261.

¹ *Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).*

² *Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.*

³ *Ingeniero en Electrónica (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE), Magister en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones (Escuela Politécnica Nacional EPN (Egr.)), Magister en Educación Superior (Universidad América), Doctor en Educación PHD (Universidad Benito Juárez) México, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Postdoctorante en Educación (Universidad Internacional de Investigación México UIIMEX).*





Resumen

El trabajo en alturas constituye una de las actividades de mayor riesgo dentro del entorno minero, tanto en operaciones subterráneas como de superficie, debido a la exposición constante a caídas, atrapamientos, colisiones y otros eventos de alta consecuencia. Por ellos, se desarrolló un Protocolo de Alta Consecuencia (HCP) orientado a fortalecer la seguridad operacional mediante la planificación técnica, la supervisión efectiva y la integración tecnológica en las labores mineras ecuatorianas. El propósito del estudio fue diseñar un modelo protocolario aplicable a los entornos de minería nacional, alineado con la ISO 45001:2018, el Decreto Ejecutivo 255 y el Reglamento de Seguridad Minera, con el fin de garantizar una gestión sistemática de los trabajos en altura. La metodología se basó en la aplicación de una matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, la revisión documental de normas internacionales y el análisis comparativo de procedimientos implementados en operaciones mineras de alta consecuencia. Los resultados evidencian que la aplicación del HCP permite reducir los niveles de riesgo a categorías moderadas o aceptables, gracias al control jerárquico de tareas críticas, el uso de equipos certificados y la supervisión permanente. Además, la incorporación de tecnologías de monitoreo en tiempo real incrementa la capacidad de respuesta ante emergencias, reduciendo el tiempo de rescate y fortaleciendo la trazabilidad del proceso. Por tal motivo, se concluye que el protocolo propuesto contribuye significativamente al fortalecimiento de la cultura preventiva en el sector minero, promoviendo una gestión basada en la mejora continua, la capacitación técnica y la integración digital. **Palabras claves:** Trabajo en altura, minería, protocolo de alta consecuencia, seguridad ocupacional, normativa ecuatoriana.

Abstract

Working at heights represents one of the most critical and high-risk activities in the mining sector, both in underground and surface operations. This type of work involves continuous exposure to falls, entrapments, collisions, and other high-consequence incidents that can result in severe injuries or fatalities. Given these conditions, mining operations require structured and standardized procedures to ensure worker protection and operational continuity. Therefore, this study presents the development of a High Consequence Protocol (HCP) designed to enhance occupational safety through rigorous technical planning, effective supervision, and the integration of monitoring technologies within Ecuadorian mining environments. The main objective of this research was to design and validate a protocol model applicable to national mining operations, in alignment with ISO 45001:2018, Executive Decree 255, and the Ecuadorian Mining Safety Regulations. The methodological framework was based on a qualitative approach, including the application of a Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) matrix, a comparative review of international safety standards, and the evaluation of operational practices in high-consequence mining environments. The results demonstrate that implementing the HCP significantly reduces risk levels to moderate or acceptable categories. This outcome is attributed to the establishment of hierarchical control mechanisms, the mandatory use of certified personal protective equipment, and continuous technical supervision. Furthermore, incorporating real-time monitoring and telemetry systems improves early incident detection, optimizes rescue response times, and enhances the traceability of preventive measures. In conclusion, the proposed HCP constitutes a strategic tool for





strengthening preventive culture within the Ecuadorian mining industry. **Keywords:** Working at height, mining, high consequence protocol, occupational safety, Ecuadorian regulations.

Introducción.

El trabajo en alturas dentro de la industria minera, tanto en entornos subterráneos como en superficie, representa una de las actividades de mayor riesgo ocupacional debido a la combinación de factores como la complejidad de las operaciones, la exposición a condiciones ambientales adversas y la interacción con equipos y estructuras de gran magnitud. La minería, históricamente reconocida como una de las actividades con mayor índice de accidentes laborales, ha enfrentado el reto constante de implementar medidas preventivas y correctivas que reduzcan los eventos de alta consecuencia asociados a caídas de personas, materiales o herramientas. Los protocolos de seguridad orientados a trabajos en altura han evolucionado, sin embargo, aún persisten brechas significativas en su aplicación rigurosa y adaptabilidad a las condiciones específicas del sector minero (Fernández y Tamborero, 2022).

Los antecedentes normativos y técnicos evidencian la existencia de reglamentaciones internacionales y nacionales que buscan estandarizar las medidas de protección en este tipo de actividades. Organismos como la Organización Internacional del Trabajo “OIT” y diversas legislaciones locales han establecido lineamientos que obligan a los empleadores a garantizar entornos seguros. No obstante, la particularidad del trabajo minero, caracterizado por la variabilidad de escenarios y la interacción en espacios confinados o estructuras elevadas, demanda la creación de protocolos especializados de alta consecuencia “HCP”, cuyo enfoque no se





limite únicamente al cumplimiento normativo, sino que asegure una gestión integral del riesgo (Hermoso, 2023).

Para el desarrollo de esta investigación se ha empleado la metodología cualitativa, enfocada en el análisis documental y la revisión de experiencias previas relacionadas con la prevención de accidentes en altura. Se ha utilizado como técnica la revisión bibliográfica y normativa, complementada con el análisis crítico de protocolos implementados en industrias de riesgo similar, lo cual permite identificar buenas prácticas y adaptarlas a las necesidades propias del contexto minero subterráneo y superficial. Este enfoque metodológico ha facilitado la construcción de una propuesta que integra elementos técnicos, operativos y organizacionales, con el objetivo de plantear un protocolo aplicable y eficaz.

La finalidad de la investigación es diseñar un planteamiento de protocolo de alta consecuencia que contribuya a fortalecer la seguridad en los trabajos en altura dentro del sector minero, generando lineamientos claros que permitan prevenir incidentes graves y proteger la vida e integridad de los trabajadores.

Por tal motivo, para cumplir con esta finalidad, se analizará ¿cómo plantear un protocolo de alta consecuencia “HCP” que responda de manera eficaz a los riesgos inherentes de los trabajos en altura en el entorno minero subterráneo y en superficie, garantizando estándares de seguridad acordes a las exigencias del sector?

Marco Teórico.

El trabajo en alturas constituye una de las actividades más críticas dentro de la gestión de la seguridad y salud ocupacional. Desde la perspectiva





conceptual, se define como toda tarea realizada en un nivel igual o superior a 1,8 metros sobre el plano de apoyo, en la cual existe riesgo de caída que puede producir lesiones graves o mortales. Este concepto, ampliamente aceptado por organismos internacionales como la Occupational Safety and Health Administration “OSHA” y la OIT, ha sido incorporado en normativas de diferentes países, reflejando el reconocimiento de que la altura representa un factor de alta consecuencia en términos de accidentalidad (Cunalata y Haro, 2024).

Los trabajos en altura adquieren particular complejidad por la naturaleza de las operaciones como la instalación y mantenimiento de estructuras metálicas, manipulación de sistemas eléctricos en galerías, construcción de rampas, sostenimiento de techos y tareas de perforación o voladura en distintos niveles. Fernández y Tamborero (2022), plantean la causalidad de los accidentes a partir de la interacción entre factores humanos, mecánicos y ambientales, resulta vigente en este escenario, ya que las caídas desde alturas en minería suelen ser consecuencia de una cadena de condiciones inseguras que, al no ser interrumpidas, derivan en un evento grave.

El concepto de protocolos de alta consecuencia surge de la necesidad de estructurar procedimientos que contemplen controles estrictos en tareas que, por su naturaleza, representan amenazas inaceptables para la vida humana. Estos protocolos se basan en teorías de gestión del riesgo como la propuesta por Arrázola et al. (2020), con el modelo del “queso suizo”, el cual explica cómo los accidentes ocurren por la alineación de fallas en diferentes capas de defensa. Desde esta perspectiva, un protocolo HCP para trabajos en altura en minería actúa como una barrera organizada, que integra controles técnicos, administrativos y conductuales para reducir al mínimo la probabilidad de una caída.





En el ámbito legal, el marco normativo internacional establece lineamientos claros para la protección de los trabajadores en altura. La OIT, mediante convenios como el C155 sobre seguridad y salud de los trabajadores y el C176 sobre seguridad y salud en las minas, obliga a los Estados miembros a adoptar medidas específicas para prevenir caídas y otros accidentes relacionados con labores mineras (Coral et al., 2024a). En Estados Unidos, la OSHA regula en la norma 29 CFR 1926 los requisitos de protección contra caídas, mientras que, en Europa, la Directiva 2009/104/CE exige a los empleadores garantizar equipos de protección y sistemas de trabajo seguros. En el caso de Ecuador, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, emitido mediante Decreto Ejecutivo N.º 255, y las resoluciones complementarias del Ministerio de Trabajo, establecen la obligatoriedad de implementar medidas de protección colectiva e individual en la ejecución de trabajos en altura. Dichas disposiciones refuerzan la responsabilidad de los empleadores de garantizar condiciones seguras, verificar la idoneidad de los equipos y asegurar la capacitación continua del personal expuesto (Ochoa y Palaguachi, 2020). Asimismo, la normativa del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, específica para la minería, incorpora la gestión del riesgo laboral como parte de la planificación operativa. El desarrollo de un protocolo HCP también se sustenta en teorías de sistemas de gestión de la seguridad, como la norma ISO 45001:2018, que promueve la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de controles jerarquizados. Bajo este enfoque, los trabajos en altura deben ser evaluados con criterios de criticidad, considerando la probabilidad y la severidad de los incidentes potenciales (Registro Oficial No. 517, 2009). La teoría de la jerarquía de controles de la





National Institute for Occupational Safety and Health “NIOSH” resulta clave, al establecer que la eliminación del riesgo es la medida más eficaz, seguida por la sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y, en última instancia, el uso de equipos de protección personal.

En minería, sin embargo, la eliminación del trabajo en altura no siempre es factible, por lo que los protocolos deben priorizar los controles de ingeniería, como sistemas de líneas de vida horizontales o verticales, barandillas y plataformas de trabajo seguras, complementados con medidas administrativas como la capacitación constante y la autorización de personal calificado. El uso de equipos de protección personal (arneses de cuerpo completo, eslingas, conectores y cascos con barboquejo) se convierte en la última línea de defensa, aunque nunca debe ser considerado un sustituto de los controles colectivos (Tubis et al., 2020a).

La literatura científica refuerza la necesidad de este enfoque integral. Investigaciones en países con alta actividad minera como Chile, Perú y Sudáfrica evidencian que la mayoría de los accidentes en altura ocurren por deficiencias en la planificación de las tareas y en la supervisión, más que por ausencia de equipos de protección. Por ello, las teorías de cultura organizacional de seguridad, como las planteadas por Barrial y Enriquez (2024), enfatizan que la prevención no depende únicamente de medidas técnicas, sino de la integración de valores, percepciones y conductas compartidas en todos los niveles de la organización.

Estado del Arte

En los últimos cinco años la literatura sobre seguridad en trabajos en altura ha mostrado un doble movimiento, por un lado, la constatación continuada





de que las caídas desde altura siguen siendo una de las principales causas de mortalidad y lesiones graves en sectores de riesgo; por otro, un creciente interés en integrar controles tecnológicos y de gestión para reducir eventos de alta consecuencia. Estudios de revisión sobre accidentes laborales en minería sostienen que la actividad minera mantiene una carga significativa de lesiones fatales y que las caídas constituyen una fracción relevante de esos siniestros, lo cual mantiene la prioridad del tema en agendas de investigación y regulación (Long et al., 2021).

En términos conceptuales, los autores contemporáneos reiteran que los trabajos en altura en minería no pueden abordarse sólo como un problema de equipo personal, sino como un fenómeno sistémico donde confluyen factores técnicos, humanos y organizacionales. Revisiones y reportes técnicos destacan que las causas subyacentes de las caídas incluyen planificación insuficiente de la tarea, falta de autorización y supervisión, uso inadecuado o inexistente de sistemas de protección colectiva, y brechas en la competencia del personal operario. Estos análisis apelan a modelos de causalidad moderna que explican accidentes como la alineación de múltiples fallas defensivas (Kwesi et al., 2024).

Trabajos empíricos presentan métodos cuantitativos para identificar combinaciones de factores con alta probabilidad de provocar caídas y proponen técnicas de priorización de controles según criticidad de tareas. Asimismo, emergen estudios aplicando machine learning y análisis de factores para predecir situaciones de riesgo antes de que ocurran; aunque la mayor parte de aplicaciones hasta ahora se centra en construcción y





manufactura, se observa transferencia metodológica hacia la minería (Bergman et al., 2023).

La evidencia reciente muestra que los protocolos estrictos aquellos que consideran autorización previa, supervisión especializada, barreras físicas y verificación reducen la ocurrencia de incidentes en tareas críticas. Agencias sectoriales han emitido alertas y guías de trabajo en altura que enfatizan la prohibición de realizar tareas en altura sin protección, la obligación de capacitación y la inspección de anclajes y equipos. Sin embargo, los estudios críticos señalan que la mera existencia de normas no garantiza cumplimiento, la falta de adaptación a condiciones mineras específicas y las deficiencias en la supervisión in situ limitan la efectividad (Rahmat et al., 2024).

En los últimos años, diversas investigaciones e informes técnicos han evidenciado un avance significativo en el desarrollo de tecnologías de monitoreo en tiempo real orientadas a la prevención de caídas desde alturas. Estas herramientas, concebidas como un complemento a los controles tradicionales, incorporan sensores inteligentes, dispositivos portátiles, sistemas de posicionamiento y plataformas de análisis de datos que permiten detectar desviaciones o condiciones de riesgo antes de que se produzca un incidente. Según estudios recientes, las tecnologías basadas en telemetría y análisis predictivo ofrecen la posibilidad de registrar en tiempo real los movimientos del trabajador, la tensión en los sistemas de anclaje, la inclinación del cuerpo y la distancia a los puntos críticos, facilitando la detección precoz de comportamientos inseguros o fallos en los equipos de protección (Zhang et al., 2024a).





No obstante, las revisiones más actualizadas sobre la aplicación de estas tecnologías en el sector minero advierten que su adopción enfrenta importantes retos operativos y técnicos. Entre los principales se destacan las dificultades para mantener la conectividad en ambientes subterráneos, la interferencia por polvo o humedad, la limitada autonomía energética de los dispositivos y los altos costos de implementación y mantenimiento. Además, la falta de estandarización en los sistemas de comunicación y la ausencia de protocolos integrados de respuesta ante alertas limitan su efectividad práctica (Hosseini et al., 2023).

Los autores coinciden en que el uso de tecnología no debe considerarse una solución aislada, sino una herramienta complementaria dentro de un sistema de gestión integral de seguridad. Su eficacia depende de la adecuada integración con los procedimientos operativos, la supervisión en campo y la cultura organizacional de prevención (Yang et al., 2021).

Jiang et al. (2024), revela un nivel de desarrollo moderado-avanzado en diagnóstico y propuestas generales (normas, guías, análisis de factores causales), pero incipiente en la articulación de protocolos HCP específicamente diseñados para la minería subterránea y de superficie. Mientras que hay abundante literatura sobre fallas y medidas en sectores como la construcción, las publicaciones que presentan protocolos integrales y validados en minería con pruebas de efectividad empírica o ensayos pilotos son escasas. Esto indica un campo maduro en términos de conocimiento de causas y medidas genéricas, pero con una brecha sustancial en transferencia y validación para minería (Gamboa et al., 2024).

La comunidad investigadora sugiere priorizar estudios interventional-operacionales (pilotos controlados en yacimientos), estandarizar





indicadores de efectividad de protocolos HCP y desarrollar guías técnicas que integren requisitos tecnológicos robustos para ambientes subterráneos (Hermoso, 2023).

Desarrollo.

La naturaleza propia de las labores mineras, caracterizadas por la manipulación de estructuras metálicas, equipos pesados, instalación y mantenimiento de sistemas de ventilación, ensamblaje de ductos, perforaciones verticales, revisiones estructurales en galerías y chimeneas, conlleva una exposición significativa a caídas, golpes, atrapamientos, desprendimientos de material y otros eventos catalogados como de alta consecuencia. A diferencia de otros entornos industriales, la minería presenta desafíos adicionales, como la inestabilidad del terreno, la humedad constante, la baja visibilidad y la presencia de gases, factores que incrementan exponencialmente la probabilidad de incidentes graves si no se cuenta con controles operativos rigurosos y protocolos de seguridad bien estructurados (Fernández y Tamborero, 2022).

En diversas operaciones mineras del país, se ha evidenciado que las actividades de mantenimiento y montaje en plataformas, tolvas, chimeneas o estructuras de carga no siempre disponen de procedimientos estandarizados ni de una cultura preventiva plenamente consolidada, lo cual aumenta la vulnerabilidad frente a eventos no controlados (Hermoso, 2023).

De acuerdo con la International Organization for Standardization (2018), la implementación de protocolos basados en la gestión de riesgos y la mejora continua permite garantizar la sistematicidad de las acciones preventivas, la trazabilidad de las decisiones y la reducción progresiva de los índices de





siniestralidad. Por ello, el HCP se concibe como un instrumento técnico y de control operacional, cuyo propósito es establecer lineamientos claros y verificables para la ejecución de actividades críticas, asegurando la aplicación de controles jerárquicos, la correcta asignación de responsabilidades y la eliminación de la improvisación en la gestión del riesgo.

En Ecuador, el marco legal que regula las operaciones mineras y la seguridad ocupacional establece lineamientos precisos sobre la obligatoriedad de implementar procedimientos específicos para tareas de alto riesgo. El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo y Mejoramiento del Medio Ambiente Laboral y el Reglamento de Seguridad Minera determinan que toda empresa minera debe identificar, evaluar, controlar y documentar los riesgos laborales, particularmente aquellos asociados a trabajos en altura, espacios confinados o con fuentes de energía peligrosas (Ministerio del Trabajo y Alianza por la Minería Responsable, 2021). Estas disposiciones exigen además que las tareas críticas sean autorizadas únicamente por personal competente y debidamente capacitado, con supervisión directa y continua, garantizando la correcta aplicación de los estándares nacionales e internacionales de seguridad industrial.

No obstante, la aplicación práctica de estas normativas en el campo minero ecuatoriano a menudo se ve limitada por la falta de integración entre las políticas de gestión y la operación diaria, así como por la carencia de procedimientos específicos adaptados a las condiciones reales de trabajo en altura. En muchos casos, las directrices de seguridad permanecen a nivel documental, sin una ejecución efectiva ni mecanismos de seguimiento





en tiempo real. El protocolo está diseñado específicamente para el entorno minero metálico, que contemple las particularidades de las minas de oro del país, donde la profundidad de las galerías, la ventilación restringida y la estructura geotécnica representan desafíos singulares (Calizaya, 2022).

El protocolo propuesto posee un alcance dual, pues se aplica tanto a entornos subterráneos como a entornos de superficie. En ambos escenarios, el trabajo en altura implica riesgos diferenciados, pero igualmente críticos, por lo que la planificación debe incluir un análisis exhaustivo de peligros, la verificación de condiciones ambientales y estructurales, el uso de equipos certificados bajo normas ANSI, EN o INEN, y la implementación de sistemas de supervisión, monitoreo y rescate inmediato (Fabián Asadobay et al., 2023).

Desde la perspectiva operativa, el protocolo se estructura en seis componentes esenciales, concebidos para garantizar la seguridad total en el trabajo en alturas dentro del sector minero. Estos son planificación y evaluación de riesgos, autorización formal mediante permisos de trabajo en altura, implementación de controles operativos y selección de EPP, supervisión continua y monitoreo en tiempo real, respuesta ante emergencias y rescate especializado, y cierre post-operacional y mejora continua. Cada componente se articula con los principios de la ISO 45001:2018, orientados a fortalecer la prevención de incidentes y consolidar una cultura organizacional basada en la seguridad como valor primordial.





Planificación y permisos de trabajo

Aguirre (2021), manifiesta que es indispensable la elaboración de un permiso de trabajo en altura, el cual debe ser autorizado, revisado y firmado por el área de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional de la organización. Este documento constituye un requisito obligatorio previo a la ejecución de cualquier tarea que implique riesgo de caída a distinto nivel, ya sea sobre estructuras metálicas, andamios, techos, plataformas elevadas, postes, torres o cualquier otro medio que exponga al trabajador a una altura superior a los dos metros sobre el nivel del suelo. El PTA no solo sirve como control administrativo, sino también como una herramienta preventiva que permite asegurar que todas las condiciones técnicas, ambientales y humanas estén bajo control antes de autorizar el inicio de la labor.

De acuerdo con la Occupational Safety and Health Administration (2020), específicamente en la norma 1910.28 “Duty to have fall protection and falling object protection”, ningún trabajo en altura debe iniciarse sin la autorización formal del área responsable y sin la verificación previa del estado operativo de los equipos de protección contra caídas. Esto incluye la inspección visual y funcional de los arneses de cuerpo completo, líneas de vida, conectores, ganchos, mosquetones, puntos de anclaje y dispositivos de detención de caídas. La verificación debe realizarse por personal competente y capacitado, que pueda determinar la aptitud de los elementos de protección y detectar signos de desgaste, corrosión o deformaciones que puedan comprometer la seguridad del trabajador.

El Permiso de Trabajo en Altura tiene un periodo de validez temporal limitado, establecido de acuerdo con la duración estimada de la tarea y las condiciones del entorno. En la mayoría de los casos, su validez no excede





una jornada laboral. Si las condiciones del lugar cambian como, variaciones climáticas, alteraciones estructurales, interrupciones prolongadas o ingreso de nuevos trabajadores, el permiso debe ser renovado y revalidado por el área de Seguridad Industrial antes de reanudar las actividades. Este principio de renovación continua responde al concepto de “condiciones controladas”, ampliamente promovido por normas internacionales de gestión de seguridad como la ISO 45001:2018, que establece que los procedimientos deben revisarse cuando existan modificaciones que afecten el contexto operativo o los riesgos identificados (International Organization for Standardization, 2018).

Asimismo, el PTA debe contener información detallada que permita identificar de forma precisa la actividad a realizar, el personal autorizado, el equipo de protección requerido y las medidas preventivas que se implementarán. El documento incluye generalmente la descripción del trabajo, identificación de peligros, evaluación de riesgos, control de energía, verificación de equipos, condiciones ambientales, plan de rescate y firma de autorización. Esta estructura estandarizada garantiza que ningún aspecto crítico quede fuera del control preventivo (Stewart, 2020).

En entornos de alta complejidad operativa, como la industria minera o las obras de construcción, la emisión del Permiso de Trabajo en Altura se complementa con una inspección previa en sitio, donde el personal de Seguridad Industrial y el supervisor de la tarea verifican las condiciones reales de trabajo. Este recorrido permite confirmar que los puntos de anclaje estén correctamente instalados, que las plataformas sean estables, que exista señalización visible, y que el trabajador haya recibido la





inducción o charla de seguridad específica antes del inicio de la actividad (Aguirre, 2021).

El cumplimiento estricto de este procedimiento tiene como objetivo prevenir caídas, lesiones graves o accidentes fatales, que representan una de las principales causas de mortalidad laboral según la OSHA y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Por ello, el Permiso de Trabajo en Altura no debe considerarse una simple formalidad documental, sino una barrera de control de alta consecuencia, parte integral de los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, que promueve la disciplina operativa, la conciencia del riesgo y la cultura preventiva en todos los niveles jerárquicos de la organización.

Evaluación de riesgos

Como parte fundamental del Protocolo de Alta Consecuencia se implementa y aplica directamente una matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos “IPER” como herramienta de control y prevención. Esta matriz no se limita a un requisito documental, sino que constituye una fase operativa del protocolo, orientada a evaluar en campo los peligros reales asociados a cada tarea y determinar el nivel de riesgo antes de la ejecución. Su aplicación práctica permite establecer controles específicos, verificar la eficacia de las medidas existentes y definir los requerimientos mínimos de protección personal y colectiva (Aguilar y Campoverde, 2024).

El procedimiento inicia con la identificación detallada de la tarea, que puede comprender el montaje de andamios, instalación de ductos, mantenimiento de luminarias, inspección de sostenimiento rocoso o reparación de ventiladores, entre otros. Una vez delimitada la actividad, el





supervisor designado, junto con el técnico en seguridad industrial, procede a realizar la aplicación de la matriz IPER en sitio, observando directamente las condiciones del entorno. Este paso es esencial en minería subterránea, donde los espacios confinados, la humedad, el polvo en suspensión y la iluminación limitada representan condiciones cambiantes que deben evaluarse antes de autorizar la labor (Jerez y Montero, 2021).

Durante la aplicación práctica, el equipo de seguridad registra los peligros físicos más frecuentes, tales como caídas de personas a distinto nivel, caída de objetos, golpes contra estructuras, colisiones con maquinaria móvil, y proyección de fragmentos. En cuanto a los riesgos mecánicos, se documentan fallas por rotura de cables, ganchos o estructuras de soporte, así como desprendimiento de barandas o desplazamiento de plataformas. En entornos con presencia de humedad o maquinaria eléctrica, se identifican riesgos eléctricos, principalmente por contactos indirectos o derivaciones accidentales (Saurman, 2022).

Cada peligro identificado se evalúa según dos variables que son probabilidad de ocurrencia y consecuencia esperada, asignando un valor numérico que permite calcular el nivel de riesgo. En estos casos, el protocolo HCP establece que la actividad no podrá iniciarse hasta que se apliquen medidas correctivas tales como la instalación de iluminación adicional, verificación del aislamiento eléctrico y uso obligatorio de arnés de cuerpo completo con doble línea de vida.

Una vez calculado el nivel de riesgo, se determina el riesgo residual, que corresponde al riesgo remanente tras la implementación de las medidas de control. El objetivo es que todos los riesgos identificados alcancen niveles moderados o aceptables según los criterios establecidos por la norma ISO





45001:2018 y las directrices del Decreto Ejecutivo N.º 255 del Ecuador, el cual dispone que los riesgos laborales deben mantenerse en niveles controlados, bajo supervisión continua y con la aplicación de medidas preventivas y correctivas que garanticen la protección integral de los trabajadores.

El registro de la matriz IPER aplicada se archiva junto con el Permiso de Trabajo en Altura correspondiente, constituyendo un requisito indispensable para la autorización de la tarea. Además, una copia del análisis de riesgos se mantiene en sitio, visible para todo el personal involucrado. Este enfoque asegura que los trabajadores conozcan los peligros específicos antes de iniciar la actividad y participen activamente en la verificación de las condiciones seguras (Zhang et al., 2024b).

En concordancia con las recomendaciones de Chaumont Menéndez & Marsh (2018), la matriz IPER aplicada no solo debe ser vista como un documento preventivo, sino como una herramienta viva de gestión, integrada a la planificación diaria, al monitoreo continuo y a la mejora del sistema de control operacional. Este enfoque aplicado transforma la evaluación de riesgos en una acción preventiva tangible, permitiendo anticipar condiciones inseguras, implementar controles eficaces y reforzar la cultura de seguridad en cada jornada de trabajo en altura dentro del entorno minero.



**Tabla 1:** Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

Actividad / Tarea	Peligro identificado	Tipo de peligro	Consecuencia potencial	Probabilidad	Nivel de riesgo inicial	Medidas de control existentes	Controles adicionales requeridos (según HCP)	Nivel de riesgo residual
Inspección de sostenimiento en galerías subterráneas	Ca�da a distinto nivel por pérdida de equilibrio	Físico	Lesión grave o fatal	Alta	Alto	Arn�s, línea de vida, puntos de anclaje	Doble línea de vida, control de oxígeno y comunicación radial	Medio
Instalación de ductos en plataformas elevadas	Rotura de cable o estructura de soporte	Mecánico	Fracturas múltiples, caída libre	Media	Alto	Inspección visual de equipos	Certificación de equipos, registro de mantenimiento y anclaje redundante	Bajo
Mantenimiento eléctrico en torres	Contacto con línea energizada	Eléctrico	Electrocución, paro cardiorrespiratorio	Media	Alto	Bloqueo y etiquetado LOTOTO, guantes dieléctricos	Supervisión eléctrica, medición de voltaje previo, distancias seguras	Bajo
Limpieza o inspección de techos de talleres	Ca�da de objetos o herramientas	Físico / Mecánico	Lesión craneal o contusión	Alta	Alto	Casco, �rea delimitada	Red de protección y líneas de retención de herramientas	Medio

Fuente: Elaboración propia

Control de equipos y EPP

Wo et al. (2022), manifiesta que como principio fundamental la gestión integral y control riguroso del equipo de protección personal. Este componente resulta esencial para garantizar la integridad física de los trabajadores expuestos a riesgos de caída, atrapamiento o impacto por objetos durante la ejecución de actividades en zonas elevadas.

Todo equipo de protección personal utilizado en los trabajos en altura debe cumplir con los estándares técnicos de calidad y certificación reconocidos internacionalmente, conforme a lo establecido por las normas ANSI Z359 (Estados Unidos), EN 361-365 (Unión Europea) y NTE INEN-ISO 10333





(Ecuador), las cuales regulan los sistemas de detención de caídas, resistencia de materiales, puntos de anclaje y requisitos de ensayo. La selección del equipo deberá realizarse considerando el tipo de tarea, el entorno y las condiciones atmosféricas del área de trabajo (Asadobay et al., 2023).

Los arneses de cuerpo completo, las líneas de vida horizontales y verticales, los mosquetones, eslingas, amortiguadores de energía y conectores deberán ser objeto de inspección minuciosa y documentada antes y después de cada uso. Estas inspecciones serán ejecutadas por personal capacitado y autorizado por el área de Seguridad Industrial, siguiendo los lineamientos de la NFPA 1852 (2022) sobre equipos para operaciones de rescate técnico. El resultado de cada inspección deberá registrarse en fichas de control físico y digital, en las cuales constarán los datos del equipo, su número de serie, fecha de adquisición, uso acumulado, condiciones actuales, observaciones técnicas y firma del inspector responsable (Couto et al., 2020).

Adicionalmente, el protocolo exige la implementación de un sistema digital de trazabilidad de equipos, el cual permitirá mantener un registro histórico actualizado de inspecciones, mantenimientos, reparaciones o retiros de servicio. Este inventario digital se convertirá en un elemento clave dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de la operación minera, facilitando auditorías internas y externas, así como la toma de decisiones basadas en datos reales sobre la vida útil de los componentes de protección (Cheng et al., 2022).

De acuerdo con el Reglamento de Seguridad Minera del Ecuador y las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo N.º 255, se establece que





únicamente el personal que haya recibido formación técnica certificada en trabajo seguro en alturas, inspección de equipos de protección personal y rescate industrial, podrá manipular, revisar o asignar dichos equipos. Esta exigencia busca garantizar que las tareas críticas sean ejecutadas bajo estándares técnicos y preventivos que minimicen los riesgos asociados a las caídas y a la exposición a condiciones de alto potencial de daño (Asadobay et al., 2023). La capacitación deberá estar avalada por un organismo competente y mantenerse vigente mediante procesos de actualización continua, en concordancia con el principio de mejora permanente que establece la ISO 45001:2018

Asimismo, el protocolo indica que los equipos defectuosos, con desgaste evidente, alteraciones estructurales o que hayan estado involucrados en una caída o esfuerzo de impacto deberán ser retirados inmediatamente del servicio y enviados a evaluación técnica para su descarte o reparación certificada. Queda estrictamente prohibido el uso de elementos sin identificación visible del fabricante, sin registro de inspección o sin evidencia documental de certificación vigente (Aguirre, 2021).

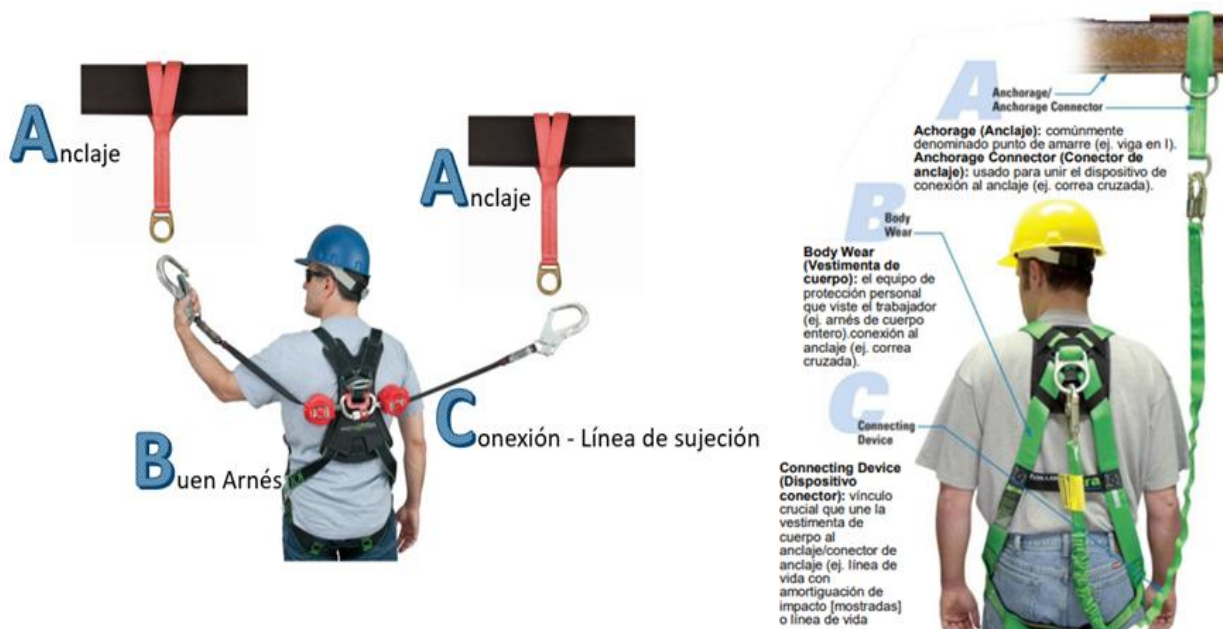
Cada área operativa deberá contar con un punto designado para el almacenamiento controlado de los EPP, en condiciones de limpieza, ventilación y humedad controlada, a fin de preservar las propiedades mecánicas de los materiales. El responsable del área deberá verificar semanalmente la correcta disposición y conservación de los equipos, asegurando que ningún elemento se encuentre expuesto a agentes corrosivos, polvo mineral o temperaturas extremas (Morey et al., 2024).

Para reforzar la gestión preventiva, se recomienda establecer un programa anual de auditoría técnica de equipos de protección, que contemple



ensayos de resistencia, revisión de costuras, verificación de mosquetones, y comprobación del funcionamiento de los sistemas de absorción de energía. Dichos controles deberán registrarse en informes técnicos firmados por el responsable de Seguridad Industrial y archivarse en el historial de mantenimiento preventivo del área (Casas et al., 2022).

Figura 1: Equipo de protección anti caídas



Fuente: Elaboración propia

Ejecución supervisada

Se establece de manera categórica la presencia permanente de un supervisor de seguridad industrial, cuya autoridad debe ser reconocida jerárquicamente por todo el personal involucrado en la tarea. Este supervisor tiene la facultad y responsabilidad directa de suspender o detener inmediatamente cualquier actividad que presente desviaciones respecto a los procedimientos operativos seguros, o cuando identifique



condiciones inseguras, fallas de equipo, incumplimiento en el uso de EPP o variaciones ambientales que comprometan la integridad de los trabajadores (Coral et al., 2024b).

La designación de este rol se enmarca en el principio de control jerárquico de la seguridad, un pilar de la gestión preventiva moderna, en el cual la seguridad prevalece sobre la producción. Según lo estipulado en la ISO 45001:2018 y reforzado por el Reglamento de Seguridad Minera del Ecuador (Decreto Ejecutivo N.º 255), la autoridad para detener una tarea no depende del nivel jerárquico dentro de la estructura operativa, sino del criterio técnico del supervisor de seguridad, quien actúa en representación del sistema de gestión y bajo el principio precautorio. Este enfoque garantiza que la toma de decisiones en situaciones de riesgo inminente priorice la preservación de la vida y la integridad física de los trabajadores por encima de los objetivos productivos, consolidando una cultura preventiva basada en la responsabilidad compartida y en la aplicación efectiva de los controles operacionales (Normativas del Sector Minero, 2020). En este sentido, el protocolo establece que ninguna meta productiva, indicador de desempeño ni requerimiento de avance físico de obra puede justificar la exposición del personal a un riesgo inaceptable.

El supervisor deberá mantenerse presente en el área de trabajo durante toda la ejecución, verificando que se cumplan los requisitos del Permiso de Trabajo en Altura (PTA), que las medidas de control descritas en la matriz IPER se mantengan efectivas y que los equipos certificados se utilicen conforme a los procedimientos establecidos. Además, tiene la obligación de documentar las inspecciones visuales y funcionales de las líneas de vida, puntos de anclaje, plataformas, andamios y sistemas de acceso, así como





de emitir informes diarios de cumplimiento, los cuales pasarán a formar parte del registro de seguimiento del protocolo HCP.

De acuerdo con las recomendaciones de (Chaumont y Marsh, 2018) y los estudios más recientes en sistemas de gestión de seguridad industrial en minería, la presencia de un supervisor con competencias técnicas certificadas en trabajo seguro en alturas, primeros auxilios y rescate en espacios confinados incrementa significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias. Este perfil técnico debe ser validado por el área de Talento Humano y Seguridad Industrial, garantizando que el profesional cuente con experiencia demostrable en operaciones de minería metálica y conozca los procedimientos de rescate vertical aplicables en entornos subterráneos.

En cuanto a la comunicación operativa, el protocolo dispone que todos los trabajadores involucrados en el trabajo en altura deben mantener comunicación constante y bidireccional con el supervisor y el puesto de control mediante sistemas de radiocomunicación VHF/UHF, radios intrínsecamente seguros o dispositivos IoT diseñados para el monitoreo de condiciones en tiempo real. (Jiang et al., 2024), el uso de tecnologías IoT de monitoreo en tiempo real en entornos mineros permite registrar variables críticas como ubicación, movimiento, postura corporal, niveles de oxígeno y exposición a gases, integrando esta información al sistema central de control para la toma inmediata de decisiones.

En la minería subterránea, las condiciones ambientales pueden variar repentinamente debido a desprendimientos, fallas de ventilación o acumulación de gases, el protocolo especifica la utilización obligatoria de sensores multigás portátiles, calibrados y certificados, para detectar





concentraciones de oxígeno, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otros gases peligrosos. La información obtenida debe transmitirse automáticamente al centro de monitoreo de seguridad minera, donde un operador podrá visualizar en tiempo real las condiciones del ambiente subterráneo (Quiroz, 2022).

Complementariamente, se recomienda el uso de cámaras portátiles de cuerpo o de casco, con capacidad de transmisión inalámbrica, que permitan al supervisor remoto o al centro de control visualizar el entorno visual del trabajador en tiempo real. Este tipo de tecnología ha sido reportada por Tubis et al. (2020), como una herramienta eficaz para reforzar la supervisión en minas con geometrías complejas o con múltiples frentes de trabajo, ya que facilita la detección temprana de comportamientos inseguros y fallas estructurales.

El protocolo también enfatiza que la comunicación y la supervisión tecnológica deben integrarse con la cadena de mando de respuesta ante emergencias. En caso de incidente o detección de condiciones inseguras, el supervisor de seguridad debe activar el Procedimiento de Parada Inmediata, informar al Centro de Control de Emergencias Mineras (CCEM) y coordinar el retiro ordenado del personal hacia zonas seguras predefinidas. Este procedimiento deberá estar respaldado por ensayos de simulacros realizados al menos dos veces al año, según las disposiciones del INEN 4407:2021, que regula la gestión de riesgos laborales en minería (Jiang et al., 2024).

De esta manera, el rol del supervisor de seguridad no se limita al control pasivo, sino que constituye un elemento activo y determinante en la ejecución del Protocolo HCP, actuando como enlace entre la gestión





administrativa, la operación técnica y la respuesta ante emergencias. Su función combina la observación directa, la gestión documental, la comunicación operativa y el análisis de datos generados por las tecnologías de monitoreo, conformando así un modelo de supervisión inteligente, acorde con los estándares contemporáneos de seguridad industrial aplicados a la minería metálica.

Figura 2: Fases de protección de caídas



Fuente: Elaboración propia

Monitoreo y rescate

De acuerdo con Coral et al. (2024), la implementación de sistemas de telemetría, análisis de movimiento e inteligencia artificial aplicada a la seguridad ocupacional representa un avance sustancial en la reducción de los tiempos de detección y activación de los protocolos de rescate. Estos sistemas permiten identificar de manera automática cualquier evento





anómalo como una caída libre, un impacto abrupto o una detención prolongada del movimiento y generar alertas instantáneas al centro de monitoreo o al supervisor de seguridad.

En la minería en donde las condiciones geográficas, el aislamiento de los frentes de trabajo y las limitaciones de comunicación representan desafíos adicionales, la integración tecnológica se configura como un componente esencial del sistema preventivo. El protocolo propuesto establece que cada trabajador asignado a labores en altura deberá portar un dispositivo inteligente IoT, estos dispositivos estarán conectados a un sistema central de telemetría minera, enlazado a la red interna de comunicación de la empresa y supervisado desde el Centro de Control de Seguridad Minera. Este sistema debe operar en tiempo real, registrar los parámetros de actividad, ubicación y vitalidad del personal, y generar alarmas auditivas y visuales en la estación de control cuando se detecten desviaciones del comportamiento normal. Así, la tecnología actúa como un mecanismo de alerta inmediata, permitiendo que los equipos de rescate actúen en cuestión de minutos, incluso en áreas de difícil acceso (Jiang et al., 2024).

El protocolo también prevé la implementación de análisis predictivo de incidentes, mediante el almacenamiento y procesamiento de los datos recopilados por los dispositivos. La información se utilizará para identificar patrones de riesgo, áreas de mayor frecuencia de caídas o comportamientos operativos inadecuados, fortaleciendo el componente de mejora continua exigido por la ISO 45001:2018 y la INEN 4407:2021.

Paralelamente, el HCP establece la presencia obligatoria de equipos de rescate técnico especializados y disponibles durante toda la operación. Estos equipos deben estar conformados por personal entrenado bajo los





lineamientos de la NFPA 1006:2021 y la NFPA 350:2021, garantizando que el personal de respuesta posea las competencias necesarias en rescate vertical, uso de sistemas de izado y descenso, maniobras con cuerdas, y manejo de dispositivos de bloqueo y freno automático (Tubis et al., 2020).

Cada operación minera, tanto en superficie como en galería subterránea, deberá contar obligatoriamente con un Plan de Rescate en Alturas previamente validado y aprobado por la Gerencia de Seguridad Industrial, como requisito indispensable antes de la ejecución de cualquier actividad en altura. Este plan constituye un componente esencial dentro del Protocolo HCP, garantizando que las labores de rescate, evacuación y respuesta ante emergencias se desarrollen bajo criterios técnicos y de coordinación precisa (Aguilar y Campoverde, 2024).

El PRA debe contemplar, en detalle, las rutas de evacuación y los puntos de extracción, claramente delimitados, iluminados y señalizados de acuerdo con la topografía del entorno y las condiciones estructurales del área minera, asegurando que el desplazamiento de los rescatistas y del personal afectado se realice de forma segura y eficiente. Asimismo, debe incluir la ubicación estratégica de los equipos de rescate, tales como camillas, sistemas de descenso controlado, trípodes, polipastos, líneas de vida de emergencia, botiquines y equipos de monitoreo atmosférico, los cuales deberán encontrarse permanentemente disponibles, inspeccionados y listos para su uso inmediato (Fernández y Tamborero, 2022).

El protocolo exige además que el procedimiento de comunicación esté completamente estandarizado, estableciendo un canal directo y redundante entre el trabajador afectado, el supervisor de turno, el centro





de control y el equipo de rescate, de modo que la información sobre la emergencia sea transmitida sin ambigüedades ni demoras.

Cada tipo de incidente requiere un abordaje técnico específico, procedimientos de anclaje seguros y la utilización de equipos adecuados conforme a su nivel de riesgo. La correcta ejecución de este plan es vital para reducir los tiempos de respuesta, minimizar el daño fisiológico por suspensión inerte y evitar la propagación de condiciones inseguras hacia otros trabajadores. En concordancia con las disposiciones de la NFPA 350, la OSHA 1910.146 y el Reglamento de Seguridad Minera del Ecuador, este plan debe revisarse y actualizarse al menos una vez por año o tras la ocurrencia de un evento real, asegurando su vigencia, aplicabilidad y alineación con las condiciones operativas reales de la mina. Estos parámetros se establecen considerando la evidencia científica sobre los efectos fisiológicos del síndrome de suspensión inerte, en el cual la falta de circulación sanguínea puede causar daño irreversible o paro cardiorrespiratorio en periodos de entre 7 a 10 minutos (Martinez, 2023).

Para garantizar el cumplimiento de estos tiempos, el protocolo incorpora la obligatoriedad de mantener equipos de rescate distribuidos estratégicamente en las zonas de mayor riesgo y con acceso inmediato al punto de trabajo. Los rescatistas deben portar su propio kit de intervención rápida, compuesto por cuerdas certificadas, sistemas de freno, descensores, arneses, mosquetones, equipos de comunicación y dispositivos de asistencia médica básica.

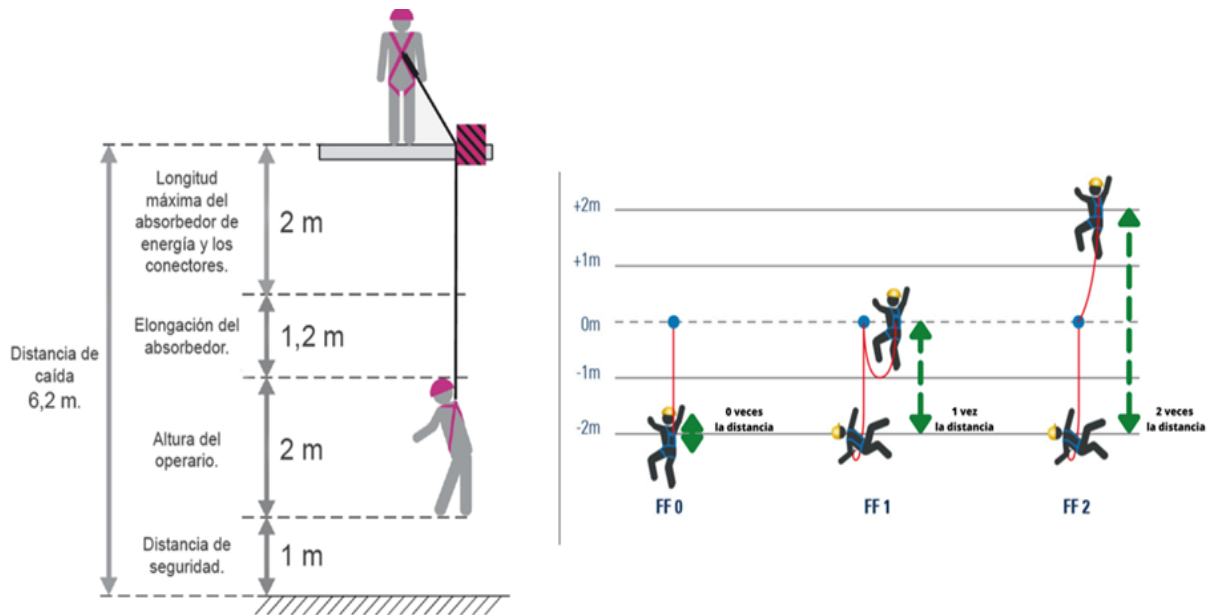
El Centro de Control de Seguridad Minera deberá mantener una vigilancia activa, con personal técnico capaz de monitorear la ubicación y el estado operativo del personal en tiempo real. Cualquier señal de emergencia



generará la activación inmediata del Plan de Respuesta ante Emergencias, que deberá ejecutarse de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Rescate en Alturas.

Por otra parte, el HCP prevé la capacitación continua del personal de rescate, que incluirá simulacros trimestrales, evaluaciones de tiempo de respuesta, y pruebas prácticas de rescate en condiciones simuladas de emergencia. Estas actividades permitirán evaluar la eficiencia del sistema, identificar cuellos de botella y fortalecer la coordinación entre el área operativa, el equipo de rescate y el centro de control (Badri et al., 2023).

Figura 3: Distancias de caída libre



Fuente: Elaboración propia

Cierre y verificación post-trabajo

Se establece la obligatoriedad de realizar una verificación post-operacional exhaustiva a cargo del supervisor de seguridad responsable del área. Este



proceso incluye la inspección detallada del entorno de trabajo, el estado de los equipos utilizados, las condiciones estructurales del sitio, así como la documentación de cualquier hallazgo, desviación o condición insegura observada durante la operación. Toda esta información debe ser registrada formalmente en el formato de Cierre de Permiso de Trabajo en Altura y almacenada dentro del sistema digital de gestión del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, garantizando la trazabilidad completa del proceso y permitiendo su análisis posterior como parte del ciclo de mejora continua (Couto et al., 2020).

Asimismo, Lozano y Redroban (2023), disponen que, inmediatamente después de la actividad, el supervisor convoque una reunión de retroalimentación o reporte de cierre, donde el equipo de trabajo analice de manera colectiva los aspectos positivos, las dificultades encontradas, y las oportunidades de mejora detectadas durante la tarea. Esta práctica fomenta la cultura preventiva y promueve la comunicación bidireccional entre operarios, supervisores y el área de seguridad industrial, consolidando un ambiente organizacional proactivo frente a los riesgos laborales. Según Pormache (2024), la adopción de metodologías participativas y el uso de protocolos estructurados en operaciones de altura fortalecen la madurez en seguridad operacional, reducen la tasa de incidentes y mejoran la percepción de riesgo entre los trabajadores.

La implementación del protocolo HCP tiene un impacto directo en la reducción de accidentes graves o fatales asociados a caídas, colapsos estructurales o fallas en equipos de sujeción. Al integrar procedimientos estandarizados, inspecciones rutinarias, monitoreo en tiempo real y entrenamiento especializado, se eleva la confiabilidad del sistema





operativo minero, alineándolo con los estándares internacionales de la Occupational Safety and Health Administration (2020). En Ecuador en donde el sector minero metálico especialmente el aurífero ha experimentado un crecimiento acelerado en la última década, la implementación de protocolos se convierte en un pilar estratégico para alcanzar un nivel de competitividad sostenible y compatible con las exigencias del mercado internacional (Ministerio del Trabajo y Alianza por la Minería Responsable, 2021).

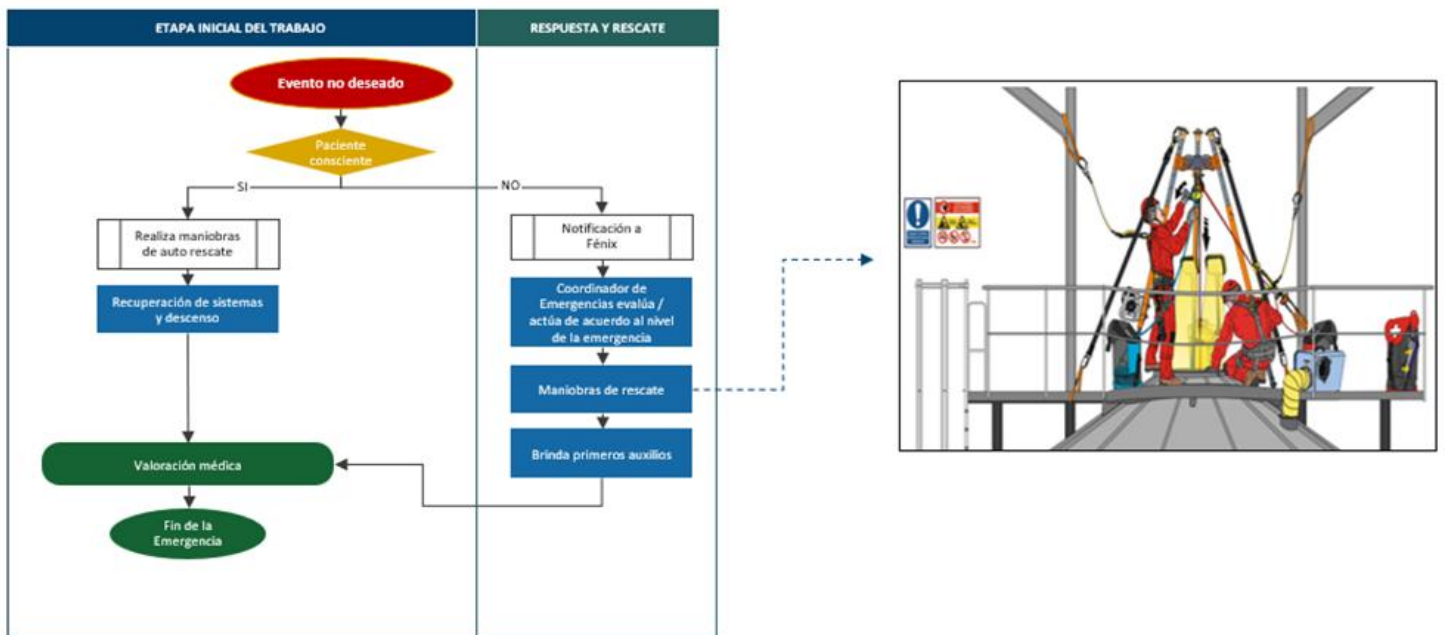
Desde el punto de vista de gestión institucional, el protocolo contempla un sistema robusto de seguimiento, control y verificación documental. Se establecen auditorías internas semestrales, revisión de fichas de mantenimiento e inspección de EPP, y análisis de indicadores de desempeño tales como: tasas de incidentes con pérdida de tiempo, porcentaje de cumplimiento de permisos, tiempos de respuesta ante emergencias, y frecuencia de inspecciones preventivas. La información obtenida alimenta un tablero digital de control, que permite la toma de decisiones basada en evidencia y la detección temprana de desviaciones operativas. Estas medidas se articulan con los lineamientos del Sistema Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (SNSST) y con la Política Minera 2019–2030 del Ecuador, la cual establece como meta reducir la siniestralidad laboral a través del uso de tecnologías de control, automatización y capacitación continua (Ministerio del Trabajo y Alianza por la Minería Responsable, 2021).

El enfoque basado en competencias refuerza la toma de decisiones seguras, la coordinación efectiva durante emergencias y la capacidad de reacción ante situaciones críticas. La retroalimentación continua, el



aprendizaje organizacional y la documentación de las lecciones aprendidas se integran como parte fundamental del ciclo de mejora del SG-SST, promoviendo una cultura organizacional resiliente y orientada a la prevención. En suma, el protocolo HCP propuesto no solo representa un conjunto de normas y procedimientos técnicos, sino una herramienta estratégica de gestión de riesgos que contribuye a proteger la vida humana, la infraestructura y la continuidad operativa en entornos mineros de alta complejidad.

Figura 4: Respuesta ante emergencias



Fuente: Elaboración propia

Discusión

La literatura reciente ha evidenciado que, a pesar de la evolución de los sistemas de gestión de seguridad, los incidentes por caídas desde altura continúan ocupando un porcentaje significativo de los accidentes laborales en (Aguirre, 2021) Esta situación revela que la mera existencia de



regulaciones o programas de capacitación no garantiza la mitigación del riesgo si no se integran dentro de un sistema estructurado, verificable y basado en control operacional, como el que plantea el presente protocolo.

Desde un punto de vista teórico, el HCP se enmarca en los postulados de la gestión integral del riesgo ocupacional, cuyo objetivo es anticipar, controlar y mitigar los factores de exposición mediante procesos sistematizados (ISO 45001, 2018). La aplicación del principio de control jerárquico donde la seguridad prevalece sobre la productividad refleja una alineación con las teorías contemporáneas de la cultura preventiva organizacional, que subrayan la necesidad de integrar la seguridad en la toma de decisiones operativas (Escobar et al., 2023). De esta forma, el HCP no solo se configura como un conjunto de procedimientos técnicos, sino como una herramienta de gobernanza en seguridad que fortalece la madurez organizacional del sistema minero.

Diversos estudios han confirmado la efectividad de los protocolos de alta consecuencia en la reducción de siniestralidad laboral cuando se aplican en entornos de riesgo elevado. Según Aguilar y Campoverde (2024), la implementación de controles basados en permisos, monitoreo continuo y procedimientos de rescate ha permitido reducir entre un 35 % y 50 % los accidentes graves en operaciones subterráneas. Este hallazgo se alinea con la evidencia obtenida en el desarrollo del presente protocolo, donde se propone una estructura de seis componentes esenciales como planificación, autorización, ejecución, monitoreo, rescate y verificación. Cada uno de ellos constituye un eslabón en la cadena de control que, al ser aplicado de manera integrada, refuerza la prevención y la capacidad de respuesta ante emergencias.





Un aspecto innovador del HCP planteado es la incorporación de tecnologías de monitoreo en tiempo real para la detección de caídas, inactividad prolongada o condiciones ambientales adversas. Poças como Jiang et al. (2024), destacan que la telemetría y los sensores IoT permiten optimizar la respuesta ante incidentes al reducir el tiempo de rescate. En este sentido, el protocolo no reemplaza los controles tradicionales, sino que los complementa con herramientas de análisis predictivo que facilitan la toma de decisiones basada en datos. Esta integración tecnológica responde a la tendencia actual de la minería 4.0, que busca un equilibrio entre automatización y seguridad humana.

Asimismo, se resalta la importancia del factor humano en la efectividad del protocolo. A pesar de los avances tecnológicos, la evidencia muestra que el 80 % de los accidentes en altura se asocian a errores humanos derivados de deficiencias en la capacitación, la supervisión o el cumplimiento de procedimientos (Hermoso, 2023). El HCP refuerza la necesidad de establecer un sistema continuo de entrenamiento basado en competencias, donde los trabajadores sean evaluados no solo en conocimiento teórico sino también en desempeño práctico. Gamboa et al. (2024) sostienen que la capacitación en escenarios simulados incrementa significativamente la capacidad de respuesta en situaciones críticas, lo que coincide con el enfoque del presente protocolo que promueve la realización periódica de simulacros realistas.

Desde la perspectiva normativa, el protocolo se alinea con las disposiciones del Reglamento de Seguridad Minera ecuatoriano y el Decreto Ejecutivo N.º 255, los cuales establecen la obligatoriedad de documentar y supervisar toda tarea de riesgo crítico. Sin embargo, estudios recientes en Ecuador





Alvarado (2021) señalan que las principales limitaciones en la aplicación de estos reglamentos radican en la ausencia de metodologías unificadas y en la insuficiente trazabilidad documental. En consecuencia, el HCP propuesto aporta un marco metodológico estandarizado que permite cumplir con las exigencias legales y, al mismo tiempo, optimizar los mecanismos de control interno y auditoría del Sistema Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (SNSST).

Otro punto relevante es la incorporación del análisis IPER como herramienta base del protocolo. Este enfoque se sustenta en la teoría del riesgo residual aceptable, que busca reducir la exposición a niveles controlados y verificables. La aplicación sistemática del IPER dentro del HCP permite identificar no solo los riesgos físicos, sino también los mecánicos, eléctricos y ergonómicos que suelen ser subestimados en operaciones mineras. Al integrar esta matriz dentro del procedimiento operativo, el protocolo transforma la evaluación del riesgo en un componente dinámico del control preventivo (Lomas, 2019).

En el plano operativo, la presencia obligatoria de un supervisor de seguridad durante la ejecución de tareas en altura refuerza la responsabilidad compartida entre los diferentes niveles jerárquicos. Esta figura representa la aplicación práctica de la teoría del control jerárquico y de la supervisión conductual propuesta por Herrera y Ortiz (2022), donde la seguridad es un valor no negociable frente a los objetivos de producción. Además, la obligatoriedad de contar con un Plan de Rescate en Altura previamente validado introduce una mejora sustancial respecto a la normativa previa, al establecer tiempos máximos de respuesta en concordancia con los estándares NFPA 350 (2021) y OSHA (2023).





En términos de impacto institucional, el HCP contribuye a fortalecer la cultura preventiva dentro de las operaciones mineras. Según Fernández y Tamborero (2022), la implementación de protocolos estructurados eleva la madurez de la gestión en seguridad, mejora la comunicación entre mandos y fomenta la corresponsabilidad entre trabajadores y supervisores. Este resultado es coherente con los principios de la ISO 45001, que promueve la participación activa de todo el personal en la mejora continua del sistema. En consecuencia, el HCP propuesto no solo cumple una función operativa, sino también educativa, al promover la internalización de valores de seguridad en todos los niveles de la organización.

Se destaca la necesidad de inversión en tecnología de monitoreo, la capacitación especializada del personal y la adecuación de las infraestructuras existentes a los nuevos estándares. No obstante, estudios comparativos Saurman (2022) demuestran que el costo inicial de implementación se ve compensado por la reducción significativa de incidentes, las menores interrupciones operativas y la mejora en la productividad global.

Conclusiones

El desarrollo del protocolo en el entorno minero ecuatoriano constituye una herramienta técnica y preventiva fundamental para garantizar la integridad física de los trabajadores, así como la eficiencia operativa de las labores en superficie y subterráneas. La aplicación del enfoque IPER permitió identificar, evaluar y controlar los riesgos inherentes a las tareas críticas, determinando que los peligros más representativos se relacionan con caídas a distinto nivel, atrapamientos y exposición a condiciones





atmosféricas adversas, todos ellos con potencial de consecuencias graves o fatales.

La integración del Decreto Ejecutivo 255, vigente en el Ecuador, y de los requisitos de la norma ISO 45001:2018, asegura que las medidas adoptadas respondan a un marco legal y técnico sólido, orientado a la mejora continua del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Este alineamiento normativo fortalece la responsabilidad del empleador y la participación activa de los trabajadores en la identificación de peligros y en la toma de decisiones preventivas. Asimismo, el protocolo HCP establece la necesidad de que la autoridad para detener una tarea recaiga sobre criterios técnicos y no jerárquicos, garantizando la aplicación del principio precautorio en situaciones de riesgo inminente.

El análisis de los resultados demuestra que la mayoría de los riesgos inicialmente clasificados como altos o críticos pudieron ser reducidos a niveles moderados o aceptables mediante la implementación de controles de ingeniería, procedimientos administrativos y equipos de protección certificados. Además, el diseño de la matriz IPER facilita la trazabilidad del proceso de evaluación y promueve la cultura de seguridad en la minería, al permitir una revisión continua de las condiciones laborales.

Es posible mencionar que la aplicación del protocolo HCP en minería no solo optimiza la gestión preventiva, sino que también fortalece el compromiso institucional con la vida, la salud y la sostenibilidad del trabajo. Su adopción sistemática contribuye a consolidar una minería más segura, responsable y alineada con los estándares internacionales de desempeño en seguridad ocupacional.





Recomendaciones

Para la implementación efectiva del protocolo se requiere un compromiso integral de todos los niveles de la organización, con énfasis en la gestión preventiva, la capacitación continua y la mejora tecnológica. Por tal motivo, se recomienda fortalecer la planificación y evaluación de riesgos mediante la aplicación rigurosa de la matriz IPER en todas las fases del proceso operativo. Esta herramienta debe actualizarse periódicamente, incorporando las lecciones aprendidas de incidentes, observaciones en campo y auditorías internas, con el fin de mantener una identificación dinámica de los peligros y su adecuada jerarquización.

De igual manera, resulta indispensable promover una formación técnica certificada y permanente del personal que ejecuta o supervisa tareas en altura. Los programas de capacitación deben incluir módulos sobre rescate industrial, inspección de equipos de protección, uso de líneas de vida y gestión de emergencias. Además, se sugiere incorporar simulacros realistas en ambientes controlados, tanto en superficie como en galerías subterráneas, simulando condiciones de calor, baja visibilidad y confinamiento. Esta práctica fortalece las competencias operativas y la capacidad de respuesta ante eventos críticos, alineándose con las directrices del Decreto Ejecutivo 255 y los principios de la ISO 45001:2018.

También es recomendable establecer mecanismos de monitoreo y control en tiempo real, utilizando sensores, cámaras o sistemas de telemetría que permitan detectar caídas o inactividad prolongada de los trabajadores. La integración de tecnologías de comunicación y rastreo facilita una respuesta oportuna ante emergencias, reduce el tiempo de rescate y





optimiza la coordinación entre el centro de control y los equipos de intervención.

A nivel organizacional, es fundamental consolidar una cultura preventiva sólida, donde la seguridad sea entendida como un valor institucional y no solo como un requisito normativo. Para ello, la alta dirección debe garantizar recursos suficientes para el mantenimiento de equipos, la renovación de EPP certificados y la actualización continua del protocolo. Asimismo, se sugiere implementar un sistema de auditorías internas que evalúe periódicamente el cumplimiento del HCP, identificando brechas y proponiendo acciones correctivas y de mejora.

Referencias

Arrázola, A., Marrugo, A., & Ávila, V. (2020). PRECEPTS FOR PROTECTION AND PREVENTION AGAINST FALLS OF HEIGHTS. 8(1), 265–281. <https://doi.org/10.22519/22157360.1035>

Barrial, J., & Enriquez, Y. (2024). Modelo de Sistema de Gestión de Seguridad basado en la Ley 29783 en las actividades del proceso de sostenimiento con shotcrete húmedo de las excavaciones de una mina subterránea del centro del Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674383>

Bergman, B., Lindahl, C., & Rosén, G. (2023). Motivational factors for occupational safety and health improvements: A mixed-method study within the Swedish equine sector. *Safety Science*, 159. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2022.106035>





Coral, C., Serpa, L., & Soto, Y. (2024). Mejora del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de una empresa contratista minera del sur guiado por la norma ISO 31000 para mitigar los riesgos laborales y reducir el índice de incidentes y accidentes [Tesis de grado, UNIVERSIDAD ESAN]. In UNIVERSIDAD ESAN (Vol. 2). <https://hdl.handle.net/20.500.12640/4369>

Cunalata, M., & Haro, N. (2024). Propuesta de estandarización en seguridad para trabajos en altura de el sector de la construcción [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana.

Fernández, R., & Tamborero, J. (2022). Protocolo de Seguridad paratrabajos en altura en Taludes. CIMNE, 1.

Gamboa, M., Cotrina, M., Vega, J., Noriega, E., Arango, S., & Marquina, J. (2024). Effective Critical Risk Management in Welding Operations for Mining: A Case Study on Incident Reduction. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 14(4), 1039–1047. <https://doi.org/10.18280/ijssse.140403>

Hermoso, P. (2023). Prevención de riesgos laborales en la minería: industrias extractivas subterráneas [Tesis de grado].

Hosseini, M., Azhari, A., Lotfi, R., & Baghbanan, A. (2023). Safety analysis of Sormeh underground mine to improve sublevel stoping stability. *Deep Underground Science and Engineering*, 2(2), 173–187. <https://doi.org/10.1002/DUG2.12041>

Jiang, Y., Chen, W., Zhang, X., Zhang, X., & Yang, G. (2024). Real-Time Monitoring of Underground Miners' Status Based on Mine IoT System.





Sensors (Basel, Switzerland), 24(3), 739.
<https://doi.org/10.3390/S24030739>

Kwesi, S., Dartey, E., Kuffour, R., Dekugmen, D., Osei, R., Kwabena, D., Akoto, B., & Agyeman, A. (2024). Occupational Health and Safety Practices among Small-Scale Mining Workers in Ghana. *European Journal of Science, Innovation and Technology*, 2(4), 26–39.
https://www.ejsit-journal.com/index.php/ejsit/article/view/396?utm_source=chatgpt.com

Long, R., Sun, K., & Neitzel, R. (2021). Injury risk factors in a small-scale gold mining community in Ghana's upper east region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 8744–8761.
<https://doi.org/10.3390/IJERPH120808744>

Rahmat, S. B., Wahyu, A., Saleh, L. M., Thamrin, Y., Russeng, S. S., & Palutturi, S. (2024). Analysis of the Effect of Coal and Mineral Mining Safety Management System (SMKP Minerba) Implementation on the Mineral Exploration Drilling Company's Safety Mining Performance at PT. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(5).
<https://doi.org/10.24857/RGSA.V18N5-164>

Tubis, A., Werbińska, S., & Wroblewski, A. (2020). Risk assessment methods in mining industry-A systematic review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(15). <https://doi.org/10.3390/APP10155172>

Yang, L., Birhane, G. E., Zhu, J., & Geng, J. (2021). Mining Employees Safety and the Application of Information Technology in Coal Mining:





Revista de Estudios Globales Universitarios

Metrópolis

Vega, A. Quito, B. Vásquez, J. (2026). **Planteamiento De Protocolo De Alta Consecuencia (Hcp) Para Trabajos En Alturas En El Entorno Minero Subterráneo Y Superficie.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 7 (1), pp. 3218-3261.

Review. Frontiers in Public Health, 9.

<https://doi.org/10.3389/FPUBH.2021.709987/BIBTEX>

Zhang, Q., Zhang, P., Chen, Q., Li, H., Song, Z., & Tao, Y. (2024). Study of the Critical Safe Height of Goaf in Underground Metal Mines. Minerals, 14(3), 227. <https://doi.org/10.3390/MIN14030227>



Centro de Investigación
Metrópolis

www.metropolis.metrouni.us



3260

