

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i2.2349>

Fortaleciendo la cultura de seguridad industrial: Un marco lean education para laboratorios de Ingeniería Industrial

Strengthening industrial safety culture: A lean education framework for industrial Engineering Laboratories

Edison Noe Buenaño Buenaño

ebuenano@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-7586-9523>

Universidad Estatal Península de Santa Elena

Kenic Francisco De La Cruz Rodríguez

kenic.delacruzrodriguez@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-2138-4464>

Universidad Estatal Península de Santa Elena

José Elías Villao Guale

jose.villaoguale@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-6627-5552>

Universidad Estatal Península de Santa Elena

Artículo recibido: 17 mayo 2026- Aceptado para publicación: 28 junio 2026

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La educación en seguridad sigue siendo una estrategia de reducción de riesgos de bajo impacto que puede respaldarse mediante un marco o modelo adecuado, fácil de implementar, que fomenta el diálogo sobre seguridad y la capacidad de permitir mejoras a largo plazo en la cultura de seguridad en los laboratorios académicos. Este modelo se basa en un marco Lean Education, bajo el enfoque del ciclo PDCA (Plan - Do - Check - Act) o ciclo de Deming en relación a las variables de seguridad y educación. Se implementó un método de 8 pasos para resolver el problema específico, para encontrar ocho causas raíz del problema, a la vez que se proporcionaron sus respectivas soluciones. La unidad de estudio se aplica en el taller de soldadura de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Los resultados mostraron una mejora notable, varios peligros representaban un nivel importante y crítico, tras la aplicación de medidas de control fueron reducidos a un nivel de riesgo trivial. El modelo busca mejorar la enseñanza - aprendizaje de los estudiantes evitando cuasi accidentes o incidentes ocurridos en el taller en cuestión. Por lo tanto, el modelo tiene como finalidad la concienciación sobre seguridad, reducción de riesgos y fortalecimiento del compromiso estudiantil.

Palabras clave: educación, aprendizaje, seguridad, riesgos, modelo

ABSTRACT

Safety education remains a low-impact risk reduction strategy that can be supported by a suitable, easy-to-implement framework or model that fosters dialogue about safety and enables long-term improvements in the safety culture of academic laboratories. This model is based on a Lean Education framework, using the PDCA (Plan-Do-Check-Act) or Deming cycle approach in relation to safety and education variables. An eight-step method was implemented to solve the specific problem, identifying eight root causes and providing their respective solutions. The study unit was applied in the welding workshop of the Santa Elena Peninsula State University. The results showed a notable improvement; several hazards that represented a significant and critical level were reduced to a negligible risk level after the application of control measures. The model aims to improve student learning by preventing near misses or incidents in the workshop. Therefore, the model's purpose is to raise safety awareness, reduce risks, and strengthen student engagement.

Keywords: education, learning, safety, risks, model

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La educación en seguridad es un componente fundamental en la formación de una cultura de seguridad dentro de entornos académicos y de investigación, donde la identificación de peligros, evaluación de riesgos y los “momentos de seguridad” como herramienta didáctica breve son fundamentales para prevenir incidentes en los laboratorios que ofrecen una forma proactiva para que estudiantes y docentes participen en una comunicación abierta sobre diversos temas de seguridad, fomentando una cultura preventiva, participativa y sostenible (Ting, 2020). Los accidentes laborales representan una problemática crítica debido a su impacto en la seguridad, en Corea del Sur ha mostrado un crecimiento del 21,58% entre 2017 y 2019 (de 89848 a 109242 casos). Con un enfoque cuantitativo basado en la medición del IPS (Índice de Prácticas de Seguridad) a partir de la gestión de riesgos y las actividades de seguridad, permite fortalecer la cultura de seguridad, optimizar la toma de decisiones y reducir la incidencia de accidentes laborales (H. Kim, Kim, & Rie, 2021). Los programas de concienciación sobre la seguridad en instituciones de educación que han implementado el modelo educativo centrado en el aprendizaje práctico para el trabajo con su terminología en inglés Technical Vocational Education and Training y sus siglas TVET. En Malasia adoptan acciones directivas apoyados con el Modelo Recíproco de Cooper, para determinar la influencia de la gestión institucional en el fortalecimiento de la cultura de seguridad en entornos educativos técnicos. Por lo tanto, contribuye al desarrollo de entornos de aprendizaje más seguros y la formación de profesionales (Ahmad et al., 2024a).

La formación académica y el entorno industrial son brechas importantes en la prevención de accidentes industriales, la investigación aplica cuestionarios que permite valorar la importancia de distintos temas, siendo factores humanos el tema más común con un 14,7% seguido de gestión de peligros (14,0%). De esta manera, se busca fortalecer las competencias profesionales de los futuros ingenieros garantizando operaciones más seguras y sostenibles (Sofri et al., 2023a). La soldadura es el proceso más utilizado en la industria moderna y en las actividades de construcción, presenta un riesgo de incendio debido a su capacidad de generar temperaturas extremadamente elevadas, capaces de fundir materiales metálicos y permitir su coalescencia. Según las estadísticas de accidentes del Ministerio de Gestión de Emergencias de China, se registró un promedio de 19 incendios diarios relacionados con operaciones de soldadura y corte, entre enero y octubre de 2022. A través de estudios experimentales y teóricos se puede identificar las condiciones críticas que favorecen la ignición, establecer límites de seguridad y diseñar medidas de mitigación (Zhang et al., 2026). Los talleres de soldadura se caracterizan por la ineficiencia operativa presentando riesgos laborales significativos que, al no ser gestionados, ocasionan accidentes, enfermedades y deficiencias en la calidad del producto terminado. Existen diferentes tipos de riesgos como

eléctrico, incendio, explosión, excesivo, ergonómico, radiación lumínica, emisión de humos metálicos y gases tóxicos que afectan directamente al operador (Baena-Lavalle, 1951).

En Ecuador, la industria 4.0 tiene un gran desarrollo por lo que es un problema en mejorar los diferentes procesos de control de calidad y seguridad del personal. Se hizo un estudio en Ambato para obtener resultados que permiten tomar decisiones antes, durante y después del proceso los mismos que influyen en la calidad de la soldadura, se desarrolló una aplicación móvil en Android 10 a través de un software libre como el Unity y Vuforia con Visual Estudio 2019, en el que se determinó los parámetros físicos a parámetros digitales para la evaluación de la calidad de procesos de soldadura a través de realidad aumentada, siendo de ayuda para mejorar los conocimientos académicos para una relación teórico práctico así obtener ciertos criterios sobre el tema a investigar, inspeccionando los diferentes procesos de soldadura (Morales et al., 2025). Un modelo que integre sistemas de control de calidad y seguridad que busca transformar la forma en que la organización perciba y gestione los riesgos apoyados en el ciclo de Deming con sus siglas PHVA. Este proceso incluye la participación del personal, promoviendo la capacitación, el conocimiento y la adopción de un enfoque basado en el riesgo, con el propósito de lograr una integración eficiente fortaleciendo la cultura de seguridad y el compromiso del personal orientada a la mejora continua (Tsopa et al., 2021). La combinación del ciclo PHVA con la matriz IPER garantiza la seguridad operativa donde reconoce, clasifica y mitiga los peligros específicos, esta herramienta categoriza los peligros según su probabilidad y gravedad. Se garantiza la naturaleza cíclica de la mejora continua en el ciclo PHVA, y añade valor mediante la evaluación comparativa al aplicar las mejores prácticas comprobadas, lo que mejora la calidad de las decisiones (Hanine & Barkany, 2025).

Surge la necesidad de implementar un marco Lean Education en el taller de soldadura, que permita garantizar condiciones óptimas de trabajo y formación de los estudiantes de Ingeniería incorporando extracción de gases, iluminación adecuada, colocación de señaléticas visibles y normalizadas, plan de mantenimiento y calibración de equipos aportando múltiples beneficios tanto en el ámbito académico como en la gestión institucional. Este modelo debe estar orientado al ciclo PHVA o ciclo de Deming que comprende de cuatro pasos: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Hacer (Act), mejorando la educación de los estudiantes y reduciendo significativamente los accidentes e incidentes que se puede presentar dentro del taller de soldadura, a la vez que fomente una cultura de seguridad industrial en la comunidad universitaria al garantizar condiciones seguras, la universidad fortalece su imagen como centro académico de excelencia, capaz de formar profesionales altamente calificados y responsables.

Esta investigación tiene como objetivo implementar un marco Lean Education mediante la metodología PHVA o ciclo de Deming, con el fin de promover conductas responsables, minimizar riesgos y fortalecer un ambiente académico a los estudiantes. Bajo este contexto, el artículo se centrará en implementar medidas de control para mitigar los diferentes riesgos en un taller de

soldadura ubicada en el cantón La Libertad, provincia Santa Elena, Ecuador. Para ello, se establecieron tres objetivos específicos: i) identificar la situación actual del taller de soldadura, mediante inspecciones técnicas y listas de verificación, para la mejora en las condiciones de seguridad y salud de los estudiantes; ii) analizar los problemas existentes en el taller de soldadura, mediante procedimientos de trabajo seguro y estrategias de aprendizaje, estableciendo medidas de mitigación y fortalecer la educación de los estudiantes; y iii) implementar medidas de seguridad y gestión técnica, a través de la instalación de equipos, colocación de señaléticas, capacitación del personal, plan de mantenimiento y calibración de equipos, protegiendo la integridad de los estudiantes que ingresan al taller de soldadura.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio, se adoptó un enfoque mixto de carácter experimental, ya que se realizaron técnicas para obtener datos cuantificables, percepciones y contextos de los estudiantes. La combinación de los dos enfoques permite capturar la complejidad del entorno, obteniendo una visión integral y datos numéricos, lo que fortalece la base metodológica y se sustentan en evidencia sólida (Rodríguez & Buenaño, 2024).

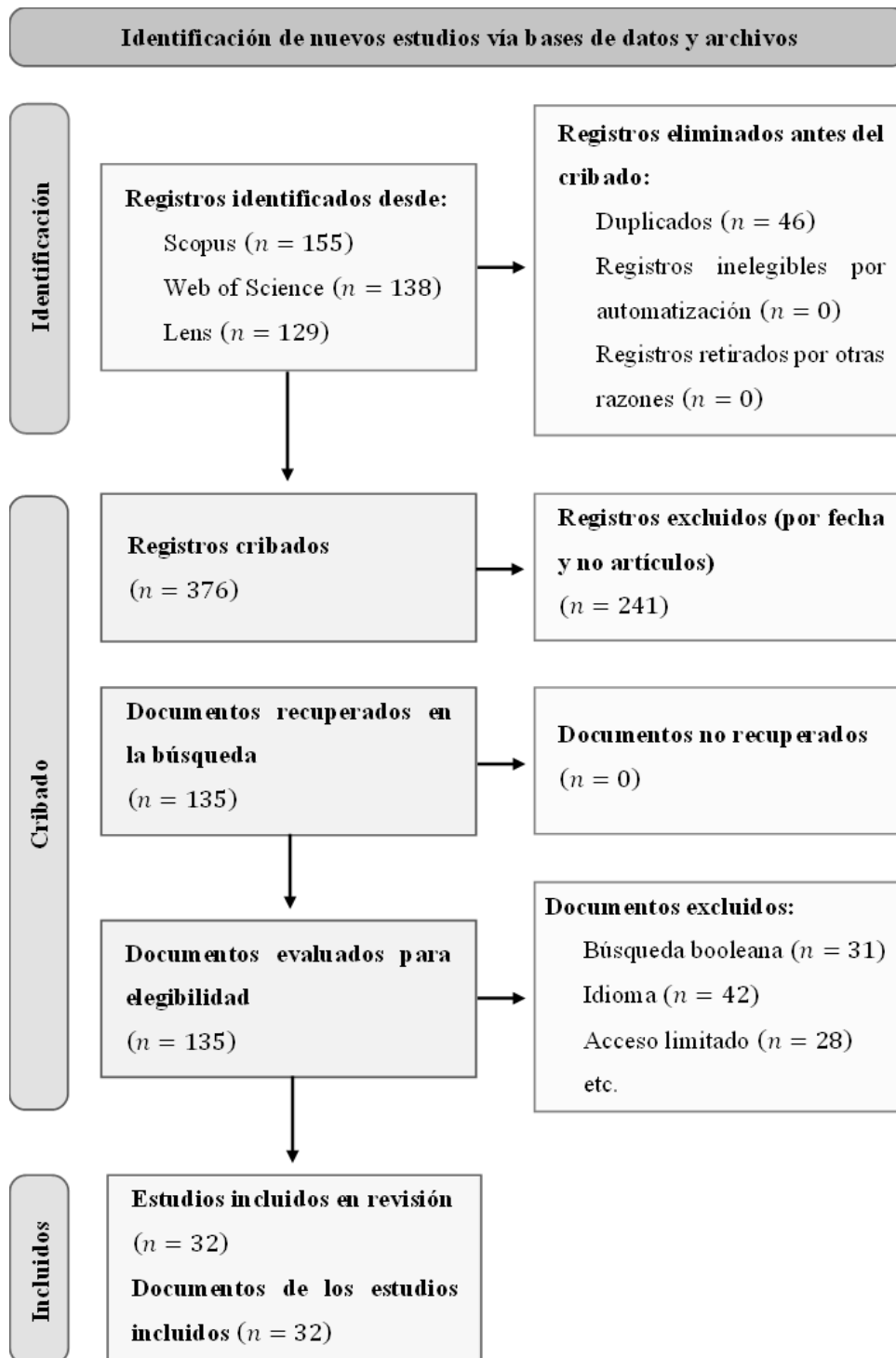
El enfoque cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para probar hipótesis identificando pautas de comportamiento sobre los fenómenos estudiados (Hernández et al., 2018). Adicionalmente, el enfoque cualitativo se centra en responder a las preguntas de “cómo” y “por qué”, en la comprensión de fenómenos sociales desde la perspectiva de los individuos, explorando y percibiendo significados, interpretaciones y experiencias (Cleland, 2017).

Para la revisión de los fundamentos científicos se presenta una revisión de alcance, la cual permite abarcar de forma amplia la literatura, identificando la naturaleza y extensión de la evidencia disponible, se presentan las fases del proceso metodológico de este estudio. Esta revisión cumple las siguientes etapas: Identificación de estudios, criterios de inclusión y exclusión, extracción de las variables, evaluación de la reproducibilidad y análisis.

A partir de la revisión sistemática de literatura (RSL) se parte de 422 artículos que mediante un diagrama PRISMA integró 32 artículos se muestra en la Figura 1, analizados desde las bases de datos Scopus, Web of Science y The Lens.

Figura 1

Protocolo de recolección de datos



Nota: Elaborado por los autores.

Como siguiente etapa, se presenta una Tabla 1, que ayuda a identificar los puntos clave de cada artículo seleccionado, la cual facilita la comparación entre estudios y sirve como base para el análisis de la investigación.

Tabla 1
Resultados de la revisión de alcance

N °	Autores	Título	Variable
1	(Van et al., 2022)	A case study on the Industrial Risk Management (IRM) post-master academic education program of MINES Paris PSL University.	Industrial safety, education.
2	(Eggleston et al., 2025)	Enhancing Safety Performance in UK Metal Manufacturing: A Revised Framework to Reduce Fatal Accidents.	Safety.
3	(Tsopa et al., 2021)	Elaboration of an integral system of company management by developing corporate and safety culture.	Safety culture.
4	(Majerník et al., 2023)	Integrated Management of the Environment-Safety Risks in the Thermal Power Station.	Safety.
5	(Brasil et al., 2019a)	Adaptation of lean production tools to educational activities of universities.	Education.
6	(Li & Pilz, 2023)	In-company training in a safety-critical industry: lessons from the aircraft industry.	Industrial safety, education.
7	(Tripathi et al., 2022)	A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0.	Industrial safety.
8	(Sofri et al., 2023b)	Graduates' Competency in Essential Process Safety Topics Required in the Downstream Industry.	Industrial safety, education.
9	(García et al., 2022)	Machinery Lean Manufacturing Tools for Improved Sustainability: The Mexican Maquiladora Industry Experience.	Industrial safety.
10	(Nenonen et al., 2020)	Considerations of safety in the development of industrial services: Matter of course or matter of chance?	Industrial safety, education.
11	(García et al., 2020)	Process safety training for chemical engineers in Spain: Overview and the example of the polytechnic university of Valencia.	Industrial safety, education.
12	(Veer & Kumar, 2024)	Standards for Industrial Safety: Challenges and Prospects.	Industrial safety.
13	(Martins et al., 2025)	Implementing process safety education in a Chemical Engineering curriculum in southern Brazil: The role of an AIChE student chapter.	Safety, education.

14	(Ting, 2020)	Safety Moments in Chemical Safety Education.	Safety, education.
15	(Boogaerts & Toeter, 2022)	Process safety education: Validating the concepts for a process safety program (article 2/2).	Safety, education.
16	(Laciok et al., 2021)	Trends and Opportunities of Tertiary Education in Safety Engineering Moving towards Safety 4.0.	Safety, education.
17	(Singh & Singh, 2021)	Engineering Education for Development of Safety-Critical Systems.	Safety, education.
18	(Ma et al., 2022)	Current status of safety engineering education in China.	Safety, education.
19	(Kouwenhoven, 2021)	Process safety education: A comparative study.	Safety, education.
20	(Ridei et al., 2021)	Methodology of Safety and Quality of Life on the Basis of Noospheric Education System Formation.	Safety, education.
21	(Savolainen et al., 2024)	Safety training needs of educational institutions.	Safety, education.
22	(Hassall et al., 2020)	Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education.	Safety, education.
23	(Ispășoiu et al., 2024)	Rapid Risk Assessment in Industry: Increasing Awareness of Worker Safety in Industrial Activities.	Safety, education.
24	(Ahmad et al., 2024b)	Management Roles in Promoting Safety Awareness Among Teaching Staff in TVET Institutions.	Safety, education.
25	(Ocampo et al., 2023)	Incorporating process safety into a Colombian chemical engineering curriculum: A perception study.	Safety, education.
26	(Lee et al., 2020)	Perceived Importance of Authentic Learning Factors in Designing Construction Safety Simulation Game-Based Assignment: Random Forest Approach.	Safety, education.
27	(Kim et al., 2021)	A Study on the Application of the Safety Practice Index to Reduce Safety Accidents in the Manufacturing Industry.	Safety, education.
28	(Gunasekera et al., 2020)	Integration of process safety in equipment design: A framework for academic learning activity.	Safety, education.
29	(Perrin & Laurent, 2020)	Feedback on use of inspection reports of industrial establishments as teaching aids for process safety in the French chemical engineering curriculum.	Safety, education.
30	(Tseng & Hsu, 2022)	Investigating the influence of experiential training on the ability to anticipate risks of caught-in accidents.	Safety, education.
31	(Kim, 2025)	Design and operation of pilot-scale educational chemical plant.	Safety, education.
32	(Brandao et al., 2024)	Community Connections Committee: How the Joint Safety Team of the University of Minnesota Innovates Promoting Vertical Safety Engagement.	Safety, education.

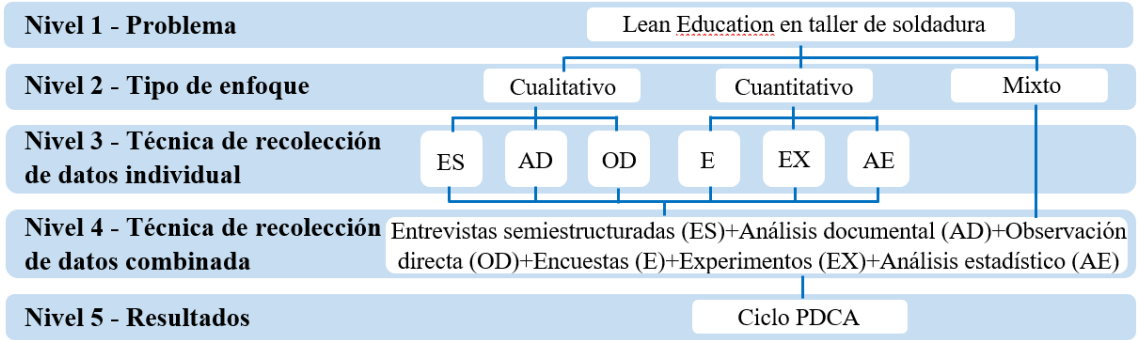
Nota: Elaborado por los autores.

Posteriormente, iniciando con la comparación de las metodologías utilizadas presentadas, todas las etapas de la revisión de alcance, se destacan un total de 10 metodologías, siendo la

revisión de la literatura más utilizada por los autores, seguida de ABP, Lean Manufacturing y ciclo de Deming PHVA, o en inglés PDCA, este término es notorio por la búsqueda de artículos en inglés.

Una vez realizada la revisión de la literatura se define el procedimiento metodológico para la recolección de datos, identificado como protocolo de recolección de datos como se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Protocolo de recolección de datos



El ciclo PDCA es un método iterativo que permite implementar todo tipo de mejoras o realizar cambios para la solución de problemas [(Brasil et al., 2019b)]. La Tabla 2 muestra las cuatro etapas y los ocho pasos según la metodología PDCA enfocada en la seguridad y educación (Jonny, 2025):

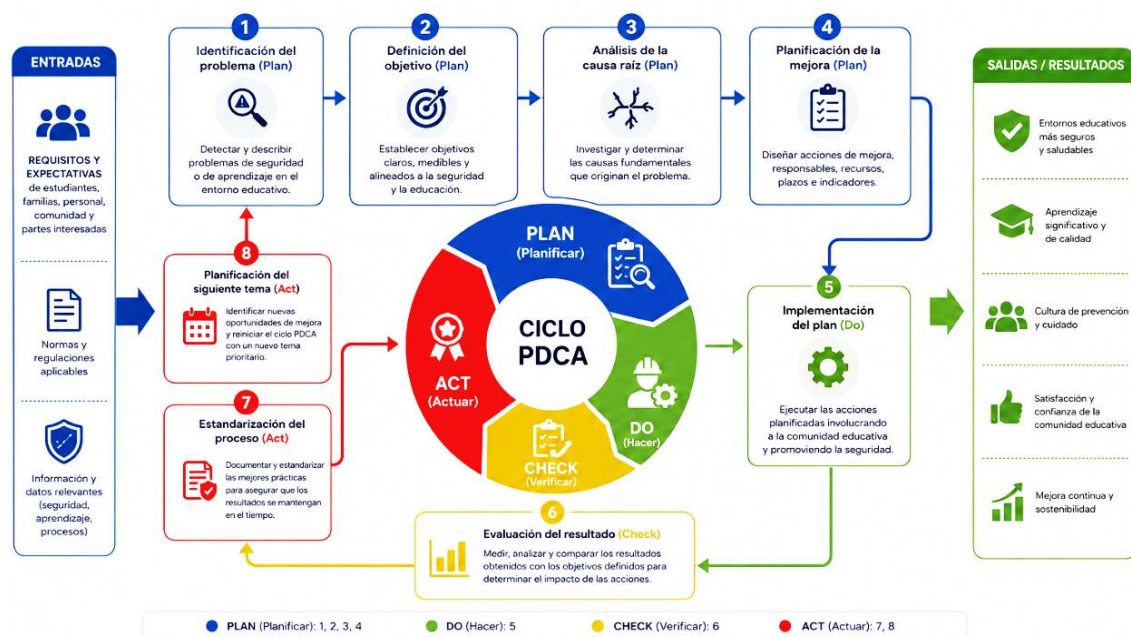
Tabla 2
Etapas y pasos del ciclo PDCA

Etapas	Pasos
Planificar (Plan)	Paso 1: Identificación del problema (Plan)
	Paso 2: Definición del objetivo (Plan)
	Paso 3: Análisis de la causa raíz (Plan)
	Paso 4: Planificación de la mejora (Plan)
Hacer (Do)	Paso 5: Implementación del plan (Do)
Verificar (Check)	Paso 6: Evaluación del resultado (Check)
Actuar (Act)	Paso 7: Estandarización del proceso (Act)
	Paso 8: Planificación del siguiente tema (Act)

La Figura 3 muestra la estructura visual organizada y simplificada basada en el ciclo PDCA, desde los requisitos y expectativas de estudiantes (entradas) que se transforman en resultados (salidas) orientados a la seguridad y educación. De igual modo, la metodología simboliza el proceso de mejora continua, fortaleciendo la cultura de prevención en seguridad industrial, la imagen institucional y la optimización constante de los procesos formativos a los estudiantes.

Figura 3

Marco Lean Education basado en el ciclo PDCA



RESULTADOS

La excelencia en los centros de enseñanza requiere de metodologías estructuradas que garanticen procesos eficientes y espacios seguros. De este modo, los planes de estudio y la seguridad se potencian gracias a enfoques enfocados en la prevención. En este caso, el ciclo PDCA se presenta como un modelo continuo para ejecutar cambios positivos y solucionar problemas, se inicia con el primer ítem de identificación del problema.

Identificación del problema

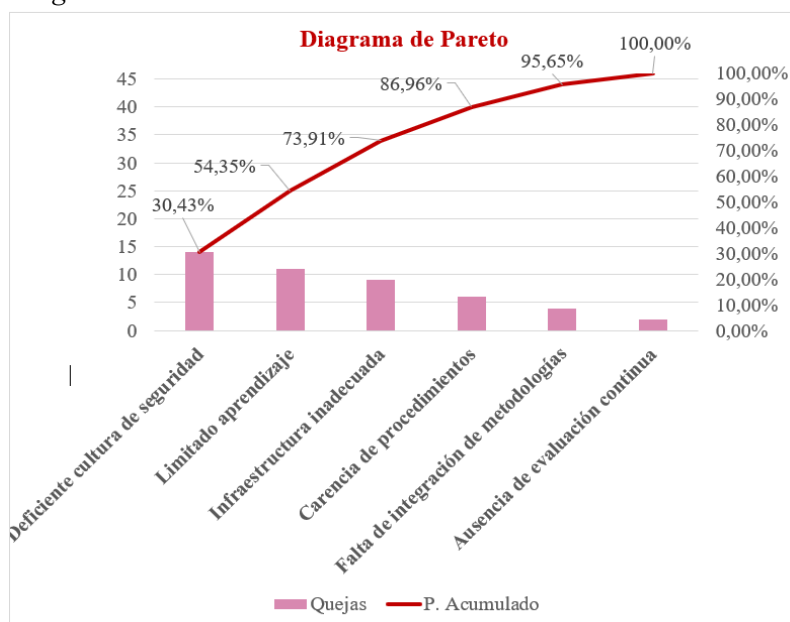
En este paso, se examinó mediante observaciones y quejas de los estudiantes en el taller de soldadura. Como se indica en la Tabla 3, por medio de la aplicación del principio de Pareto, se han detectado varias áreas problemáticas que requieren intervención.

Tabla 3
Principio de Pareto

Áreas problemáticas	Quejas	Suma acumulada	Porcentaje unitario	Porcentaje acumulado
Deficiente cultura de seguridad.	14	14	30,43%	30,43%
Limitado aprendizaje.	11	25	23,91%	54,34%
Infraestructura inadecuada.	9	34	19,57%	73,91%
Carencia de procedimientos.	6	40	13,04%	86,95%
Falta de integración de metodologías.	4	44	8,70%	95,65%
Ausencia de evaluación continua.	2	46	4,35%	100,00%
Total	46		100,00%	

El diagrama de Pareto, que se muestra en la Figura 4, la mayor problemática se traduce en una deficiente cultura de seguridad (30,43%), seguido de un limitado aprendizaje (23,91%) e infraestructura inadecuada (19,57%), donde los riesgos se subestiman y las prácticas seguras no se mantienen de manera constante, surge la necesidad de implementar estrategias educativas.

Figura 4
Diagrama de Pareto



Definición del objetivo

Para realizar un estudio profundo sobre la identificación de riesgos en entornos educativos, el objetivo principal es implementar un marco de *Lean Education* mediante la metodología PDCA. Con este enfoque, se busca promover conductas responsables, minimizar los peligros dentro del campus y fortalecer un ambiente académico seguro para los estudiantes.

Análisis de la causa raíz

Para identificar los diferentes peligros que se puede presentar en el taller de soldadura, se utilizó la matriz IPER. La evaluación de riesgos en el taller de soldadura se complementó con la clasificación de los niveles de riesgo, que se presenta en la Tabla 4. Dicha herramienta clasifica mediante ponderaciones de probabilidad y gravedad en los que se encuentran cada uno de los factores de riesgo identificados.

Tabla 4
Clasificación de los niveles de riesgo

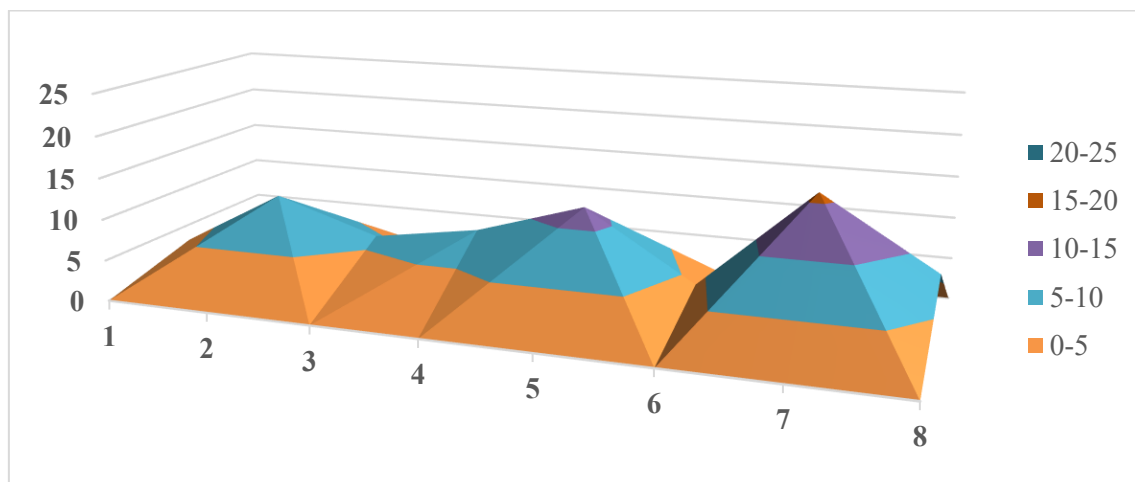
Valoración	Color	Nivel de riesgo	Acción
1 - 2		Riesgo trivial	No se requiere acción específica.
3 - 5		Riesgo tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva.
6 - 8		Riesgo moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo.

9 - 12		Riesgo importante	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.
15 - 25		Riesgo crítico	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.

Como se indica en la Figura 5, se detectaron ocho peligros, representando la mayor proporción un 37,5% de nivel moderado, seguido de un 50% entre nivel importante y tolerable. Sin embargo, el peligro 7 representa un riesgo crítico (12,5%), por lo que se requieren seguimiento y medidas correctivas planificadas.

Figura 5

Evaluación de riesgo (actual)



Se determinó las ocho causas raíz del problema que surgieron durante el proceso. La Tabla 5 detalla los diferentes peligros identificados en el taller de soldadura:

Tabla 5

Peligros identificados

N °	Peligro	Descripción	Evidencia
1	Insumos mal almacenados.	El desorden de materiales, herramientas y electrodos dentro del taller de soldadura provocaría caídas de objetos y dificultades en la movilidad de los estudiantes.	
2	Ruido de maquinaria.	Los estudiantes no usan el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado para ruido cuando funcionan los equipos, se hizo la medición dando 88 dB(A) generando altos niveles de ruido que pueden ocasionar fatiga, estrés y pérdida auditiva gradual.	

3	Equipo mal calibrado.	Los equipos no han sido ajustados correctamente por el personal, ya que en el acabado se observa salpicaduras o mordeduras en el material base comprometiendo en la calidad del trabajo realizado.	
4	Residuos metálicos.	En el suelo quedan virutas, escorias o fragmentos de metal dispersos después de las actividades de soldadura, los estudiantes limpian sin EPP causando cortes, pinchazos, caídas y tropiezos.	
5	Iluminación deficiente.	Durante la operación e inspección del material acabado, se realizó la medición dando 230 lux en el área general, en cada puesto de trabajo no hay iluminación, lo que dificulta la visibilidad provocando errores, fatiga visual y posturas inadecuadas.	
6	Ausencia de señalización.	Se visualiza señalización vertical pero no horizontal, lo que impide que los estudiantes identifiquen correctamente los riesgos presentes, lo que genera confusión y desconocimiento de zonas de trabajo, zonas peligrosas y rutas de evacuación incrementando la probabilidad de incidentes.	
7	Humos metálicos.	Durante el punto de fusión entre el arco eléctrico y el material base se liberan humos y gases metálicos perjudiciales para la salud del personal, ya que la ventilación es insuficiente.	
8	Falta de procedimientos.	Los estudiantes realizan actividades de manera insegura o improvisada, hace falta normas, instructivos y protocolos claros que ayuden a guiar detalladamente paso a paso los procedimientos.	

Para calcular el nivel de exposición diario al ruido, se utilizó la fórmula de la ISO 9612 la misma que es para Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. (International Organization for Standardization, 2025):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \log_{10} \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Donde:

L_{p,A,eqT_e} : Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para T_e

T_e : Duración efectiva, en horas de la jornada laboral

T_0 : Duración de referencia, $T_0 = 8 h$

Según el artículo 55 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo.

Durante la operación de soldadura, se llevó a cabo la medición del ruido por medio de un sonómetro dando $L_{p,A,eqT_e} = 94 \text{ dB(A)}$ durante 2 horas.

$$L_{EX,8h} = 94 \text{ dB(A)} + 10 \log_{10} \left(\frac{2 \text{ h}}{8 \text{ h}} \right)$$

$$L_{EX,8h} = 87,98 \text{ dB(A)} \approx 88 \text{ dB(A)}$$

El nivel de exposición diaria al ruido fue de 88 dB(A), calculado conforme a la norma ISO 9612. Este valor supera el límite legal de 85 dB(A), por lo que se requiere la aplicación inmediata de medidas de control.

Para calcular la iluminación, según el artículo 56 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, se fija los niveles de iluminación mínima en un entorno metalmecánico que varían según la exigencia de cada actividad: el área general requiere 200 lux, las zonas de soldadura activa necesitan 300 lux y las inspecciones detalladas exigen 500 lux (Ministerio del Trabajo, 2026).

Durante la operación de soldadura, se llevó a cabo la medición de iluminación por medio de un luxómetro dando 230 lux en el área general del taller, pero no hay iluminación en cada puesto de trabajo, por lo que se requiere iluminación localizada.

Planificación de la mejora

Este paso incluye un plan de mejora propuesto para abordar las causas raíz detectadas en el paso anterior. La Tabla 6 abarca el plan:

Tabla 6

Plan de mejora propuesto

Peligro	Plan de mejora
Insumos mal almacenados.	Capacitación técnica.

Ruido de maquinaria.	Plan de mantenimiento.
Equipo mal calibrado.	Calibración del equipo.
Residuos metálicos.	Uso de Equipo de Protección Personal (EPP).
Iluminación deficiente.	Iluminación localizada.
Ausencia de señalización.	Señalización horizontal.
Humos metálicos.	Sistema de extracción de gases.
Falta de procedimientos.	Inducción antes de iniciar actividades.

Implementación del plan

Este paso se ejecuta el plan de mejora para su implementación. La Tabla 7 describe las ocho soluciones en detalle.

Tabla 7

Ejecución del plan de mejora

N °	Plan de mejora	Descripción	Ilustración
1	Capacitación técnica.	Se dieron diferentes sesiones de forma presencial a los estudiantes, donde realizaron operaciones reales adquiriendo conocimientos y habilidades dentro del taller. Con este enfoque, las personas comprendieron las funciones principales y la importancia de tener evidencias o registros que comprueben las actividades llevadas a cabo.	
2	Inducción antes de iniciar actividades.	El supervisor debe realizar una inducción previa antes del inicio de actividades sobre soldadura.	
3	Plan de mantenimiento.	Mediante un registro de mantenimiento preventivo y correctivo garantiza el correcto funcionamiento, seguridad y vida útil de los equipos. Para mantener los equipos funcionales en el área de trabajo se contempla distintas actividades según su frecuencia.	

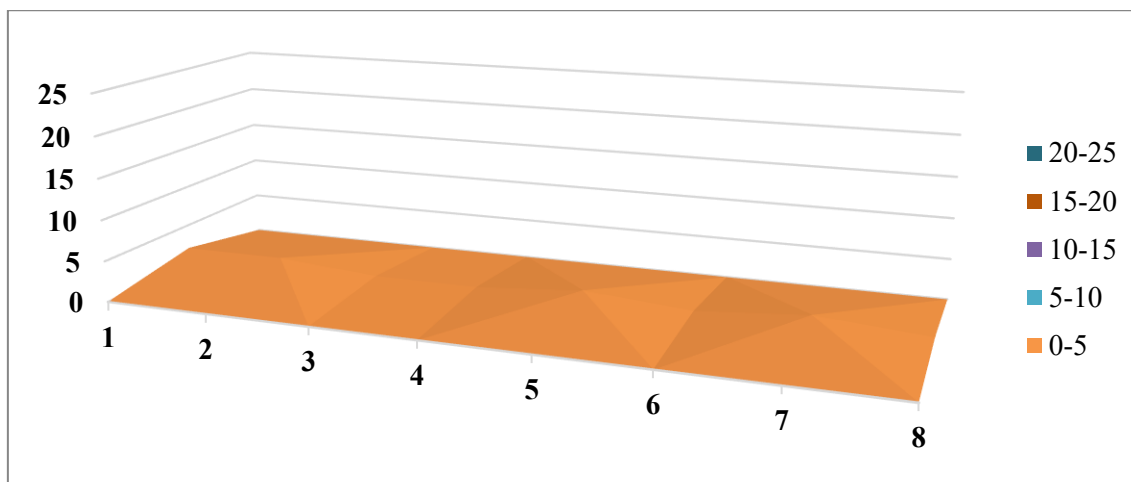
4	Calibración del equipo.	Por medio de un Reporte de calibración que detalla la identificación del equipo, los resultados obtenidos, la trazabilidad e incertidumbre, certificando si es apto para su uso.	
5	Uso de Equipo de Protección Personal (EPP).	Mediante la inducción y la capacitación técnica, los estudiantes tienen el conocimiento necesario para el uso de EPP.	
6	Iluminación localizada.	La colocación de fuentes de luz directamente en cada puesto de trabajo mejoró la visibilidad y precisión, reduciendo la fatiga visual de los estudiantes. Además de la iluminación general del taller con 230 lux cumpliendo el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores con condiciones seguras y adecuadas.	
7	Señalización horizontal.	La aplicación de marcaje del piso (señalización horizontal) utilizando pintura de alto tráfico en base a la normativa INEN 439 (colores, señales y símbolos de seguridad), mejoró la organización y circulación segura del personal y equipos.	
8	Sistema de extracción de gases.	La instalación de equipos que capturen y evacúen los humos metálicos durante el proceso mejora la calidad del aire, con el objetivo de proteger la salud de los estudiantes, reducir la exposición a contaminantes y cumplir con normas de seguridad e higiene industrial.	

Evaluación del resultado

Una vez implementadas las propuestas de mejora, se obtiene la evaluación de resultados para determinar si alcanzaron sus objetivos planificados. La Figura 6 demuestra una disminución general a nivel trivial (100%) en la valoración de cada peligro identificado, lo que indica una mejora progresiva en los niveles de riesgo.

Figura 6

Evaluación de riesgo (mejorado)

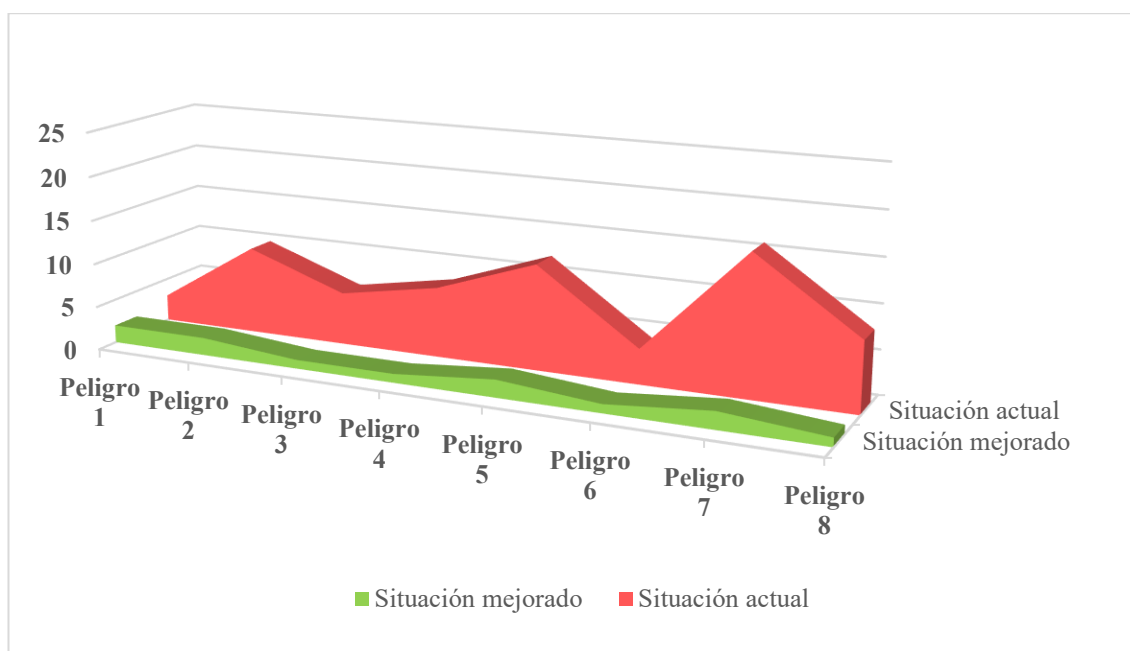


Estandarización del proceso

Debido a su éxito a través de las diferentes actividades, los riesgos son identificados, evaluados y controlados a tiempo. A su vez refleja un compromiso humano por proteger la integridad de los estudiantes que forman parte de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Se realizó un análisis comparativo, como se evidencia en la Figura 7, entre la situación actual y mejorado tras la aplicación del plan de mejora a partir de los ocho peligros identificados.

Figura 7

Análisis comparativo entre situación actual y situación mejorado



Planificación del siguiente tema

Como continuidad de las actividades implementadas en el taller de soldadura, se propone un Plan de Gestión en Seguridad Industrial basado en la ISO 45001. Este nuevo tema permitirá

integrar todos los controles ya establecidos, utilizando el mismo método PDCA, alineado a las prácticas actuales con estándares internacionales de seguridad industrial.

Procedimiento de Trabajo Seguro (PTS)

Para ejecutar las actividades de soldadura de manera segura dentro del taller de soldadura o en entornos educativos, se implementa un Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro (PTS) que establece las directrices necesarias, con el objetivo de prevenir accidentes, enfermedades ocupacionales y crear conciencia para la seguridad de los estudiantes.

La Tabla 8 indica las pautas que contiene el documento, desde la introducción hasta la toma de conocimientos declarando haber recibido, leído y comprendido el contenido del Procedimiento de Trabajo Seguro para actividades de soldadura.

Tabla 8

Pautas del Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro

N o	Lista
1	Introducción.
2	Objetivo.
3	Alcance.
4	Referencias normativas.
5	Definiciones.
6	Responsabilidades.
7	Materiales y equipos.
8	Equipo de Protección Personal (EPP).
9	Identificación y evaluación de riesgos.
10	Procedimiento.
11	Medidas preventivas.
12	Capacitación y entrenamiento.
13	Señalización de seguridad.
14	Ergonomía y posturas.
15	Registros.
16	Anexos.
17	Toma de conocimiento.

Una vez desarrollado todo lo anterior, se elaboró un modelo Lean Education orientado a explicar el funcionamiento del suceso, integrando la metodología PDCA con los procedimientos necesarios para la obtención de resultados y definiendo su ámbito de aplicación, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8
Modelo Lean Education



DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran los ocho peligros identificados en el taller de soldadura, de la unidad educativa. Los peligros que presentan un nivel de riesgo moderado son equipo mal calibrado, residuos metálicos y falta de procedimientos que indican una parte significativa de la evaluación de riesgo, estas pueden generar incidentes si no se controlan adecuadamente. De acuerdo con Wang et al. (2026), existen fallas recurrentes como el agrietamiento en cráter que se produce por interrupción brusca del arco en la terminación de la soldadura, lo que conlleva retrabajo manual y riesgos de calidad en la pieza, por ello, una guía de parámetros ayuda a mitigar esos fallos para que el personal tenga el conocimiento necesario. En este contexto, Roy et al. (2024) resalta que la mayoría de los riesgos se deben a la falta de disponibilidad y uso de Equipo de Protección Personal (EPP) provocando complicaciones de salud como enfermedades respiratorias y cardíacas, deficiencias visuales y auditivas, y afecciones dermatológicas y musculoesqueléticas.

Por otro lado, ruido de maquinaria e iluminación deficiente presentan un nivel de riesgo importante. La investigación de Barač et al. (2026) determina y evalúa los niveles de ruido con ayuda de un dosímetro durante diversas actividades, donde se registraron picos de ruido superiores excediendo el límite inferior de exposición. Por lo tanto, el uso de protección auditiva es esencial en actividades específicas para prevenir posibles daños auditivos a largo plazo. Así mismo, Mathiszik et al. (2025) determina que el acabado de la pieza se ve influenciada por la iluminación, el nivel de experiencia del personal (subjetivo), el tamaño y duración de los diámetros de las piezas medidas. Lo que es recomendable la capacitación del personal, EPP e iluminación localizada para que no presente pérdida total o parcial auditiva y visual en el estudiante.

Los insumos mal almacenados y ausencia de señalización, aunque presentan valoraciones de riesgo tolerable, no deben ser pasados por alto. El desorden en el almacén provoca que los espacios no sean aprovechados y excesivos recorridos, de la misma manera, la información visual que transmite las señales de seguridad que ayudan a comprender de manera rápida a los estudiantes. De acuerdo con (Sofri et al., 2023a) es clave para una empresa mantener cercanos los productos, componentes y materias primas en un almacén para el resguardo, control, custodia y abastecimiento. La señalización de seguridad con patrones de barras (diseños simples) influye en la rapidez y precisión de la comprensión de las personas en situaciones inesperadas, en carreteras o en zonas de trabajo, como se menciona en los estudios de (Yu et al., 2025).

En particular, los humos metálicos presentan un nivel de riesgo crítico, la razón principal es la mala ventilación en el taller de soldadura lo que facilita la acumulación de contaminantes. El estudio de Hu et al. (2026) indica que la concentración de humos de soldadura está influenciada por múltiples factores complejos como el trabajo en espacios confinados y una alta movilidad

operativa, siendo la principal medida de control los sistemas de ventilación, minimizando así la acumulación de dichos humos.

Por ello, se implementaron ocho soluciones según los peligros identificados siendo la capacitación técnica, inducción antes de iniciar actividades, plan de mantenimiento, calibración del equipo, uso de Equipo de Protección Personal (EPP), iluminación localizada, señalización horizontal y sistema de extracción de gases. La investigación de González et al. (2023) detecta las deficiencias de capacitación en las actividades de soldadura, estableciendo una cultura de prevención en base a un plan de capacitación en la prevención de riesgos existentes. Adicionalmente, las demás soluciones han sido planteadas por los autores previamente mencionados.

No obstante, el tamaño de la muestra no refleja la realidad de toda la industria manufacturera en Ecuador, limitando así la generalización de los hallazgos. Además, la diversidad en las actividades realizadas por los estudiantes podría influir en la interpretación de los resultados, ya que en algunas actividades pueden no haber sido totalmente incluidas, pero si en contextos didácticos y educativos.

En futuras investigaciones, resultaría conveniente explorar el Plan de Gestión en Seguridad Industrial basado en la ISO 45001, utilizando la misma metodología estudiada, pero guiado a normativas legales. Asimismo, ampliar los estudios en distintos sectores de la industria manufacturera, ayudaría a identificar las prácticas más efectivas en mitigar los riesgos. La integración de metodologías mixtas, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos, podría brindar una visión más completa sobre la relación entre la seguridad y educación de los estudiantes.

CONCLUSIONES

El artículo presentó un marco Lean Education basado en la metodología PDCA y su aplicación específica para el aprendizaje de los estudiantes sobre riesgos graves y prevenir su recurrencia. Este modelo permite integrar la seguridad como parte fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje, favoreciendo tanto el desempeño académico como el bienestar de los estudiantes.

El caso práctico permitió reconocer las diferentes actividades dentro del taller de soldadura en la unidad de educación superior. Mediante la Matriz IPER, se identificó y evaluó los diferentes peligros que se presentaron en el taller, un gran porcentaje (37,5%) presenta nivel moderado, seguido de un 50% entre nivel importante y tolerable, especialmente los humos metálicos representan un riesgo crítico (12,5%), incrementando así la posibilidad de desarrollar enfermedades a largo plazo.

La clasificación de los niveles de riesgo demostró la necesidad de intervenir sobre estos peligros dentro del taller. Según los resultados obtenidos en la evaluación de riesgo, se

implementa un plan de mejora, tales como capacitación técnica e inducción, uso de EPP, plan de mantenimiento, calibración del equipo, iluminación localizada y sistemas de extracción de gases. Estas soluciones tienen como propósito disminuir los riesgos detectados, favorecer la salud y formación del estudiante.

La ejecución de las soluciones propuestas evidenció una mejora significativa, alcanzando un nivel de riesgo trivial (100%) en los ocho peligros identificados. Esto demuestra que el modelo contribuyó no solo en reducir la probabilidad de riesgos, sino también en el desarrollo de una cultura preventiva en seguridad, siendo replicable y adaptable a diferentes entornos educativos.

REFERENCIAS

- Ahmad, S., Md Yunos, J., Zulkifly, S. S., Mohd Yaakob, M. F., Mohamad Zain, A. Z., & Hasan, N. H. (2024a). Management Roles in Promoting Safety Awareness Among Teaching Staff in TVET Institutions. *Journal of Technical Education and Training*, 16(2), 89–102. <https://doi.org/10.30880/JTET.2024.16.02.008>
- Ahmad, S., Md Yunos, J., Zulkifly, S. S., Mohd Yaakob, M. F., Mohamad Zain, A. Z., & Hasan, N. H. (2024b). Management Roles in Promoting Safety Awareness Among Teaching Staff in TVET Institutions. *Journal of Technical Education and Training*, 16(2), 89–102. <https://doi.org/10.30880/JTET.2024.16.02.008>
- Baena Lavalle, J. M. (1951). [Occupational hazards of welding]. *Medicina Del Deporte y Del Trabajo*, 15(96), 3880–3882. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14826344/>
- Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Radočaj, D., Jurišić, M., & Andričić, P. (2026). Assessment of Noise Levels in the Central Workshop for Maintenance and Overhaul of Agricultural Machinery †. *Engineering Proceedings*, 125(1). <https://doi.org/10.3390/engproc2026125004>
- Boogaerts, G., & Toeter, L. (2022). Process safety education: Validating the concepts for a process safety program (article 2/2). *Process Safety Progress*, 41(4), 642–657. <https://doi.org/10.1002/PRS.12360>
- Brandao, V. S. M., Burke, G. S., Maxwell, Z. A., Butler, S. K., Dong, X. I. N., Buenaflor, J. P., Hanson, M. G., Bader, T. K., Harris, C. M., Frisk, H., Andersson, B., & Bresnahan, B. L. (2024). Community Connections Committee: How the Joint Safety Team of the University of Minnesota Innovates Promoting Vertical Safety Engagement. *ACS Chemical Health & Safety*, 31(4), 324–333. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHAS.4C00027>
- Brasil, B., Kucheryavenko, A., Chistnikova, S. ; V, Thorikov, I. ; A., & Nazarova, B. ; N. (2019a). ADAPTATION OF LEAN PRODUCTION TOOLS TO EDUCATIONAL ACTIVITIES OF UNIVERSITIES. *Práxis Educacional*, 15(36), 687–705. <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v15i36.5956>
- Brasil, B., Kucheryavenko, A., Chistnikova, S. ; V, Thorikov, I. ; A., & Nazarova, B. ; N. (2019b). Adaption of lean production tools to educational activities of universities. *Práxis Educacional*, 15(36), 687–705. <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v15i36.5956>
- Cleland, J. A. (2017). The qualitative orientation in medical education research. *Korean Journal of Medical Education*, 29(2), 61–71. <https://doi.org/10.3946/KJME.2017.53>
- Eggleston, A., Sarfraz, S., Salonitis, K., Gupta, S., Trollman, H., & Jagtap, S. (2025). Enhancing Safety Performance in UK Metal Manufacturing: A Revised Framework to Reduce Fatal Accidents. *Safety*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/safety11020059>

- García Alcaraz, J. L., Morales García, A. S., Díaz Reza, J. R., Blanco Fernández, J., Jiménez Macías, E., & Puig I Vidal, R. (2022). Machinery Lean Manufacturing Tools for Improved Sustainability: The Mexican Maquiladora Industry Experience. *Mathematics*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/math10091468>
- García-Fayos, B., Arnal, J. M., Sancho, M., & Ruvira, B. (2020). Process safety training for chemical engineers in Spain: Overview and the example of the polytechnic university of Valencia. *Education for Chemical Engineers*, 33, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.08.001>
- González, C., Los-Santos, J., Ferreiro, J., & Fraile, E. (2023). Innovative Training Methodology, In Occupational Risk Prevention, For Welding Tasks in Metal Structures. *World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.11159/icsect23.135>
- Gunasekera, M., Ahmed, S., & Khan, F. (2020). Integration of process safety in equipment design: A framework for academic learning activity. *Education for Chemical Engineers*, 30, 32–39. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2019.09.004>
- Hanine, A., & El Barkany, A. (2025). Airport safety management: a proactive model based on risk assessment and benchmarking. *Reliability: Theory and Applications*, 20(3), 875–891. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2025-386-875-891>
- Hassall, M. E., Lant, P., & Cameron, I. T. (2020). Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education. *Education for Chemical Engineers*, 32, 59–71. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2020.04.002>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. *Metodología de La Investigación*, 1–634. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Hu, Y., Zhang, J., Lyu, X., Ni, C., & Wang, H. (2026). Welding Fumes in a Chinese Shipyard: Exposure Characteristics and Occupational Health Risk Assessment. *Toxics*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/toxics14030259>
- International Organization for Standardization. (2025). *ISO 9612:2025 - Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Methodology*. <https://www.iso.org/standard/81317.html>
- Ispășoiu, A., Milosan, I., Gabor, C., & Oancea, G. (2024). Rapid Risk Assessment in Industry: Increasing Awareness of Worker Safety in Industrial Activities. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/APP14198918>
- Jonny. (2025). Reducing an Indonesian Auto Part Production Cycle Time using the PDCA Approach: A Case Study. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 15(1), 19690–19694. <https://doi.org/10.48084/etasr.7712>

- Kim, B. (2025). Design and operation of pilot-scale educational chemical plant. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 98, 105737. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2025.105737>
- Kim, H., Kim, J., & Rie, D. (2021). A study on the application of the safety practice index to reduce safety accidents in the manufacturing industry. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910990>
- Kim, H., Kim, J., Rie, D., Kim, H. ;, Kim, J. ;, & Rie, D. A. (2021). A Study on the Application of the Safety Practice Index to Reduce Safety Accidents in the Manufacturing Industry. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 10990, 13(19), 10990. <https://doi.org/10.3390/SU131910990>
- Kouwenhoven, P. (2021). Process safety education: A comparative study. *Education for Chemical Engineers*, 36, 128–142. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2021.05.001>
- Laciok, V., Sikorova, K., Fabiano, B., & Bernatik, A. (2021). Trends and Opportunities of Tertiary Education in Safety Engineering Moving towards Safety 4.0. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 524, 13(2), 524. <https://doi.org/10.3390/SU13020524>
- Lee, Y. Y. R., Samad, H., & Goh, Y. M. (2020). Perceived Importance of Authentic Learning Factors in Designing Construction Safety Simulation Game-Based Assignment: Random Forest Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(3), 04020002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001779](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001779)
- Li, J., & Pilz, M. (2023). In-company training in a safety-critical industry: lessons from the aircraft industry. *Journal of Workplace Learning*, 35(2), 210–227. <https://doi.org/10.1108/JWL-06-2022-0067/FULL/PDF>
- Ma, C., Jing, M., Hou, S., Jiang, J., & Zhang, B. (2022). Current status of safety engineering education in China. *Process Safety Progress*, 41(2), 218–225. <https://doi.org/10.1002/PRS.12306>
- Majerník, M., Daneshjo, N., Malega, P., Drábik, P., Ševčíková, R., & Vrávec, J. (2023). Integrated Management of the Environment-Safety Risks in the Thermal Power Station. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(5), 4725–4738. <https://doi.org/10.15244/pjoes/168290>
- Martins, L. J. B., Cardeal, J. S., & Morcelli, A. V. (2025). Implementing process safety education in a Chemical Engineering curriculum in southern Brazil: The role of an AIChE student chapter. *Process Safety Progress*. <https://doi.org/10.1002/prs.12696>
- Mathiszik, C., Nopper, B., Koal, J., Füssel, U., & Schmale, H. C. (2025). Influence of experience level on determining weld diameter in resistance spot welding. *Welding in the World*, 69(2), 483–497. <https://doi.org/10.1007/s40194-024-01893-4>
- Ministerio del Trabajo. (2026). *Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo*. <https://www.trabajo.gob.ec/reglamento-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>

- Morales Cevallos, J. W., Alcocer Salazar, F. S., Morales Rovalino, V. F., Iza Toapanta, E. P., Iza Toapanta, Á. R., & Tierra Tingo, L. F. (2025). Evaluación de la calidad de procesos de soldadura a través de realidad aumentada. *InnovaSciT ISSN 3091-1826*, 3(1). <https://doi.org/10.70577/INNOVASCIT.V3I1.44>
- Nenonen, S., Anttila, S., Hyytinen, T., & Kivistö-Rahnasto, J. (2020). Considerations of safety in the development of industrial services: Matter of course or matter of chance? *Safety Science*, 129, 104766. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2020.104766>
- Ocampo-López, C., Forero-Gaviria, L., Gañán-Rojo, P., Martínez-Arboleda, J., & Castrillón-Hernández, F. (2023). Incorporating process safety into a Colombian chemical engineering curriculum: A perception study. *Education for Chemical Engineers*, 44, 45–53. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2023.04.004>
- Perrin, L., & Laurent, A. (2020). Feedback on use of inspection reports of industrial establishments as teaching aids for process safety in the French chemical engineering curriculum. *Education for Chemical Engineers*, 33, 112–119. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2020.10.001>
- Ridei, N., Tytova, N., Liubarets, V., Katsero, O., & Bakhmat, N. (2021). Methodology of Safety and Quality of Life on the Basis of Noospheric Education System Formation. *Strategies for Policy in Science and Education-Strategii Na Obrazovatelnata i Nauchnata Politika*, 29(1), 82–98. <https://doi.org/10.53656/STR2021-1-6-METH>
- Rodríguez, F. A. D., & Buenaño, E. N. B. (2024). Análisis de los factores de riesgos ergonómicos de una industria procesadora de alimentos en Guayaquil, Guayas. *Arandu UTIC*, 11(2), 1586–1607. <https://doi.org/10.69639/ARANDU.V11I2.359>
- Roy, P., Roy, S. B., Mazumder, S. K., & Sarkar, M. K. S. (2024). Health effects associated with welding. In *Comprehensive Materials Processing: Volume 1-13, Second edition* (Vol. 8, p. V8:13-V8:25). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96020-5.00207-7>
- Savolainen, T., Airo, K., & Jylhä, T. (2024). Safety training needs of educational institutions. *104239*, 32(3), 510–525. <https://doi.org/10.1108/QAE-03-2024-0049>
- Singh, P., & Singh, L. K. (2021). Engineering Education for Development of Safety-Critical Systems. *IEEE Transactions on Education*, 64(4), 398–405. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3062448>
- Sofri, S., Reddy Prasad, D. M., & Bin Azri, M. H. (2023a). Graduates' Competency in Essential Process Safety Topics Required in the Downstream Industry. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 42(3), 1068–1085. <https://doi.org/10.30492/IJCCE.2022.544873.5069>
- Sofri, S., Reddy Prasad, D. M., & Bin Azri, M. H. (2023b). Graduates' Competency in Essential Process Safety Topics Required in the Downstream Industry. *Iranian Journal of Chemistry*

and Chemical Engineering, 42(3), 1068–1085.
<https://doi.org/10.30492/IJCCE.2022.544873.5069>

- Ting, J. M. (2020). Safety Moments in Chemical Safety Education. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 9–14. <https://doi.org/10.1021/ACS.JCHEMED.0C00220>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2022). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. *Mathematics*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/math10030347>
- Tseng, Y. C., & Hsu, H. Te. (2022). Investigating the influence of experiential training on the ability to anticipate risks of caught-in accidents. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 28(1), 494–500. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1785183>
- Tsopa, V. A., Cheberiachko, S. I., Yavorska, O. O., Hilpert, V. V., & Yavorskyi, A. V. (2021). Elaboration of an integral system of company management by developing corporate and safety culture[Побудова інтегрованої системи управління компанією шляхом розвитку корпоративної культури безпеки]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2021(3), 100–105. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-3/100>
- Van Wassenhove, W., Foussard, C., & Denis-Remis, C. (2022). A case study on the Industrial Risk Management (IRM) post-master academic education program of MINES Paris PSL University. *Safety Science*, 151, 105733. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2022.105733>
- Veer, K., & Kumar, R. (2024). Standards for Industrial Safety: Challenges and Prospects. *National Academy Science Letters*, 1–4. <https://doi.org/10.1007/S40009-024-01579-X/METRICS>
- Wang, H., Hu, G., Zhou, S., Han, F., Tang, X., Li, C., & Dong, Z. (2026). Mechanism-based analysis of crater cracks in constrained lap joints: A stress-based indicator with quasi-Monte-Carlo estimation of propagation direction. *Engineering Failure Analysis*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2026.110903>
- Yu, C., Huang, R., Huang, H., Sun, Y., Chang, Q., & Loh, T. Y. (2025). Impact of Shapes and Patterns on Recognition and Response Efficiency in Safety Signage Design. *Ergonomics in Design*. <https://doi.org/10.1177/10648046251341014;SUBPAGE:STRING:ABSTRACT;WEBSITE:WEBSITE:SAGE;JOURNAL:JOURNAL:ERGA;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Zhang, Z., Wang, K., Wang, S., & Huang, X. (2026). Fire risk of welding sparks: Ignition of cardstock paper by a hot metal particle shower. *Fire Safety Journal*, 163, 104838. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2026.104838>