

# Integración de TPM, KAIZEN y AMEF para optimizar seguridad y eficiencia en un taladro de banco: Estudio de caso en un entorno académico

Integrating TPM, KAIZEN, and FMEA to Optimize Safety and Efficiency in a Drill Press: A Case Study in an Academic Setting

Airad Yajaira López Higuera  
airadlopez05@outlook.com  
Universidad Autónoma de Querétaro, Perú

José Armando Esquivel Pérez  
jesquivel03@alumnos.uaq.mx  
Universidad Autónoma de Querétaro, Perú

Jonathan Segundo Arteaga  
jsegundo02@alumnos.uaq.mx  
Universidad Autónoma de Querétaro, Perú

Edgar Iván Castillo Ramírez  
ecastillo24@alumnos.uaq.mx  
Universidad Autónoma de Querétaro, Perú

 Tania Elizabeth Sandoval Valencia  
tania.sandoval@uaq.mx  
Universidad Autónoma de Querétaro, Perú

## Resumen

El área de trabajo en donde los estudiantes desarrollan sus prácticas es un lugar que debe ser eficiente y seguro. Este artículo se enfoca en la prevención de riesgos o fallas de un taladro de banco modelo Benchtop drill 10 press with laser de la marca KNOVA®, a fin de asegurar la integridad de los operadores e imprevistos que pueda ocasionar el mal uso del equipo. Este estudio presenta la implementación de metodologías de manufactura flexible: Mantenimiento productivo total (TPM), Mejora Continua (KAIZEN) y un Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), demostrando la mejoría en los procesos. La combinación de estas herramientas no solo optimiza operaciones, sino que también establece un marco sistemático para reducir riesgos en entornos educativos, donde la seguridad y la eficiencia son críticas. Como resultado, se logró una reducción del NPR (número de prioridad) del 72.015% respecto al total de aspectos analizados, destacando la importancia de integrar metodologías complementarias para maximizar su impacto.

**Palabras claves:** Estandarización, optimización, clasificación, AMEF.

## Abstract


The work area where students develop their internships must be efficient and safe. This article focuses on the prevention of risks or failures in a KNOVA® Benchtop Drill Press 10 with Laser drill press, in order to ensure the safety of operators and unforeseen events that may arise from misuse of the equipment. This study presents the implementation of flexible manufacturing methodologies: Total Productive Maintenance (TPM), Continuous Improvement (KAIZEN), and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), demonstrating the improvement in processes. The combination of these tools not only optimizes operations but also establishes a systematic framework for reducing risks in educational environments, where safety and efficiency are critical. As a result, a 72.015% reduction in the NPR (priority number) was achieved compared to the total aspects analyzed, highlighting the importance of integrating complementary methodologies to maximize their impact.

**Keywords:** Standardization, optimization, classification, FMEA.



Publicado: 30/06/2025  
Aceptado: 29/06/2025  
Recibido: 20/06/2025

Open Access  
Article scientific

 <https://doi.org/10.47422/ac.v6i2.200>



## Introducción

La operación de maquinaria en entornos académicos, como el taladro de banco Benchtop drill 10 press with laser de KNOVA®, suele enfrentar desafíos como: factores humanos, carencias de mantenimiento, fallas técnicas y riesgos operativos. Este estudio surge como respuesta a dichos problemas, aplicando metodologías de mejora continua para optimizar la eficiencia, seguridad y gestión de este equipo, seleccionado por su uso frecuente en prácticas estudiantiles y su potencial como modelo replicable. A pesar de su aparente simplicidad, la máquina presenta fallas recurrentes como desgaste de componentes hasta falta de registros de inspección, lo que deriva en retrasos en proyectos, costos elevados de reparación y, en casos críticos, accidentes. La integración de protocolos estandarizados no solo busca garantizar la disponibilidad del equipo, sino también formar operadores capaces de trasladar buenas prácticas de mantenimiento y seguridad a contextos industriales más amplios, cerrando la brecha entre la formación técnica y las demandas del sector productivo.

El objetivo de este artículo es mejorar el uso y eficiencia del taladro de banco a través de la implementación de las metodologías mencionadas en el marco de este trabajo. Este estudio servirá como base para su aplicación respectiva en otras herramientas y equipos del laboratorio, contribuyendo así a un entorno de trabajo más seguro, eficiente y organizado.

Este caso evidencia la necesidad de incorporar formatos de inspección y manuales estandarizados que orienten a los usuarios sobre las características, condiciones y modos seguros de operación. Como señala (Barrera Cámara et al., 2021), la implementación de metodologías como el TPM y el AMEF puede proporcionar mayor rendimiento y productividad tanto para la organización como para los participantes en los procesos. Complementando esta idea, (Miranda Chávez et al., 2021) destacan que, al tratarse de una herramienta común en la industria, la aplicación de estas metodologías de manufactura resulta pertinente para fortalecer las competencias técnicas en entornos accesibles. Por lo tanto, son herramientas que puede mejorar el entorno de trabajo de los alumnos, profesores y encargados de laboratorio.

## Metodología

El estudio se realizó en el 2025 en el Centro de Diseño e Innovación Tecnológica (CEDIT) de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), México. Se centró en el taladro de banco modelo Benchtop drill 10 press with laser de KNOVA®, con el objetivo de mejorar procesos, estandarizar protocolos y garantizar la seguridad de los

operadores mediante metodologías ampliamente utilizadas en la industria.

La metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), es definida por (Daniel, 2018) como una filosofía orientada a reducir costos de reparación y mantenimiento, integra esfuerzos entre áreas operativas, administrativas y de apoyo. Su enfoque no solo prioriza la maquinaria, sino también la sostenibilidad de los procesos a largo plazo, un aspecto crítico en entornos donde los recursos son limitados.

Este enfoque adquiere relevancia ante un desafío clave: el desgaste natural de herramientas y maquinaria, que demanda recursos materiales y económicos, lo cuales son escasos en instituciones educativas como las universidades. En este contexto, equipos únicos, como el taladro de banco analizado, requieren estrategias que trasciendan su vida útil promedio, maximizando su calidad operativa para posponer inversiones inevitables. La metodología TPM aborda esta necesidad mediante tres pilares fundamentales:

1. Matriz de criticidad (CTR).
2. Medidas preventivas de mantenimiento.
3. Un formato de registro de mantenimientos para contar con un historial de defectos o fallas de la máquina.

**Tabla 1**

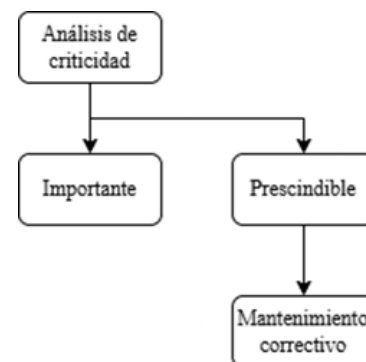
*La matriz de criticidad*

Aspectos de criticidad para el estudio

Código	FF	IO	FO	CM	SHA	CO	CTR	NVC
TA-01	1	2	3	2	2	9	9	Prescindible
P-01	4	1	4	1	3	9	36	Importante

**Figura 1**

*El tipo de mantenimiento que requiere*



Analizando los resultados se puede confirmar que la máquina no presenta mucha frecuencia de fallos y, por ello, no se le asigna alta criticidad. Sin embargo, el riesgo

potencial derivado de su costo de reparación y el tiempo de reposición justifica la necesidad de un mantenimiento adaptado a sus características. Para garantizar un seguimiento sistemático de las intervenciones, se diseñó un formato de registro estandarizado (Tabla 2), que permite documentar actividades como inspecciones, lubricación y ajustes, facilitando la trazabilidad y la prevención de fallas.

Se realizará un mantenimiento correctivo al taladro de banco mediante las siguientes acciones:

- Inspección de brocas y portaherramientas.
- Inspección al cableado de alimentación.
- Lubricación del husillo.
- Aportación de refrigerantes.
- Verificación de la sujeción de porta brocas.

**Tabla 2**

*Propuesta de formato de registro para tener datos de mantenimiento*

<b>ORDEN DE TRABAJO PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO (taladro de banco)</b>										
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO</b>										
<b>INSPECCIÓN MENSUAL</b>										
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>							<b>Código</b>	<b>RM</b>		
<b>DATOS</b>										
Especificaciones Técnicas							Numero de orden		06	
Técnico 1					Fecha Inicial			Fecha Final		
Cargo	Eléctrico		Mecánico		Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A TENER EN CUENTA</b>										
Herramientas					Equipos de seguridad					
Caja de herramientas					Mandil, Casco					
Destornilladores					Zapatos punta de acero					
Llaves alien					Guantes0					
Martillo, Playo, extractor					Gafas de protección					
<b>RIESGOS DEL TRABAJO MEDIDAS PREVENTIVAS</b>					<b>Firma Técnico</b>					
Proyección de partículas en los ojos Riegos eléctricos Caídas a distinto nivel Riesgos físicos y ergonómicos										
<b>MATERIALES</b>										
Brochas, guaípe, desengrasante, lubricante, aceites										
<b>CÓDIGO</b>	<b>EQUIPO</b>				<b>TAREAS PARA REALIZAR</b>			<b>OBSERVACIONES</b>		
TB-01	Taladro de Banco Optimum				Ajuste de correas (mensual)					
					Ajuste de poleas y chavetas (mensual)					
					Inspección de todos los sistemas (mensual)					
					Reemplazo de borneras (mensual)					
					Realizar una inspección y ajuste soporte del motor					
<b>DETALLES:</b>										

El taladro de banco requiere registros de mantenimiento constantes, guías de inspección claras y un formato adaptable que priorice las observaciones críticas de la máquina. Estos elementos, plasmados en la Tabla 2, no solo responden a la criticidad identificada en el equipo, sino que también establecen un modelo replicable para otras máquinas del laboratorio. Según comentarios del

encargado y el proveedor, existen equipos con mayor propensión a fallos recurrentes y riesgos operativos, como tornos o fresadoras, que demandarían protocolos aún más rigurosos. La implementación de este formato estandarizado con variables ajustables según las necesidades de cada máquina sienta las bases para un

sistema preventivo escalable, mitigando riesgos y optimizando recursos en el largo plazo.

Al poseer un formato estable, es posible tener datos disponibles sobre los principales fallos de la máquina y gracias a esta información, se permite crear otra metodología que permita organizar y categorizar estos problemas en un sistema más accesible y que se actualice constantemente como el KAIZEN.

### KAIZEN

Kaizen es una metodología que se centra en la idea de que pequeñas mejoras continuas pueden generar grandes beneficios a largo plazo. Al fomentar una cultura de mejora constante, Kaizen ayuda a las organizaciones a aumentar la eficiencia, reducir desperdicios y mejorar la calidad de sus productos o servicios” (SafetyCulture et al., 2024).

Para alinear esta filosofía con el contexto del taller, se realizó una entrevista al encargado de la máquina, cuyo objetivo fue identificar áreas críticas de mejora en el uso, seguridad, organización y mantenimiento del taladro de banco en el CEDIT.

El resumen de la entrevista reveló que el encargado del taller identificó problemas como la desorganización de herramientas, la falta de estandarización en protocolos operativos y la ausencia de medidas ergonómicas para los usuarios. Estos hallazgos no solo evidencian áreas críticas de mejora, sino que también reflejan oportunidades clave para la filosofía Kaizen.

Para abordar los riesgos ergonómicos, se aplicó el análisis BRIEF, una herramienta que identifica factores como posturas forzadas o movimientos repetitivos en el uso del taladro (Figura 2).














**Tabla 3**

*Identificación de riesgos de base o factores ergonómicos*

Parte del cuerpo	Calificación	Clasificación de riesgo
Hombros	2	Medio (M)
Manos/Muñecas	3	Alto (H)
Cuello	3	Alto (H)
Espalda	2	Medio (M)
Piernas	3	Alto(H)

**Figura 2**

*Análisis y resultados del BRIEF*

<b>Step 1</b>	Job Name: <u>Operador Taladro de Banco</u> Site: <u>CEDIT FI UAQ</u> Station: <u>Taladro de Banco</u>					
Complete Job Information	Date: <u>11/04/2025</u> Dept: <u>Taller de metales</u> Shift: <u>Mixto</u> Product: <u>Varios</u>					
<b>Step 2</b>	<b>Hands and Wrists</b>	<b>Elbows</b>	<b>Shoulders</b>	<b>Neck</b>	<b>Back</b>	<b>Legs</b>
Identify Risks	 	 	  	 	  	
2a. Mark Posture and Force boxes when risk factors are observed.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2b. For body parts with Posture or Force marked, mark Duration and/or Frequency box(es) when limits are exceeded.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>2a. Posture</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Force</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2b. Duration</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Frequency</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Score</b>	3	1	2	2	3	2
<b>Risk Rating</b>	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L
<b>Step 3</b>	<p>In the Score box, write the number of risk factor categories (0-4) checked for each body part.</p> <p>Using the table at right, circle the corresponding Risk Rating for each body part.</p> <p>Score: Risk Rating 3 or 4 = High (H) 2 = Medium (M) 0 or 1 = Low (L)</p>		<p><b>Step 4</b></p> <p>Mark physical stressors observed:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vibration (V)  <input type="checkbox"/> Low Temperatures (L)  <input type="checkbox"/> Soft Tissue Compression (S)  <input type="checkbox"/> Impact Stress (I)  <input type="checkbox"/> Glove Issues (G)</p> <p>Use the corresponding letters to show location of stressors.</p> 			

Los resultados clasificaron los riesgos por gravedad (ejemplo: manos, muñecas, cuello y piernas con nivel alto), lo que permitió priorizar ajustes en el puesto de trabajo y capacitación en técnicas seguras. Esta acción, alineada con Kaizen, demostró cómo pequeñas mejoras continuas pueden prevenir lesiones y optimizar el entorno operativo.

Tras un análisis integral mediante entrevistas, evaluación BRIEF™ y observación directa, identificamos los siguientes problemas clave en el uso del taladro de banco:

- Problemas ergonómicos.
- Deficiencias en seguridad.
- Desafíos organizativos.

## Resultados

La aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) en el taladro de banco requirió un enfoque metodológico estructurado, iniciando con la conformación de un equipo multidisciplinario responsable del análisis y la documentación de los hallazgos.

Este proceso comenzó con la delimitación clara del alcance, centrándose específicamente en las operaciones asociadas al uso del taladro de banco, con el objetivo de identificar riesgos potenciales durante su funcionamiento.

La metodología implementada consideró las etapas clave del AMEF:

Desde la caracterización del equipo y sus funciones, hasta la identificación sistemática de modos de falla, sus causas, efectos y los controles existentes. Este enfoque permitió priorizar las fallas con base en su criticidad, utilizando el índice RPN (Número de Prioridad de Riesgo), para enfocar las acciones de mejora en los puntos de mayor impacto.

La aplicación del AMEF en este contexto no solo facilitó la detección proactiva de riesgos operativos, sino que también estableció las bases para un plan de mitigación robusto, asegurando la confiabilidad del equipo y la seguridad de los operarios.

De esta manera, el análisis se convirtió en una herramienta fundamental para la gestión preventiva de fallas en procesos industriales que involucran maquinaria de precisión como el taladro de banco.

En la propuesta se definieron dos etapas:

1. Identificar las posibles causas al usar el taladro de banco.
2. Realizar el documento de AMEF con la propuesta del AMEF actualizada.

La realización de un AMEF de proceso permite identificar riesgos potenciales, priorizar fallos según su gravedad,

ocurrencia y detección, y establecer acciones correctivas. Esto mejora la confiabilidad, seguridad y eficiencia del equipo, reduciendo paradas no planificadas y costos de mantenimiento., se detallan de manera precisa los pasos del procedimiento.

1. Definir las entradas del proceso.
2. Identificar los requerimientos de las entradas.
3. Identificar de qué maneras puede fallar el proceso para cumplir con los requerimientos.
4. Analizar efectos/consecuencias.
5. Identificar qué tan severo es el efecto para el cliente (Tabla 5).
6. Identificar causas potenciales de la falla.
7. Identificar qué tan frecuente ocurre la falla (Tabla 6).
8. Evaluar controles/procedimientos existentes.
9. Identificar qué tan bien se puede detectar la causa de la falla (Tabla 7).
10. Analizar los controles actuales de detección.
11. Calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR o RPN).
12. Fórmula:  $NPR = Severidad (S) \times Ocurrencia (O) \times Detección (D)$
13. Proponer acciones correctivas.
14. Asignar al responsable de la acción y la fecha de culminación.
15. Implementar acciones
16. Reevaluar la severidad (S), ocurrencia (O), y la detección (D).
17. Calcular el nuevo Número de Prioridad de Riesgos (NPR) después de las mejoras.

Como resultado, se desarrolló un plan de acción con medidas correctivas específicas que redujeron los valores de RPN en las fallas más relevantes.

Esto se tradujo en: mayor seguridad para los operarios, menor probabilidad de errores durante el mecanizado, y optimización del mantenimiento preventivo.

**Tabla 4**

*Análisis de Modo y efecto de fallas parte I*

# Paso	Función del proceso / pasos del proceso	Requerimiento	Modo potencial de falla	Efecto potencial de falla	SEV	Causa(s) potencial de la falla	OCU	¿Controles actuales del proceso de prevención?	DET	¿Controles actuales de detección?	NPR
	Pasos del proceso a analizar / describir el propósito de dicho paso	Son las entradas especificadas del proceso para cumplir los requerimientos de los clientes	¿De qué maneras puede fallar potencialmente el proceso para cumplir con los requerimientos?	¿Cuál es el efecto o consecuencia del modo de falla en las salidas y/o los requerimientos del cliente?	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	¿Cómo puede ocurrir la falla? Describir en términos de algo que se pueda corregir o controlar. Sea Específico.	¿Qué tan frecuente ocurre el modo o causa de la falla?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección y prueba) que previenen o detectan la ocurrencia?	¿Qué tan bien se puede detectar la causa o el Efecto F?		SEV x OCU x DET
1	Sistema eléctrico	Conexión segura y estable	Corto circuito en el cableado	Daño al motor / riesgo de incendio	10	Cableado en mal estado / humedad en el ambiente	3	Inspección anual por el electricista	7	Fusible de protección integrado	210
2	Verificar que el motor gire en el sentido especificado.	Cumplir con la dirección de giro establecida en las especificaciones	El motor no gira en el sentido elegido.	Incumplimiento de requerimientos del cliente o del proceso.	5	Cableado incorrecto, configuración errónea o falla en el sistema de control.	3	Inspección visual previa y manual de operación.	3	Prueba funcional después de la instalación.	45
3	Garantizar que el motor funcione en sentido inverso.	Operación bidireccional según especificaciones	El motor no gira en sentido contrario.	Limitación funcional y posible incumplimiento de requisitos.	4	Fallo en el relé, inversor de giro o programación incorrecta.	4	Pruebas de funcionamiento en ambos sentidos.	2	Monitoreo durante la prueba operativa.	32
4	Detener el motor inmediatamente en caso de emergencia.	Seguridad operativa y protección del equipo/personal	El botón no detiene el motor.	Riesgo de accidentes graves o daños al equipo.	9	Fallo en el contacto eléctrico, cableado dañado o falta de energía.	2	Inspección periódica del circuito de emergencia.	1	Prueba manual antes de cada operación.	18
5	Estabilidad de la base	Base firme y nivelada	Vibraciones excesivas durante la operación	Perforación desalineada / daños en la pieza	7	Suelo irregular / tornillos de fijación flojos	5	Inspección inicial de nivelación	6	Prueba de funcionamiento o sin carga	210
6	Regulación de velocidad	Velocidad acorde al material	Velocidad excesiva para material duro	Rotura de broca/proyección de fragmentos	9	Configuración incorrecta por operario inexperto	7	Etiquetado de velocidades recomendadas en el taladro	6	Chequeo de velocidad con tacómetro integrado	378
7	Transmisión de potencia (correas)	Transmisión suave sin patinaje	correa desgastada o rota	Perdida de potencia / parada repentina	8	Falta de tensión / desgaste por uso continuo	6	Revisión mensual de correas	5	Monitoreo auditivo (sonido anormal)	240

8	Sujeción de la broca en el mandril	Broca fija sin desplazamiento	Broca se desprende durante el uso	Lesiones al operador/ daños a la pieza	10	Mordazas del mandril desgastadas	6	Inspección visual antes de cada uso	8	Prueba manual de torsión después de ajustar	480
9	Verificar el correcto giro del taladro con la broca instalada.	Asegurar que la broca gire sin vibraciones excesivas o desviaciones.	La broca no gira correctamente o se desvía.	Daño a la pieza, mala calidad del taladrado o rotura de la broca.	6	Broca mal instalada, desgaste de la broca o desbalanceo del husillo.	4	Inspección visual de la broca antes de su instalación.	3	Prueba de giro sin carga antes del uso.	72
10	Ajustar el resguardo para evitar proyecciones de material.	Prevenir riesgos de seguridad por proyecciones de virutas o partículas.	Resguardo mal ajustado o ausente.	Lesiones al operador o daños al equipo por proyecciones.	8	Ajuste incorrecto, falta de mantenimiento o descuido del operador.	3	Inspección visual del resguardo antes de cada uso.	2	Verificación manual del ajuste del resguardo.	48
11	Marcar el punto exacto para el taladrado.	Precisión en la ubicación del taladro.	Marca incorrecta o inexacta.	Taladrado en posición errónea, desperdicio de material.	5	Error humano, herramienta desgastada o mala medición.	4	Uso de plantillas o guías de medición.	4	Inspección visual de la marca antes de taladrar.	80
12	Posicionar la pieza correctamente en el taladro.	Asegurar sujeción firme y alineación precisa.	Pieza mal colocada o desalineada.	Taladrado incorrecto, daño a la pieza o al equipo.	6	Error en el posicionamiento, sujeción inadecuada.	3	Uso de guías o plantillas de posicionamiento	3	Verificación visual antes de iniciar el taladrado.	54
13	Asegurar que la pieza esté firmemente sujeta.	Evitar movimientos durante el taladrado.	Pieza no sujeta correctamente	Movimiento de la pieza, mala calidad del taladrado o accidente.	7	Mordazas desgastadas, fuerza de sujeción insuficiente.	3	Inspección visual de las mordazas antes de su uso.	2	Prueba manual de movimiento de la pieza antes de taladrar.	42
14	Aplicación de lubricante	Lubricación continua de metales	Ausencia de lubricante	Sobrecalentamiento de broca / desgaste prematuro	7	Olvido del operario / dosificador obstruido	8	Protocolo escrito en área de trabajo	7	Inspección visual durante la operación	392
15	Asegurar que el resguardo esté cerrado antes de operar el taladro.	Prevenir accidentes por contacto con la broca o proyecciones.	Resguardo no cierra correctamente o está dañado.	Riesgo de lesiones al operador o daño al equipo.	9	Resguardo desalineado, mecanismo de cierre dañado o descuido del operador.	2	Inspección visual del resguardo antes de cada uso.	1	Verificación manual del cierre antes de operar.	18
16	Iniciar el funcionamiento o del taladro para el corte.	Operación controlada y segura del taladro.	El taladro no arranca o funciona de manera irregular.	Interrupción del proceso, daño a la pieza o sobrecalentamiento	5	Fallo eléctrico, sobrecarga o desgaste mecánico.	3	Mantenimiento preventivo del taladro.	2	Monitoreo de sonido y vibración durante el arranque.	30
17	Presión de perforación	Presión uniforme y controlada	Presión excesiva	Deformación de la pieza / rotura de broca	8	Falta de experiencia del operario	6	Guía de presión recomendada en manual	5	Sensor de presión con alerta sonora	240
018	Detener el taladro una vez completado el perforado.	Parada segura y controlada del equipo.	La máquina no se detiene o hay retraso en la parada.	Daño a la pieza, sobre perforado o riesgo de accidente.	6	Fallo en el sistema de parada, botón defectuoso o error del operador.	3	Inspección periódica del botón de parada y sistema eléctrico.	2	Prueba funcional del botón de parada antes de cada uso.	36
19	Retirar el resguardo para acceder a la pieza.	Manipulación segura después de la operación.	Resguardo atascado o difícil de retirar.	Daño al resguardo, lesiones o retraso en el proceso.	4	Mecanismo de cierre desgastado o falta de lubricación.	3	Lubricación periódica del mecanismo de cierre.	3	Inspección visual del resguardo pos-operación.	36
20	Retirar la broca después del perforado.	Extracción segura y sin daños a la broca o al equipo.	Broca atascada o difícil de retirar.	Daño a la broca, al husillo o lesiones al operador.	5	Sobrecalentamiento, residuos de material o desgaste del porta-brocas.	4	Limpieza de la broca y porta-brocas después de cada uso.	3	Inspección visual pos-operación.	60
21	Eliminar residuos de la pieza después del taladrado.	Pieza libre de virutas y listo para el siguiente proceso.	Residuos no removidos o limpieza incompleta.	Defectos en acabado, interferencia en procesos posteriores.	4	Métodos de limpieza inadecuados o falta de tiempo.	5	Uso de aire comprimido o cepillos específicos.	2	Inspección final antes de pasar a siguiente etapa.	40

Se analizó las posibles causas de fallo y se consideraron maneras alternativas de prevenir los posibles fallos por seguridad del operario y de la misma máquina. Se obtuvo la siguiente tabla de acciones recomendadas.

**Tabla 5**

*Análisis de Modo y efecto de fallas parte 2 con acciones tomadas*

Acciones recomendadas	Responsabilidad y día de culminación	Resultados de las acciones				
		Acciones tomadas	SEV	OCU	DET	NPR
¿Cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia, mejorar la detección o para identificar la causa raíz si es desconocida? <b>Se deben tomar acciones solo en NPR's altos o fáciles de arreglar.</b>	¿Quién es responsable de las acciones recomendadas?	Listar las acciones completas que se incluyeron en el nuevo cálculo del NPR. Incluir el día de implementación para cualquier cambio.	¿Cuál es la nueva severidad?	¿Cuál es la nueva capacidad del proceso?	¿Se mejoraron los límites de detección?	Recalcular NPR después de que se terminen las acciones
Usar cableado blindado / Instalar interruptor diferencial	Electricista 5/junio/2025	Cableado reemplazado	10	2	4	80
Revisar diagrama eléctrico y configuración del sistema.	Mantenimiento 5/jun/2025	Cableado reemplazado	3	2	2	12
Verificar componentes eléctricos y reprogramar sistema de control.	mantenimiento 5/jun/2025	Cableado reemplazado	3	2	1	6
Reemplazar componentes defectuosos y verificar conexiones.	Supervisor de seguridad 5/jun/2025	Verificación cada que se use	8	1	1	8
Instalar niveladores ajustables / fijación con tornillos de seguridad	Operario 5/junio/25	Base estabilizada	7	3	4	84
Instalar selector de velocidades bloqueable por material (ej. Sistema RFID)	Ingeniería 5/junio/2025	Selector en prueba	9	3	2	54
Reemplazar correas por modelo de alta resistencia / instalar sensor automático	Mantenimiento 5/junio/2025	Correas nuevas	8	4	3	96
Reemplazar mandril por modelo auto entrante/ capacitación en ajuste	Operario 5/junio/25	Mandril nuevo instalado	8	4	3	96
Verificar el correcto ajuste de la broca y balanceo del husillo.	Operario 5/junio/25	Verificación cada que se use	4	2	2	16
Establecer un protocolo de verificación del resguardo y capacitación.	Supervisor de seguridad 5/jun/2025	No poder accionar el taladro si no se cierra el resguardo	5	1	1	5
Capacitar al operador en técnicas de marcado y usar herramientas precisas.	Operario 5/junio/25	Verificación con control de calidad	3	2	2	12
Implementar dispositivos de sujeción más precisos y verificar alineación.	Técnico de taller 5/jun/2025	Verificación con control de calidad	4	2	2	16
Reemplazar mordazas desgastadas y establecer torque de sujeción adecuado.	Operario 5/junio/25	Verificación con control de calidad que las mordazas estén en correcta posición	4	1	1	4
Automatizar lubricación con sistema de flujo continuo	Mantenimiento 5/junio/2025	Sistema en prueba	7	5	4	140
Implementar un sistema de bloqueo que impida el funcionamiento si el resguardo no está cerrado.	Supervisor de seguridad 5/jun/2025	No poder accionar el taladro si no se cierra el resguardo	6	1	1	6
Implementar un checklist previo al arranque y	Mantenimiento 5/junio/2025	Checklist	3	2	1	6

termómetro para temperatura.							
Implementar pedal regulador de presión asistido por resorte	Proveedor externo 5/junio/2025	Pedal en cotización	8	4	3	96	
Instalar un sistema de parada de emergencia redundante.	Electricista 5/junio/2025	Verificación cada que se use	4	2	1	8	
Implementar un sistema de apertura asistida para reducir esfuerzo.	Mantenimiento 5/junio/2025	Sistema en prueba	3	2	2	12	
Usar un sistema de liberación rápida y enfriar la broca antes de retirarla.	Operario 5/junio/25	Sistema en prueba	3	2	2	12	
Implementar estación de limpieza automatizada con aspiración.	Supervisor de calidad 5/jun/2025	Verificación con control de calidad	2	2	1	4	

Tener en cuenta la siguiente tabla sirve como herramienta para evaluar y cuantificar la gravedad de posibles fallas en procesos o equipos mediante una escala del 1 al 10, donde valores más altos indican impactos más severos (como daños a operarios o máquinas), permitiendo priorizar los posibles riesgos que se puede tener al usar un taladro de banco.

**Tabla 6**

*Evaluación de severidad*

SEVERIDAD	EFFECTO	CALIFICACIÓN
Puede dañar la máquina o al operador sin que se advierta	Falla en el cumplimiento con requerimientos de seguridad	10
Puede dañar la máquina o al operador CON advertencia		9
Puede que el 100% del producto se deseche / Paro de línea	Interrupción mayor	8
Puede que una proporción de la corrida de producción se deseche /disminución velocidad maquina o aumento en mano de obra	Interrupción significativa	7
Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajar fuera de la línea	Interrupción importante	6
Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajar fuera de la línea		5
Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajar EN LA ESTACIÓN, antes de procesarse	Interrupción moderada	4
Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajar EN LA ESTACIÓN, antes de procesarse	Interrupción menor	3
Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación o al operador		2
Sin efecto	Sin efecto	1

La siguiente tabla permite cuantificar con valores del 1 al 10 qué tan frecuentemente puede presentarse una falla en el proceso. Establece una relación clara entre la probabilidad estadística de que ocurra un problema desde “muy alta” a “muy baja” y su calificación numérica correspondiente.

**Tabla 8**

*Evaluación de ocurrencia*

Probabilidad de ocurrencia	Incidentes por producto	Calificación
Muy Alta	1 en 20	10
Alta	1 en 20	9
	1 en 50	8

	1 en 100	7
Moderada	1 en 500	6
	1 en 2000	5
	1 en 10,000	4
Baja	1 en 100,000	3
	1 en 1,000,000	2
Muy Baja	La falla es eliminada a través de controles preventivos	1

La siguiente tabla de detección del AMEF sirve para evaluar la eficacia de los controles existentes para identificar fallas potenciales antes de que ocurran, asignando valores numéricos según la probabilidad de que el sistema de control detecte el problema.

**Tabla 9**

*Evaluación de Eficiencia*

	Probabilidad de que el control detecte la falla	DPPM	Probabilidad de detección	Calif.
Muy baja	Sin control del proceso actual. No puede detectarse o no es analizado		Casi imposible	10
Baja	El modo de falla o la causa no es fácilmente detectado	50,000	Muy remota	9
	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por el operador con ayudas visuales, táctiles o auditivas	20,000	Remota	8
Moderada	Detección del modo de falla en la estación de trabajo por el operador con ayudas visuales, táctiles o auditivas	10,000	Muy baja	7
	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por medio de chequeos manuales del producto	5,000	Baja	6
	Detección del Modo de la Falla en la estación por el operador a través del uso de controles automatizados en la estación que detecten la parte discrepante y notifiquen al operador (luz, timbre). Chequeo se ejecuta en los ajustes y en el chequeo de la primera pieza (para causas de ajuste solamente)	2,000	Moderada	5
Alta	Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran la parte para prevenir algún procesamiento posterior	1,000	Altamente moderada	4
	Detección del Modo de la Falla en la estación por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran automáticamente la parte en la estación para prevenir algún procesamiento posterior	500	1 en 2,000	3
Muy alta	Detección (de las Causas) del Error en la estación por controles automatizados que detectan el error y previenen que la parte discrepante sea hecha.	200	1 en 5,000	2
	Prevención (de las Causas) del Error como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la máquina ó diseño de la parte. Partes discrepantes no pueden hacerse porque el item/ artículo se ha hecho a prueba de errores por el diseño del producto/proceso	100	1 en 10,000	1

## Discusión

Los resultados que fueron obtenidos en el estudio, se ha identificado que el taladro de banco modelo Benchtop drill 10 press with laser de la marca KNOVA® requiere mejoras críticas en sus protocolos de mantenimiento y operación, esto debido a las fallas frecuentes que afectan su disponibilidad y seguridad. Por medio de la aplicación del AMEF y de las metodologías del TPM Y Kaizen se permite reducir riesgos en la operación y promover la mejora continua del equipo.

El análisis AMEF ha permitido identificar que las fallas críticas están asociadas con la sujeción de la broca (desgaste y mal ajuste), la transmisión por correas (roturas por tensión inadecuada) y el sistema de resguardo de seguridad por la ausencia de verificaciones periódicas, presentando altos valores del índice RPN (Tabla 3). Estas fallas se presentaron con el desgaste por uso continuo, errores en su operación y la falta de mantenimiento adecuado. Estos resultados son similares a los reportados en trabajos como el de (Barrera Cámara et al. 2021), donde el implementar metodologías de manufactura contribuyó

de manera relevante a elevar la confiabilidad operativa en ambientes de formación técnica.

Con la integración del TPM y del Kaizen como complementos al AMEF permitió: reducir los NPR (Número de prioridad de riesgo) en un total 72.015% respecto al total de los 21 aspectos analizados destacando la abrupta reducción de riesgo de la sujeción de la broca en el mandril en un 80% considerando que era el factor con mayor riesgo.

En cuanto a la aplicación de metodologías de mejora como TPM y del Kaizen, han demostrado ser útiles para detectar y priorizar fallas, así como para establecer acciones preventivas concretas. Tal como lo señala (Miranda Chávez et al. 2021), el uso de enfoques metodológicos fomenta una cultura de mejora continua que es importante aplicar en entornos educativos donde los recursos son limitados.

## Conclusiones

El AMEF fue fundamental para priorizar las fallas críticas del taladro de banco, mientras que el TPM y el Kaizen optimizaron los resultados al implementar acciones correctivas y preventivas que poseen una mejora continua.

La reducción del 72.015% en los NPR confirma la eficiencia de estas metodologías para mitigar riesgos operativos y mejorar la confiabilidad del equipo.

La principal área de mejora identificada fue la falta de protocolos estandarizados de mantenimiento, que se aborda mediante: Inspecciones periódicas, capacitación de operadores y registro sistemático de fallas.

Este trabajo refuerza la importancia de combinar herramientas de gestión de riesgos con metodologías de mejora continua y de mantenimiento en equipos industriales y educativos.

## Referencias bibliográficas

- Barrera Cámara, R. A., Barrientos-Vera, V., Santiago Pérez, J. D. C., & Canepa-Sáenz, A. (2018). Gestión de procesos de negocio. *Inventio*, 14(32), 43-48. <https://doi.org/10.30973/inventio/2018.14.32/>
- García Alcaraz, J. L. (2012). Factors related with success of total productive maintenance. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 60, 129-140. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.13665>
- KN. (s. f.). Manual del usuario: Benchtop drill press with laser / Taladro de columna de banco con láser (Modelo KN DP-2500L) (1-24). KN Tools. Recuperado 11 de abril de 2025, de <https://www.knova.com.mx>
- Marathon Petroleum Company LP. (2020, agosto 12). Ergonomics Program.
- Miranda Chávez, W. J., Montoya Cárdenas, G. A., Vilcara Cárdenas, E. A., & Díaz Dumont, J. R. (2021a). Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho. *Alpha Centauri*, 2(3),106-123. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.52>
- MONTALBAN-LOYOLA, E., ARENAS-BERNAL, E. J., TALAVERA-RUZ, M., & MAGAÑA-IGLESIAS, R. E. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 2(5), 230-240.
- SafetyCulture. (2024, febrero 8). Modelo Kaizen: Qué es, principios y cómo implementarlo. SafetyCulture - Temas. <https://safetyculture.com/es/temas/modelo-kaizen/>
- Stadnicka, D., & Antonelli, D. (2024). Classification graph of Poka-Yoke techniques for industrial applications: Assembly process case studies effectiveness evaluation. *Technologia i Automatyizacja Montażu*, 124(2), 18-28.
- <https://doi.org/10.7862/tiam.2024.2.3>Santos, F., & Santos, E. (2012). Aplicación práctica de bpm para la mejora del subproceso de picking en un centro de distribución logístico. *Industrial Data*, 15(2), 120–127. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81629470016.pdf>
- Silva, R. (2009). Beneficios del comercio electrónico perspectivas. *Perspectivas*, 24, 151–164. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160008.pdf>
- Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H. (2016).
- Ishikawa Diagram. In W. O'Donohue & A. Maragakis (Eds.), *Quality Improvement in Behavioral Health*. Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3\\_9](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3_9)
- Daniel, O. (2018). El Mantenimiento Productivo total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.