



Cristian Amaury Lazcano-Hernández

E-mail: amaurylazcano12@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2288-8767>

Rafael Granillo-Macías

E-mail: rafaelgm@uaeh.edu.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1015-667X>

Licenciatura en Ingeniería Industrial, Escuela Superior de Ciudad Sahagún, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lazcano-Hernandez, C. A., & Granillo-Macías, R. (2025). Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada. *Revista Portal de la Ciencia*, 6(1), 64-80, DOI: <https://doi.org/10.51247/pdlc.v6i1.480>.

==== o ====

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

RESUMEN

La producción de cebada y la exportación de cerveza son fundamentales para México, tanto desde una perspectiva económica como cultural. La cebada representa un cultivo esencial que impulsa la agricultura y genera empleo para numerosos agricultores, dado que es la materia prima principal en la elaboración de cerveza. La industria cervecera se destaca como uno de los sectores económicos más relevantes del país, posicionando a México entre los líderes mundiales en la exportación de esta bebida. No obstante, existen desafíos que afectan la calidad del producto en el proceso de remojo, como la obsolescencia del formato actual, falta de seguimiento, las dificultades en la recolección y análisis de datos. Estos problemas generan errores en la evaluación y el control de la calidad y productividad de los procesos de malteo. La investigación se enfoca en un caso de estudio para identificar y mejorar las operaciones en el proceso de hidratación de cebada. Se propone una metodología de mejora continua que incluye herramientas como 5S, Kaizen, CEP y Poka Yoke. Como resultado, se sugiere la creación de un formato digitalizado con características visuales y funcionales que permita una recolección de datos precisa y en tiempo real, optimizando así el proceso de hidratación.

Palabras clave: trazabilidad, hoja de cálculo, CEP, agroindustria

Continuous Improvement through a standardization proposal in the barley hydration process

ABSTRACT

The production of barley and the export of beer are fundamental for Mexico, both from an economic and cultural perspective. Barley represents an essential crop that drives agriculture and generates employment for numerous farmers, as it is the primary raw material in beer production. The brewing industry stands out as one of the most relevant economic sectors in the country, positioning Mexico among the global leaders in beer export. However, there are challenges affecting the quality of the product in the soaking process, such as the obsolescence of the current format, lack of monitoring, and difficulties in data collection and analysis. These issues lead to errors in the evaluation and control of quality and productivity in the malting processes. The research focuses on a case study to identify and improve operations in the barley hydration process. A continuous improvement methodology is proposed, incorporating tools such as 5S, Kaizen, CEP, and Poka Yoke. As a result, the creation of a digitized format with visual and functional features is suggested, enabling accurate and real-time data collection, thereby optimizing the hydration process.

Keywords: traceability, spreadsheet, CEP, agribusiness

==== o ====

Melhoria Contínua através da padronização no processo de hidratação da cevada

RESUMO

A produção de cevada e a exportação de cerveja são fundamentais para o México, tanto do ponto de vista económico como cultural. A cevada representa uma cultura essencial que impulsiona a agricultura e gera emprego para muitos agricultores, pois é a principal matéria-prima na produção de cerveja. A indústria cervejeira destaca-se como um dos setores económicos mais relevantes do país, posicionando o México entre os líderes mundiais na exportação desta bebida. No entanto, existem desafios que afetam a qualidade do produto no processo de embebição, como a obsolescência do formato atual, falta de monitorização e dificuldades na recolha e análise de dados. Estes problemas geram erros na avaliação e controlo da qualidade e produtividade dos processos de maltagem. A investigação centra-se num estudo de caso para identificar e melhorar as operações no processo de hidratação da cevada. É proposta uma metodologia de melhoria contínua que inclui ferramentas como o 5S, Kaizen, CEP e Poka Yoke. Como resultado, sugere-se a criação de um formato digitalizado com características visuais e funcionais que permita a recolha de dados precisa e em tempo real, otimizando assim o processo de hidratação.

Palavras-chave: rastreabilidade, folha de cálculo, CEP, agronegócio

INTRODUCCIÓN

En 2023, la FAO pronosticó un récord en la producción mundial de cereales, alcanzando 2,836 millones de toneladas, con la cebada como un actor clave en la economía agrícola de los países productores (FAO, 2024). En México, el cultivo de cebada resulta fundamental, contribuyendo significativamente a la economía agrícola y abasteciendo la demanda para la industria cervecera a nivel nacional e internacional. La exportación de cebada es esencial para el comercio internacional de granos, con un impacto significativo en la economía agrícola global.

Durante el procesamiento de cebada para la industria agroalimentaria, la calidad de esta se evalúa por su color, brillo, olor y forma del grano características que se consideran esenciales para la producción de malta, un componente clave en la elaboración de cerveza. La malta de cebada se define como la cebada que germina y que se somete al proceso de malteado. La malta se obtiene principalmente a partir de la cebada mediante un proceso de industrialización que incluye la hidratación, germinación y tostado de los granos, permitiendo la transformación de almidones en azúcares fermentables, esenciales para la producción de cerveza (Vázquez-Alfaro et al., 2021). En ocasiones, la cebada destinada a la industria cervecera puede no cumplir con los estándares de calidad requeridos y debe destinarse a fines de forraje (Vázquez Alfaro, 2013), además de que, en algunos casos, la importación de cebada puede ser más económica que la producción local debido a diferencias en los costos de producción, mano de obra o condiciones climáticas favorables en otros países (SIAP, 2018).

Particularmente la comercialización en México de cebada y malta se realiza a través de intermediarios y ventas directas a malterías como Grupo Modelo-AB InBev y Heineken México. La cadena de valor de la cerveza incluye todas las etapas desde la producción de cebada hasta la distribución del producto final, generando numerosos empleos directos e indirectos (Granillo et al., 2018). Durante el proceso de malteo, la hidratación (remojado) se considera un procedimiento que persigue diversos objetivos fundamentales ya que durante la hidratación la cebada seca se empapa en agua para aumentar su contenido de humedad desde un 12% hasta aproximadamente un 45% siendo esta humedad clave para activar las enzimas naturales de la cebada e iniciar el proceso de germinación de la cebada.

Bajo este escenario resulta importante para asegurar la variedad y cantidad enviadas a las malterías, lo que es fundamental para obtener un malteado de calidad. Es importante llevar un registro de calidad en los datos y, además, implementar un control estadístico del tiempo de carga de las tinajas, lo que permitiría identificar cualquier irregularidad y tomar medidas correctivas oportunas. En 2022, México realizó exportaciones de cebada por un valor de \$2,77 millones, posicionándose como el cuadragésimo segundo exportador de este producto a nivel mundial. Durante el mismo año, la cebada ocupó el puesto 819 entre los productos más exportados del país (OEC, 2022).

REVISIÓN DE LITERATURA

En la producción de cerveza, la labor de las malterías radica en convertir la cebada en malta. Este proceso implica que el grano de cebada pase por etapas de remojo, germinación y secado, lo que activa las enzimas necesarias para el proceso de maceración (Gallardo Aguilar et al. 2018). Durante el secado, cuanto más prolongado y elevada sea la temperatura, la malta resultante será más oscura y en consecuencia la cerveza final.

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

La calidad y variedad en el grano de cebada resulta importante para mantener la consistencia en la producción de cerveza, ya que las condiciones climáticas en las que se siembra la semilla de cebada son el principal factor que afecta la producción de la misma. Particularmente, la calidad de las variedades de cebada se determina mediante pruebas físicas y químicas. Entre las pruebas físicas, se evalúa el color del grano, que debe ser amarillo pajizo y brillante, lo cual indica una cosecha en buenas condiciones. La caracterización física del grano de cebada está directamente relacionada con su morfología y debe evaluarse considerando la variedad específica evaluando parámetros que incluyen: 1) el peso hectolitro, el cual refleja la relación entre el peso y el volumen del grano, 2) humedad, como parámetro fundamental en la postcosecha para el almacenamiento y manejo de la semilla, 3) color, el cual permite identificar el producto final deseado (granos color más oscuros se usan para cervezas oscuras y viceversa), 4) contenido de proteína, la presencia de proteínas es esencial para la estabilidad de la espuma y el sabor de la cerveza, 5) turbidez, que indica la cantidad de sólidos suspendidos en el mosto (líquido extraído del proceso de remojo de malta), 6) el porcentaje de extracto el cual se refiere a los compuestos orgánicos en el mosto antes de la fermentación, y debe ser adecuado para una buena formulación de cerveza (Andrade Recalde, 2020).

En particular la calidad de la cebada se evalúa durante el proceso de malteo que incluye las operaciones de:

1. Recepción, siendo el primer paso del proceso y asegura que el grano se conserve adecuadamente antes de su procesamiento.
2. Prelimpieza, utilizando equipos como ventiladores y cribas, se realiza una limpieza inicial de la cebada para eliminar impurezas como paja, fragmentos de hierro y otros materiales ajenos al grano.
3. Limpieza y clasificación, proceso más exhaustivo de limpieza para asegurar la eliminación de cualquier resto de impurezas.
4. Hidratación (remojo) de cebada, constituye la fase inicial del proceso de producción de malta.
5. Cajas de germinación, después del remojo, la cebada se transfiere a cajas de germinación, donde se mantiene en condiciones controladas de temperatura y humedad.
6. Tostado, en este proceso se aplica calor para secar los granos y detener el crecimiento de las raíces y brotes, resultando en la malta.
7. Des germinación y limpieza, para eliminan las raíces y las partes no deseadas del grano de malta, resultando en un producto final más limpio.
8. Mezclas y despacho, en esta etapa se mezcla la malta para asegurar la homogeneidad y se envía a la cervecería.

De manera esquemática en la Figura 1 se muestra el proceso de producción de malta

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada



Figura 1. Proceso de producción de malta

En general el proceso de producción de la malta impacta en varios aspectos de la cadena de producción, desde la cebada hasta la producción de la cerveza, lo que implica la demanda de insumos tanto del sector industrial como del agrícola. De acuerdo a Vázquez-Alfaro et al. (2021) la cadena de distribución de la malta abarca todas las etapas necesarias para llevar la cebada desde su inicio hasta su distribución y disposición final tras su uso, en el que se identifican distintos actores, como productores, procesadores, compradores, vendedores y consumidores, contribuyendo progresivamente al valor del producto a medida que este atraviesa cada etapa de la cadena.

En el aspecto de la comercialización de la cebada y la malta en México esta se lleva a cabo a través de dos canales principales: intermediarios y venta directa, con el destino final de abastecer a las malterías del país, propiedad de Grupo Modelo AB InBev o Heineken México (Figura 2).



Figura 2. Ubicaciones de empresas cerveceras

Grupo Modelo-AB InBev posee cuatro malterías, con una capacidad combinada de producción de 450 mil toneladas de malta al año generando en total 395 mil toneladas, mientras que Heineken México, denominada Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma Maltería Lara Grajales S.A. de C.V. (Grajales, Puebla), produce anualmente 170 mil t, y utiliza la totalidad de su capacidad instalada (Vázquez-Alfaro et al. 2021).

Por ello la calidad y los sistemas de producción en el malteado de cebada están vinculados para garantizar un producto final de alta calidad. Comienza con la evaluación de la cebada y continúa con un control riguroso durante el remojo, la germinación y el secado. Los sistemas deben incluir un monitoreo constante, el cumplimiento de estándares operativos y una documentación detallada. Esto permite asegurar que cada lote de malta cumpla con las especificaciones requeridas y facilitar ajustes continuos en el proceso (Castro, 2022).

En general los retos que representa el análisis de la calidad han sido abordados a través de diferentes conceptos y metodologías, entre estas se encuentran:

1. Las 5'S, también conocidas como la metodología de mejora continua, tienen su origen en Japón y se caracterizan por enfocarse en la clasificación, orden, limpieza, estandarización de procesos y disciplina del personal en el entorno laboral. Este enfoque tiene como objetivo establecer hábitos que promuevan una cultura de mejora en todas las áreas de trabajo de una empresa. Además de estos aspectos fundamentales, las 5S proporcionan beneficios adicionales, entre los que se incluyen el prevenir errores, reducir el tiempo, minimizar los gastos y eliminar las fuentes de suciedad (Vargas & Camero, 2021).
2. Kaizen, la expresión derivada del japonés y que significa "mejora", se implementa en las organizaciones como una filosofía de mejora continua en los procesos. Su aplicación no solo impacta el entorno laboral, sino que también influye en el ámbito personal, familiar y social (Vargas & Camero, 2021).
3. Poka yoke, un término japonés compuesto por "Poka" que significa errores involuntarios y "Yokeru" que significa evitar, es un método desarrollado por Shigeo Shingo en 1961 mientras trabajaba como ingeniero en Toyota Motor Corporation. Su objetivo principal es prevenir errores y defectos en los procesos, llegando incluso a la meta de "defectos igual a cero" (Hirano, 2017).
4. Los "Cinco Por qué" generalmente aluden a la metodología de indagar repetidamente la razón detrás de un fallo, con el propósito de identificar las causas fundamentales del problema (Acosta, Soler, & Molina, 2017).

Para una gestión de calidad más efectiva, se integran el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y el Control Estadístico de Procesos (CEP). El ciclo PDCA facilita la planificación, implementación, revisión y ajuste de procesos, mientras que el CEP proporciona herramientas estadísticas, como gráficos de control, para monitorear y controlar el desempeño de estos procesos. La combinación de estas herramientas asegura una mejora continua y mantiene los procesos dentro de los límites establecidos, permitiendo ajustes según sea necesario (Merino Castillo & Quiroz, 2023).

METODOLOGÍA

Con el propósito de implementar soluciones prácticas para el registro y análisis de la información durante una etapa del proceso de malteo dentro de la industria cerveza, mediante un caso de estudio se analizó una problemática en relación a la documentación utilizada para el registro de información en el proceso de remojo.

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

La problemática del este caso de estudio se presentó en el formato utilizado en el área de remojo, ya que de acuerdo a los análisis realizados no es fácilmente accesible para personas que se encuentran en diferentes ubicaciones, como los superiores. Además, el formato se consideraba obsoleto y carente de un seguimiento controlado adecuado, lo cual dificulta el acceso a la información. Particularmente durante el proceso, cada una de las seis tinajas debe ser cargada en un tiempo crítico de 40 minutos, lo cual garantiza una distribución uniforme en el proceso de remojo, optimizando así la eficiencia operativa y manteniendo la calidad del producto final. (Figura 3)

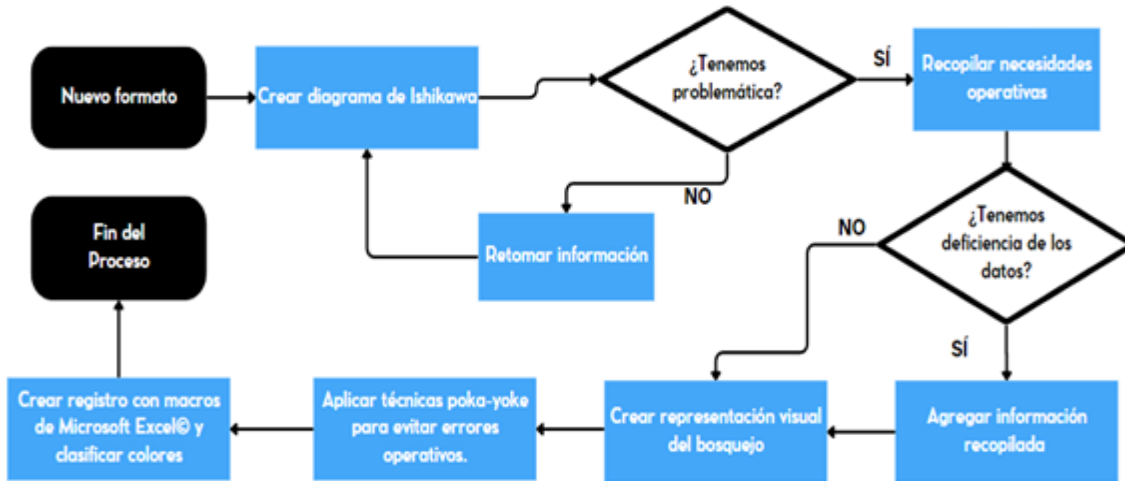


Figura 3. Propuesta

La primera etapa de la metodología consistió en identificar mediante la herramienta del diagrama de “causa efecto” y “cinco por qué” las causas principales asociados a la problemática, posteriormente se realizó la recopilación de necesidades operativas para un nuevo método de registro de la información, después se elaboró un bosquejo y propuesta de representación visual mediante una interfaz con hojas de cálculo, con los datos obtenidos de las etapas anteriores se procedió a la adaptación de procesos, la automatización de ingreso y gestión de datos con macros en Microsoft Excel® incluyendo el trazado automático de tiempo con una clasificación de colores y técnicas poka yoke.

DESARROLLO

Para la identificación de la problemática el área de producción realizó reuniones con los usuarios en las que se detectaron diferentes problemáticas en relación a la implementación de herramientas para el registro de información durante el proceso de remojo. El formato con que se desarrollaban las actividades de registro en opinión de los usuarios dificultaba su cumplimentación, siendo poco visual, práctico y complicado de completar (Figura 4).

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

Fecha _____

Maltería 1 2 3 Hora

Lote Variedad Silo Pesadas preselector

Tina	Inicio	Fin	Tiempo	Pesadas	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
		Total			

Operador _____

Lectura de Bascula			
Inicial	Final	Pesadas	Toneladas

Figura 4. Formato de registro

El formato actual, no permitía identificar rápidamente las problemáticas (trazabilidad), obligando a otras personas a desplazarse al área para revisarlo (Gerentes o supervisores). Con base en estos antecedentes, se llevó a cabo una exhaustiva revisión del formato del proceso de envío a remojo, con el propósito de identificar requisitos y diferencias clave. Esta revisión implicó un diagnóstico y análisis minucioso del documento para garantizar una comprensión completa del proceso de llenado y posteriormente, se inició un diálogo con el fin de recopilar las necesidades para un nuevo formato.

Mediante un diagnóstico, el formato actual incluía: 1) indicar la fecha en la que se requiere la entrega de la cebada, especificando la maltería a la que se enviará la cebada, ya sea la opción uno, dos o tres, además del número de lote proporcionado por la maltería, junto con la variedad de cebada y el silo ABC de donde se enviará; 2) para el proceso, se dispone de seis tinas de remojo de cebada, cada una con un inicio y finalización determinados en horas y minutos, además, se debe registrar el tiempo de llenado de cada tina, registrando la cantidad de cebada enviada por cada tina, además de llenar la lectura que tiene la báscula inicial y final para corroborar cuanto se está mandando y 3) un rubro de comentarios que se utilizaban para reportar cualquier imprevisto, como fallas en la compuerta o en la báscula, lo que puede provocaba un incremento del tiempo de ejecución del proceso.

De manera esquemática utilizando el diagrama de causa - efecto o Ishikawa se realizó un análisis inicial (Figura 5).

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

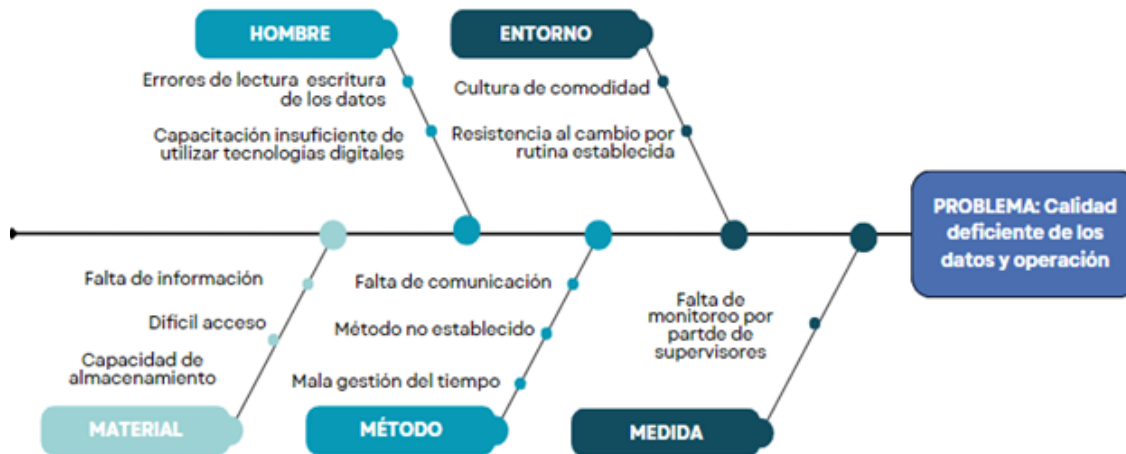


Figura 5. Diagrama Ishikawa de la problemática

Entre las causas identificadas que provocaban el efecto de la deficiencia en los datos y operación en el proceso de remojo con el formato actual se incluyeron:

- **Errores en escritura y lectura:** Los errores en la escritura y lectura de datos provocan confusiones y desorientación, lo que retrasa la ejecución de nuevas tareas. Estos errores afectan principalmente al personal involucrado (operarios).
- **Resistencia al cambio:** Los operarios muestran resistencia a adoptar un nuevo formato debido a que han seguido una rutina establecida durante años. La resistencia también se debía a la comodidad con el formato actual y la falta de interés en tecnologías digitales.
- **Falta de capacitación:** La transición hacia un formato digital se ve obstaculizada por la falta de capacitación en nuevas tecnologías. Algunos operarios rechazan el cambio debido a la falta de habilidades necesarias para manejar el nuevo sistema.
- **Conformidad con el formato actual:** Existe una conformidad arraigada con el formato actual entre los operarios, que prefieren mantener el sistema físico en lugar de adoptar nuevas tecnologías.
- **Limitación de tecnología:** La tecnología disponible es limitada para gestionar la información, ya que los archivos solo existen en formato físico, lo que impide un manejo eficiente de los datos.
- **Cultura de Comodidad:** Los operarios se han acostumbrado a una rutina establecida y muestran resistencia al cambio debido a la comodidad con el formato actual.
- **Falta de Información en el formato:** El formato actual carece de información esencial, lo que limita el acceso a datos importantes y dificulta el acceso para otras personas. Además, hay una limitación en el almacenamiento de formatos.
- **Falta de comunicación y método no establecido:** Deficiencia en un método claro para llenar la información, lo que resulta en una mala gestión del tiempo.

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

- **Falta de seguimiento por parte de supervisores:** Deficiencia en un seguimiento adecuado por parte de los supervisores, lo que contribuye a la falta de eficiencia y al mantenimiento de problemas existentes.

Se procedió a organizar una sesión con los operarios, con el objetivo de recopilar sus necesidades y aclaraciones respecto al nuevo formato. Durante esta sesión, se formularon una serie de preguntas diseñadas para obtener información relevante. Utilizando la técnica de los 5 por qué, se realizaron las siguientes preguntas y las respectivas respuestas:

1. **¿Por qué los operadores continúan aferrados al formato antiguo a pesar de sus limitaciones evidentes?** Respuesta: Los operadores continúan aferrados al formato antiguo porque están acostumbrados a su uso y les resulta más cómodo trabajar con lo que ya conocen.
2. **¿Por qué los operadores muestran resistencia al cambio hacia un nuevo formato, incluso si este puede ofrecer mejoras significativas?** Respuesta: Los operadores muestran resistencia al cambio porque temen enfrentarse a la curva de aprendizaje que implica adaptarse a un nuevo sistema, prefiriendo mantenerse en su zona de confort.
3. **¿Por qué la familiaridad con el formato antiguo se considera un obstáculo para la adopción de nuevas tecnologías?** Respuesta: La familiaridad con el formato antiguo se considera un obstáculo porque los operadores están arraigados en sus hábitos establecidos y pueden percibir la transición hacia un nuevo formato como una amenaza a su eficiencia y productividad.
4. **¿Por qué no se han implementado estrategias efectivas para fomentar la aceptación del nuevo formato entre los operadores?** Respuesta: No se han implementado estrategias efectivas porque puede faltar comprensión por parte de operadores para abordar la problemática del formato.
5. **¿Por qué los operadores no reconocen plenamente de transición hacia un nuevo formato?** Respuesta: Los operadores no reconocen plenamente la necesidad de un nuevo formato.

Una vez recopiladas las necesidades y aclaraciones de los operarios, se elaboró un bosquejo en papel que incluía los puntos identificados por el equipo de operaciones, así como las ideas adicionales propuestas durante la sesión.

Finalmente, se procedió a generar una representación visual del formato, con el fin de comprender mejor los requisitos expresados por el equipo de operaciones (Figura 6). Esta representación visual permitió una visualización clara y concisa de los elementos clave del nuevo formato, facilitando así su desarrollo y posterior implementación.

La implementación del nuevo formato de envío a remojo de cebada siguió una metodología Poka Yoke, una herramienta de calidad que busca prevenir errores humanos y mejorar la eficiencia de los procesos (Chicaiza Toasa, 2019). Esta metodología basada en manufactura esbelta tiene como principios y fundamentación la detección temprana de errores antes de que se conviertan en defectos y la identificación de la fuente del problema para prevenir su recurrencia.

El enfoque Poka Yoke en este proyecto permitió detectar y corregir errores durante el proceso de desarrollo del formato. Se adoptó un enfoque de mejora continua, donde se realizaban ajustes iterativos para optimizar el diseño y la funcionalidad del formato, asegurando la calidad y precisión de los datos ingresados.

Entre las ventajas de implementar el método Poka Yoke se encuentran la mejora en la calidad y eficiencia de los procesos, la minimización de errores humanos, y la reducción de

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

costos asociados a correcciones y controles de calidad posteriores (Villarreal-Archila et al. 2023).

Considerando los antecedentes anteriores, para la propuesta de formato se inició un proceso de mejora continua inspirado también en la filosofía Kaizen. Se fomentó la participación activa del equipo en la identificación de áreas de oportunidad y en la generación de soluciones innovadoras para optimizar aún más el proceso. Mediante ciclos de retroalimentación y ajustes constantes, se logró perfeccionar el formato y aumentar su eficacia en la captura de datos y en la prevención de errores mediante enfoque Kanban.

Fecha	Personal	Maltería	Lote	Variedad	Moto nave	Silo	Cantidad total	# de tina
								TINA 1
								TINA 2
								TINA 3
								TINA 4
								TINA 5
								TINA 6

Hora de inicio	Hora fin	Pesadas reales	Lectura inicial	Lectura final	Toneladas	Tiempo total de carga	Comentarios

Figura 6. Primer boceto a digital

El nuevo formato propuesto se proyectó con una estructura diseñada para garantizar la inclusión de todos los elementos relevantes recabados por el personal, incluyendo, pero no limitando a campos para la entrada de datos específicos, secciones para comentarios detallados, cálculos automáticos para agilizar el análisis, y una presentación visualmente atractiva que facilite la comprensión de la información.

Posteriormente en etapa de mejora continua y considerando una revisión del formato se recopiló de información, lo cual permitió identificar la necesidad de incorporar una serie de columnas adicionales para capturar datos específicos que incluyeron: 1) Listas desplegables con la información necesaria de cada columna de información. 2) Identificación de supervisor, para registrar el nombre del supervisor a cargo del proceso o actividad correspondiente. (lista delegable), 3) Personal, para identificar al personal involucrado en la tarea, permitiendo un seguimiento más preciso de las responsabilidades asignadas. (lista delegable), 4) Se añadió una columna denominada "Delta Pesadas", la cual representa la diferencia entre la columna toneladas y diferencia (lectura inicial y final), este valor debe ser igual a cero para indicar que los datos enviados son correctos. Si el valor es mayor a cero, se está enviando una cantidad superior a la requerida, y si es menor a cero, se está enviando una cantidad inferior a la necesaria para las malterías y 5) Diseño, para una distinción clara entre las celdas amarillas y verdes, con funciones específicas para cada tipo de celda:

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

Celdas amarillas (Datos Ingresados por el Operador): Estas celdas están destinadas a contener los datos ingresados manualmente por el operador en el formulario correspondiente. Su coloración distintiva en amarillo facilita su identificación y asegura que estos datos sean claramente visibles para su revisión y modificación según sea necesario.

Celdas verdes (Fórmulas Derivadas de los Datos Ingresados): Las celdas verdes albergarán fórmulas que derivan de los datos ingresados en las celdas amarillas. Estas fórmulas serán diseñadas para calcular automáticamente valores y resultados basados en la información proporcionada por el operador. Su coloración en verde permite diferenciarlas de las celdas de datos y resalta su función de cálculo automatizado.

Este proceso de integración de celdas amarillas y verdes se activa automáticamente al completar el formulario correspondiente. Una vez que el operador haya ingresado los datos requeridos en las celdas amarillas, las fórmulas asociadas en las celdas verdes calcularán de manera instantánea los resultados pertinentes, brindando una respuesta inmediata y precisa (Figura 7).

Fecha	Supervisor	Personal	Maltería	Lote	Variación	MN	SILO	Cantidad total	Pesadas teóricas	# de tina	Hora de inicio
									0.0	TINA 1	
00/01/1900			0	0	0	0		0	0.0	TINA 2	00/01/1900 00:00
00/01/1900			0	0	0	0		0	0.0	TINA 3	00/01/1900 00:00
	Lectura final	Diferencia	Toneladas	Delta pesadas	Tiempo total de carga	Comentarios					
00,		0	0	0	0:00:00						
00,	0	0	0	0	0:00:00						
00,	0	0	0	0	0:00:00						
	0	0	0	0	0:00:00						
	0	0	0	0	0:00:00						
	0	0	0	0	0:00:00						

Figura 7. Registro de información

En la etapa para la automatización de ingreso y gestión de datos se utilizaron las aplicaciones de macros en Microsoft Excel®. La macro implementada se diseñó para simplificar y automatizar un proceso específico de ingreso y gestión de datos en un formulario. Mediante botones de guardar que se integraron en la macro, una vez que el operador realice el llenado completo del formulario con los datos necesarios, puede hacer clic en el botón "Guardar", desencadenando la ejecución de la macro asociada (Figura 8).



Lectura inicial	Lectura final	Diferencia	Toneladas	Delta pesadas	Tiempo total de carga	Comentarios
-----------------	---------------	------------	-----------	---------------	-----------------------	-------------

```
' Registrar_Filtros Macro
'
Sheets("DATA").Select
Rows("2:7").Select
Selection.Insert Shift:=xlDown
ActiveSheet.Range(Cells(1, 2), Cells(7, 23)).Select
Sheets("REGISTRO").Select
Range("A4:W9").Select
Selection.Copy
Sheets("DATA").Select
Range("A2").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAllUsingSourceTheme Operation:=xlNone
```

Figura 8. Creación de macro

Para el almacenamiento de información la macro toma los datos ingresados en el formulario y los guarda en un repositorio de datos (Figura 9). Este repositorio de datos puede ser una hoja de Microsoft Excel específica, una tabla en una base de datos externa, o cualquier otro sistema de almacenamiento de datos compatible. Mediante la aplicación de un botón de borrar datos, después de que la información se ha guardado satisfactoriamente, el operador puede hacer clic en el botón "Borrar datos"; esta acción ejecuta otra parte de la macro que limpia el formulario, eliminando todos los datos ingresados anteriormente, preparando el formulario para su uso futuro sin la necesidad de borrar manualmente cada campo.

Fecha	Supervisor	Personal	Maltería	Lote	Variedad	MN	SILO	Cantidad total	Pesadas teóricas	# de tina	Hora de inicio
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	118.0	TINA 1	12/03/2024 11:02
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	118.0	TINA 2	12/03/2024 11:30
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	119.0	TINA 3	12/03/2024 12:07
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	119.0	TINA 4	12/03/2024 13:30
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	119.0	TINA 5	12/03/2024 14:10
12/03/2024	Supervisor 1	Persona 1	1	3348	Variedad 1	Moto nave 1	A1	356	119.0	TINA 6	12/03/2024 14:47

Hora fin	Pesadas en selector	Pesadas reales	Lectura inicial bascula	Lectura final bascula	Diferencia	Toneladas	Delta pesadas	Tiempo total de carga	Comentarios
12/03/2024 11:30	108	118	6672	7350	339	339	0	0:25:00	N/A
12/03/2024 12:07	108	118	6672	7350	339	339	0	0:37:00	N/A
12/03/2024 13:30	109	119	6672	7350	339	339	0	0:36:00	N/A
12/03/2024 14:10	109	119	6672	7350	339	339	0	0:39:00	N/A
12/03/2024 14:47	109	119	6672	7350	339	339	0	0:38:00	N/A
12/03/2024 15:24	109	119	6672	7350	339	339	0	0:39:00	N/A

Figura 9. Repositorio de datos

Con el propósito de realizar el trazado automático de tiempo de carga de tinas con código de colores se agregó un gráfico con la función adicional dentro de la hoja de cálculo para generar un gráfico que muestra el tiempo de carga de las seis tinas. En dicho gráfico, se estableció un código de colores donde el verde representará un tiempo de carga óptimo,

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

mientras que el rojo indicará un tiempo que excede los parámetros deseados (Figura 10). Es importante destacar que, para este caso específico, se considera que un tiempo de carga óptimo 4 horas por las seis tinajas.

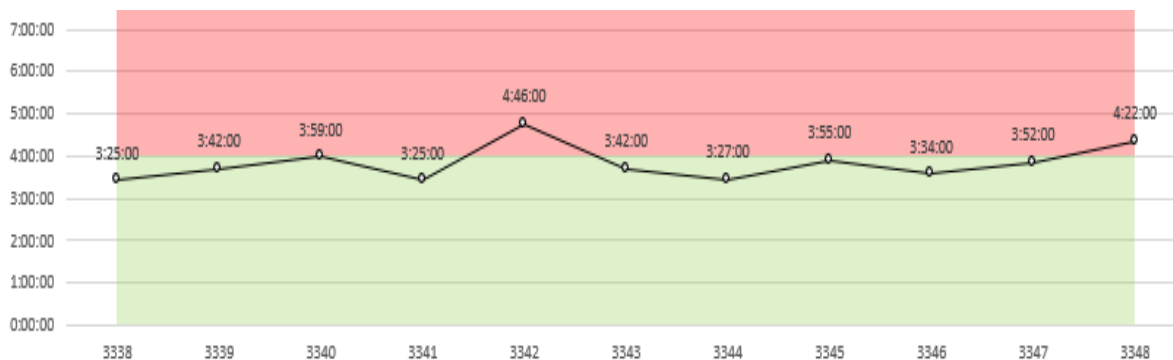


Figura 10. Gráfico de carga de tinajas por lotes

Para el análisis a lo largo del mes, se incorporó una segmentación de fechas en el gráfico dinámico, lo que facilita la visualización del tiempo de carga de las seis tinajas durante el transcurso del mes. Esta herramienta nos permite verificar si los tiempos de carga se encuentran dentro de los límites permisibles. Se integraron otras segmentaciones, como la variedad, el supervisor y el personal, lo que contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de las cargas en el futuro.

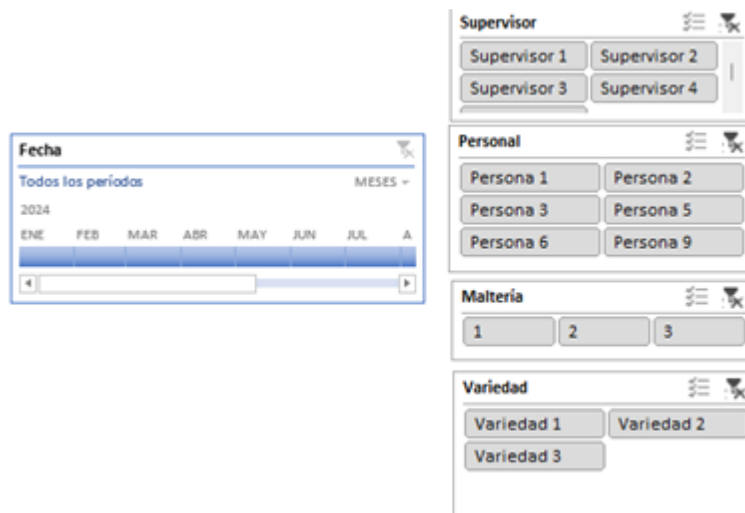


Figura 11. Segmentación de datos

Finalmente, se proporcionó retroalimentación a los operadores sobre cómo completar el formulario de envío a remojo según sus necesidades, identificando además a los operadores con tiempos altos, lo cual resultaba en la falta de envío del remojo. Por último, se les brindó supervisión para garantizar el correcto llenado del formulario hasta que el documento alcanzara su madurez, convirtiéndose así en parte del programa de la empresa, y finalmente se obtuvo su aprobación.

DISCUSIÓN

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

La creación y estandarización del formato de remojo de cebada para mejora continua es crucial para optimizar la producción de malta, un paso fundamental en la elaboración de cerveza. Este proceso no solo implica la hidratación de la cebada, sino que también busca mejorar la eficiencia y minimizar errores mediante la implementación de metodologías de mejora continua como las 5'S, Kaizen, Poka Yoke, PDCA y CEP

Es importante concebir que la cebada maltera debe cumplir con estándares específicos de calidad para garantizar un producto final de excelencia en la industria cervecera, por lo que factores como el contenido proteico y las características físicas del grano son cruciales, lo que hace que el proceso de remojo sea una fase determinante para iniciar el malteado.

El formato actual de remojo de cebada dentro de este caso de estudio presenta varias deficiencias que afectan su eficacia y practicidad, entre ellas se destacan la obsolescencia, la falta de accesibilidad digital, y la dificultad en la recolección y análisis de datos críticos. Esta situación conlleva a errores en la recolección de información, retrasos en la toma de decisiones y una gestión ineficiente de los recursos, aspectos que pueden impactar negativamente en la calidad y la productividad.

La aplicación del método Poka Yoke en el desarrollo del nuevo formato de envío a remojo de cebada demostró ser efectiva para garantizar la calidad del proceso y la satisfacción del cliente, al mantener una cadena de producción segura y optimizada, logrando mejorar la experiencia del usuario.

Al implementar poka yoke se logró la prevención de errores humanos, se alinea perfectamente con los principios de las 5'S, que buscan organizar el espacio de trabajo para maximizar la eficiencia y minimizar los errores (Referencia). Durante la fase de desarrollo del formato, se aplicaron los principios de las 5S: clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Esto permitió optimizar el proceso de llenado del formato, asegurando que cada paso se realizara de manera ordenada y eficiente.

Es relevante considerar que el formato propuesto deberá ser accesible desde múltiples ubicaciones y dispositivos, facilitando así la recolección en tiempo real de datos precisos sobre el proceso de remojo. Mediante la estandarización de este formato se logrará una mejor comunicación entre los operadores, supervisores y gerentes, promoviendo una cultura organizacional enfocada en la mejora continua y la eficiencia operativa.

CONCLUSIONES.

Esta propuesta permitió resolver una problemática específica en el departamento de producción, proporcionando a los involucrados valiosos aprendizajes y experiencia profesional que se ajustan a sus especialidades y perfiles académicos. El implementar proyectos de mejora en proceso de remojo de cebada tiene un impacto significativo en la producción de malta ya que este proceso es esencial para mantener y mejorar los estándares de calidad del producto final.

La optimización del remojo de cebada es un paso importante hacia la innovación y mejora de la calidad. Mediante esta herramienta permite visualmente identificar los lotes y detectar posibles fallos para abordarlos. El implementar herramientas de calidad y enfoques de manufactura esbelta permitió realizar una evaluación del proceso actual y la implementación de mejoras técnicas, que incluyeron la creación de un sistema de monitoreo continuo y la capacitación adecuada del personal promoviendo un producto final que cumpla con las expectativas de los consumidores, fortalezca además la posición competitiva de la empresa en el mercado.

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

Como parte de trabajos futuros, la propuesta requiere incluir gráficos adicionales y la integración de un mayor volumen de datos sobre el proceso, con el fin de asegurar una obtención de información más precisa y robusta. Esta mejora no solo beneficiará a los operadores al facilitarles el manejo de la información, sino también a los supervisores, quienes podrán realizar análisis de datos con mayor profundidad y precisión gracias a las herramientas analíticas mejoradas.

El uso de gráficos adicionales permitirá una visualización más clara y comprensible de los datos, lo que facilitará la identificación de tendencias y patrones importantes. Al contar con una representación visual más completa, los operadores podrán interpretar la información de manera más rápida y tomar decisiones informadas en menor tiempo. Además, la incorporación de más datos garantizará una base de información más robusta, permitiendo realizar análisis más detallados y obtener conclusiones más precisas. Sin embargo, es importante considerar que la implementación de esta metodología puede requerir inversiones significativas de tiempo y recursos, así como la capacitación del personal.

RECONOCIMIENTO

Los autores desean expresar su reconocimiento a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por el invaluable respaldo brindado durante la ejecución de este proyecto de investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Coautores	Actividades
Lazcano-Hernandez C. Amaury	Establecimiento del tema, creación de formato digital, redacción del artículo y análisis de resultados.
Granillo-Macías Rafael	Recopilación de información relevante, actualizada sobre el tema , análisis de resultados.

REFERENCIAS

Acosta, J. D. C. O., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). 3c Empresa: investigación y pensamiento crítico, (1), 1-9.

Andrade Recalde, D. E. (2020). Caracterización fisicoquímica de nuevas líneas de cebada maltera (*Hordeum Vulgare L.*) aplicando métodos tradicionales (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020).

Castro, A. C. (2022). Cebada cervecera: calidad. Libros de Cátedra.

Chicaiza Toasa, A. M. (2019). El efecto Poka Yoke en el proceso productivo. Caso: Empresa de calzado industrial (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Contabilidad y Auditoría. Carrera Ingeniería Financiera).

Mejora Continua mediante la estandarización en el proceso de hidratación de cebada

- Gallardo Aguilar, I., Boffill Rodríguez, Y., Rega López, L., Pino Hurtado, M. S., Rodríguez Padrón, Y., & Pérez Pentón, M. (2018). Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo UDG-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos. *Centro Azúcar*, 45(2), 46-58.
- Granillo-Macías, R., Olivares-Benítez, E., Martínez-Flores, J y Caballero-Morales, S. (2018). Analysis of logistics cost in contract agriculture: the case of barley supply chain in Hidalgo, Mexico. *Custos e agronegocio on line*. 164-183.
- Hirano, H. (2017). *Poka-yoke (Spanish): Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos*. Routledge.
- Merino Castillo, M. J., & Quiroz Sanchez, G. (2023). Control estadístico de procesos para aumentar la productividad en la línea de palta en Ara Foods SAC–Casma 2023.
- Observatory of Economic Complexity. (2022). Cebada en México. OEC. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/barley/reporter/mex>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024, 2 de febrero). Base de Datos del Índice de Precios de los Alimentos de la FAO. FAO. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.
- SIAP. (2018). Atlas agroalimentario 2012-2018 (pdf). https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/AtlasAgroalimentario-2018
- Vargas Crisóstomo, E. L., & Camero Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249-271.
- Vázquez-Alfaro, Marisol, Aguilar-Ávila, Jorge, & Palacios-Rangel, María Isabel. (2021). Cadena de valor de la industria cervecera en México. *Nova scientia*, 13(27), 00027. Epub 21 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2778>.
- Villarreal-Archila, S. M., Sierra Suarez, K. J., Fernández Arzuza, V. P., & Gómez López, W. Y. (2023). Implementación gerencia visual y poka-yoke en el Taller Muñoz.
- Vázquez Alfaro, M. (2013). *Identificación de la logística del mercado de la cebada (Hordeum vulgare) en los estados de Hidalgo y Tlaxcala, México* (Master's thesis).