

Experiencia lúdica utilizando la herramienta *standard operating sheet* de Lean Manufacturing para mejorar la enseñanza-aprendizaje del trabajo estandarizado

FLOR DE MARÍA MILAGROS TAPIA VARGAS¹

RECIBIDO: 26/10/2022 ACEPTADO: 16/11/2022 PUBLICADO: 26/07/2023

RESUMEN

Este estudio propone la aplicación de una experiencia lúdica y práctica que incorpora el uso de la herramienta *standard operating sheet* con la finalidad de mejorar la enseñanza-aprendizaje del trabajo estandarizado. De esta forma, el estudio contribuye a solucionar el problema de la comunicación de estándares en las empresas y a mejorar las capacidades y competencias académicas de los estudiantes de Ingeniería Industrial.

El estudio, de tipo aplicado y nivel relacional, tuvo por objetivo comparar la diferencia de tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada antes y después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet* a través de un estudio paramétrico de medidas repetidas con el fin de comprobar si el tiempo de ciclo de ensamble se reduce.

Los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis de investigación, redujeron la variabilidad en la comunicación del estándar y mejoraron la integración del trabajo en equipo.

Palabras clave: standard operating sheet; trabajo estandarizado; lean manufacturing; juegos.

INTRODUCCIÓN

¿Qué pensamiento se gatilla en el cerebro cuando se habla de estandarización? Quizá se evoca a ingenieros industriales implementando nuevas reglas de cómo conseguir un producto o un proceso conforme. ¿Tiene algo de errado ese pensamiento? Eso dependerá de cómo ha nacido esa regla y del concepto que se maneja de *estándar* y de *estandarización*.

Según Rother (2010), un *estándar* es una descripción de cómo un proceso debe operar. Es una regla que inyecta orden y proporciona elementos claros respecto a cómo debe hacerse un producto o un proceso con el objetivo de minimizar desperdicios y/o maximizar el valor agregado.

Los estándares no deben promulgarse por decreto, imponerse, ser irreflexivos, especulativos, ni convertirse en letra muerta. Como bien afirman Liker y Meier (2006), los estándares tampoco deben ser utilizados como un látigo para flagelar a los colaboradores por su mal desempeño o como un cebo para hacerlos exceder ese patrón.

Según el Lean Enterprise Institute (2014, p. 82), los estándares deberían ser el resultado de un trabajo estandarizado, es decir, del establecimiento de procedimientos precisos para el trabajo de cada operario en un proceso productivo. Estos procedimientos deben diseñarse en base a tres elementos: (1) el takt time, (2) la secuencia exacta de trabajo realizado por los operarios dentro del takt time y (3) el inventario estándar, que incluye los ítems necesarios en las máquinas para mantener el proceso operando suavemente.

Para establecer el trabajo estandarizado, suelen utilizarse los procedimientos operativos estándar (también llamados *job aids*), así como los *standard operating sheets*.

¹ Doctora en Educación por la Universidad San Martín de Porres (Lima, Perú). Magister en Ingeniería Industrial por la Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Brasil). Actualmente es consultora independiente.
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8522-2504>
E-mail: flor.tapia@urp.edu.pe

Los *job aids* son herramientas convencionales que plasman, de manera secuencial y ordenada, el conjunto de instrucciones de cómo deben llevarse a cabo cada una de las actividades en el trabajo. Entretanto, los *standard operating sheets* son herramientas que promueven el diseño de los procesos con el fin de que los colaboradores sepan qué tienen que hacer, en qué orden o secuencia tienen que ejecutar las operaciones, cómo tienen que hacerlas, así como por qué tienen que hacer las tareas tal y como han sido definidas. Los *standard operating sheets* son herramientas aventajadas porque «explotan la gestión visual y destacan habilidades sui generis requeridas para realizar el trabajo de manera segura, conforme y eficiente» (Lean Enterprise Institute, 2014, p. 86).

The Productivity Press Development Team (2002) documenta que «frecuentemente en las empresas surgen problemas porque la información en los procedimientos operativos estándar es oscura, incompleta, contiene términos técnicos y complejos que no resultan de utilidad para el operario» (p.16).

En la misma línea, Spear y Bowen (1999) advierten que, si las actividades están mal especificadas y declaradas, es decir, si la secuencia, contenido, duración y resultado de las operaciones no están bien formulados, si las relaciones en el proceso proveedor-cliente no son claras y si las rutas de los productos son inexactas, entonces se originará una serie de problemas en la empresa como resultado de una mala proyección y/o estandarización.

Asimismo, cuando los estándares y procedimientos no han sido comunicados de manera precisa, las relaciones laborales basadas en la confianza también se ven mermadas, ya que será difícil empoderar a los colaboradores con seguridad, pues estos trabajarán de manera distinta y estarán desalineados con el propósito establecido, lo cual también resiente la gestión de liderazgo en una empresa.

Pero ¿quién debe crear o mejorar el trabajo estandarizado? Shimizu (2004) evaluó que, en Toyota, el 10% de las mejoras en la productividad y la estandarización de procesos recae en los operarios de producción a través de los círculos de control de calidad; el 90% restante proviene de los ingenieros industriales, supervisores de producción y líderes de equipos de mejora como parte de sus funciones. Sin embargo, en Toyota, estos grupos no están divorciados. Rother (2010) afirma que «tanto el operario, cuanto los ingenieros industriales y líderes de equipos tienen incentivos para trabajar juntos en la mejora de los procesos» (p. 156). Por lo cual es saludable que los ingenieros industriales recojan las

sugerencias de los operarios al momento de diseñar y/o mejorar los estándares.

Por otro lado, Fleury et al. (2008) manifiestan que la Ingeniería Industrial se remonta a más de un siglo y surge por medio de la estandarización o racionalización económica de los sistemas de producción. Sin embargo, desde los primeros sistemas tayloristas hasta nuestros días, las empresas han enfrentado cambios dramáticos, por lo cual, de acuerdo con De Oliveira et al. (2013) «hoy no es suficiente saber; antes bien, se requieren profesionales expertos con competencias, saberes y atributos que los hagan capaces de enfrentar las exigencias actuales y proyectar soluciones de problemas multidisciplinarios y complejos» (p.21).

Isao Kato, funcionario de la Toyota, es más contundente al señalar que «Desarrollar algo, exige desarrollar personas. Usted no consigue separar el desarrollo del sistema empresa, del desarrollo de las personas» (2006, cómo se citó en Liker y Meier, 2007, p. 121). Y específicamente en lo que concierne al trabajo estandarizado, Liker y Meier (2007) subrayan que la simple implementación de estándares, sin el apropiado desarrollo de las capacidades y habilidades de las personas que desarrollan esos estándares, genera beneficios limitados.

Por tanto, hay un consenso en lo que respecta a la necesidad de contar con profesionales altamente capaces de normalizar, mantener y perfeccionar los procesos empresariales; por lo cual los catedráticos deberán hacer todos los esfuerzos necesarios para que los futuros ingenieros industriales logren altos niveles de competencia en el diseño, desarrollo y mantenimiento del trabajo estandarizado.

La contribución de este artículo es proponer un método lúdico, que incorpora el uso de la herramienta *standard operating sheet*, con la finalidad de mejorar la enseñanza-aprendizaje del trabajo estandarizado. El juego propuesto ayudará tanto a las escuelas de pre y posgrado de Ingeniería Industrial como a las organizaciones manufactureras en la creación, mantenimiento y mejora de los estándares y su comunicación.

La aportación de este artículo es novedosa porque se logra perfeccionar las capacidades y competencias de los estudiantes de ingeniería industrial y/o de los colaboradores en la empresa a través de un juego. Es decir, esta metodología permite que los estudiantes tengan la posibilidad de aprender y poner en práctica los conceptos de estándar y de

estandarización en tiempo real y de manera divertida, espontánea y motivadora, lo que permite una construcción de conocimiento más significativa.

Problema, objetivo e hipótesis

En base a lo expuesto, y según lo que señala The Productivity Press Development Team (2002), existen evidencias de problemas en la comunicación de los estándares y del trabajo estandarizado, pues las herramientas disponibles para hacer esta labor (léase *job aids* y *standard operating sheets*) no proporcionan el mismo valor agregado en cuanto a la transmisión de la información. De allí surge la motivación para llevar a cabo este trabajo, cuyo objetivo es proponer un juego para ensamblar una tabla perforada antes y después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet* y evaluar si la enseñanza-aprendizaje de dicha herramienta reduce el tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada.

La hipótesis de investigación que se plantea es que el promedio de las diferencias del tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada (antes y después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet*) es mayor a cero.

Antecedentes

Los antecedentes de este estudio se agrupan en dos categorías. Por un lado, se tiene una gran diversidad de investigaciones que han promovido la aplicación del trabajo estandarizado y que han demostrado buenos resultados en empresas manufactureras. Por otro lado, se cuenta con estudios que utilizan los juegos como estrategias didácticas para mejorar el aprendizaje de la ingeniería industrial en clase.

Dentro del primer grupo de antecedentes se destaca a Bragança y Costa (2015), quienes señalan en su estudio que lograron hacer más con menos en la empresa donde implementaron la estandarización del trabajo, pues obtuvieron un incremento en la flexibilidad y productividad en piso de planta sin necesidad de altas inversiones.

A través de la estandarización del trabajo, Fazinga y Saffaro (2012) lograron diseminar un objetivo común para todos los involucrados en los procesos operativos, donde no hubo acciones autónomas por parte de los operarios, pues todos replicaron la secuencia de operaciones declaradas en el *standard operating sheet*, lo que redujo la variabilidad en los procesos de construcción civil.

Pereira et al. (2016) publicaron que los *standard operating sheets* son indispensables, pero pueden volverse un problema si no son bien gestionados y controlados en las organizaciones. Ellos desarrollaron y reconfiguraron la estandarización del trabajo en una compañía, lo cual tuvo repercusiones favorables en la calidad del producto y productividad de la empresa.

Con la estandarización del trabajo, De Freitas y Da Silva (2017) lograron reducir la variabilidad y mejorar la calidad del proceso de una célula manufacturera. Ellos destacan la importancia de la integración de las personas para el éxito en la consolidación del standard, así como el impacto en la satisfacción de los operarios por su participación en el diseño de los estándares y la simplificación en su formación a partir de estos.

Más recientemente, Dos Santos et al. (2021) documentaron que el desarrollo de actividades de una empresa solía ser desordenado, lo cual generaba constantes cuellos de botella en el área de recepción y abastecimiento. Después de la implementación del *standard operating sheet*, hubo más armonía en el desarrollo de las operaciones, más estabilidad en la línea de ensamble, más *throughput*, menores *lead times* acumulados y mayor calidad de proceso.

En cuanto al segundo grupo de antecedentes, se puede hacer referencia a Possebon et al. (2012), quienes consiguieron desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet* a partir de una dinámica de grupo basada en un juego que se llevó a cabo en clase. De este modo, se logró que los ingenieros de producción asimilaran mejor los conceptos teóricos vertidos en clase.

Có et al. (2008) propusieron también una estrategia de enseñanza-aprendizaje basada en una experiencia lúdica con cartas y fundamentada en la epistemología constructivista para mejorar las competencias de los ingenieros de producción en lo que respecta a las herramientas de planificación basadas en el modelo Lean Manufacturing. Los estudiantes consiguieron formular planes más eficientes que mejoraron el *fulfillment order* significativamente.

Los antecedentes para mejorar la enseñanza-aprendizaje de los ingenieros industriales no se circunscriben a las herramientas del modelo Lean. Tapia (2014) desarrolla un juego de empresa para mejorar la enseñanza-aprendizaje de la planificación de las operaciones bajo el modelo de la teoría

de restricciones y dentro de sus conclusiones afirma que los juegos son herramientas que facilitan el proceso de aprendizaje, lo que contribuye a mejorar la comprensión de asuntos abstractos.

Justificación

Proponer un juego para mejorar la enseñanza-aprendizaje del trabajo estandarizado se justifica porque este instrumento es utilizado en la educación en general, pues permite que las personas puedan ejercitarse en diversas habilidades duras y blandas requeridas para su desarrollo integral. Los juegos son simuladores que replican escenarios reales con la finalidad de practicar, afianzar, madurar, aprender o adquirir nuevos conocimientos.

Aguilar et al. (2018) sostienen que la finalidad de los juegos es lograr la calidad académica y generar estándares claros que permitan establecer indicadores para evaluar el perfil de competencia deseado del profesional.

La justificación para mejorar específicamente las competencias técnicas de los ingenieros industriales en lo que concierne al trabajo estandarizado se sostiene en lo indicado por Masaaki (1986), quien señala que sin estándares y estandarización es imposible gatillar los procesos de mejora continua en una empresa.

Es decir, no se puede detectar una situación anómala sin una previa normalización. Por tanto, los

estándares y estandarización son indispensables para hacer visibles condiciones fuera del estándar, de manera que se puedan detonar rápidamente las acciones preventivas y/o correctivas con la finalidad de volverlas a normalizar y reducir el desperdicio.

METODOLOGÍA

Tipo, Método y Diseño de la Investigación

Este trabajo es de tipo aplicado, pues, como señalan Hernández et al. (2014), el énfasis del estudio es proponer una solución práctica al problema planteado. El nivel de la investigación es relacional, es decir, se busca mostrar dependencia probabilística entre eventos, ya que el objetivo estadístico que se plantea es comparar dos medidas, una antes y otra después de la enseñanza del *standard operating sheet*. El diseño es preexperimental porque se trabaja con un solo grupo, donde se aplica la intervención (pre y post test). De acuerdo a Arnau y Bono (2008), el estudio también califica como longitudinal, de medidas repetidas sobre el mismo grupo, pues tiene por característica principal la observación de forma secuenciada de la misma variable dependiente en función de tratamientos distintos.

Inventarios requeridos para operacionalizar el juego de ensamble de la tabla perforada

Para ejecutar el juego propuesto se requieren los inventarios listados y mostrados en la Figura 1.



Figura 1. Inventarios requeridos para ejecutar el juego de ensamble de la tabla perforada.

Nota: El tipo y número de contenedores utilizados para organizar los palitos antes de iniciar la operación de ensamble lo determinarán los ingenieros industriales.

Fuente: Elaboración propia.

- 1 tabla de madera asimétrica de 20 × 23 cm con 42 orificios.
- 50 palitos de madera de 7 cm de alto y 0.5 cm de diámetro. Cabe señalar que únicamente se requieren 42 palitos de madera para ensamblar la tabla perforada. Sin embargo, el juego contempla una restricción: si al momento de ejecutar la operación de ensamble se cae un palito, este no se puede volver a utilizar porque se asume que está contaminado. Así, los ingenieros industriales tendrán que considerar estas mermas para determinar el stock de palitos que se necesitarán en el puesto de trabajo.
- Bandejas de diversos tipos para organizar los palitos antes de la operación de ensamble. La finalidad de proporcionar diferentes contenedores es que los ingenieros industriales evalúen cuál es el tipo y número más apropiado de contenedores para ejecutar la operación de ensamble de manera sencilla y segura.

Configuración del juego propuesto

El juego consiste en ensamblar la tabla perforada en un tiempo de ciclo estándar de 50 segundos, tal como se muestra en la Figura 2. El juego comienza con la organización de la mesa de trabajo con los ítems a utilizar y termina con el ensamble total de la tabla perforada. La única restricción existente es que, si en la operación de ensamble se cae

un palito fuera de la tabla, este no podrá ser reutilizado (se asume que está contaminado).

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes matriculados en el curso Gestión de la calidad y productividad de la Escuela de Posgrado de Ingeniería Industrial de una universidad de Lima en Perú.

La dinámica del juego consistió en armar dos grupos de estudiantes que desempeñaron dos roles bien definidos y que respondieron a muestras no probabilísticas dirigidas. Para formar los grupos, 5 estudiantes voluntarios conformaron el denominado *grupo de ingenieros industriales* y los 25 estudiantes restantes conformaron el *grupo de operarios*.

El grupo de ingenieros industriales tuvo la responsabilidad de diseñar el procedimiento estándar del ensamble de la tabla perforada para que se realice en un tiempo de ciclo estandarizado de 50 segundos; asimismo, este grupo estuvo encargado de cronometrar los tiempos de ciclo reales de ensamble y documentar la brecha entre el procedimiento estándar diseñado y el real ejecutado.

Por otro lado, el grupo de operarios tuvo la responsabilidad de ejecutar las operaciones de ensamble de la tabla perforada en función al procedimiento estándar diseñado por los ingenieros industriales.

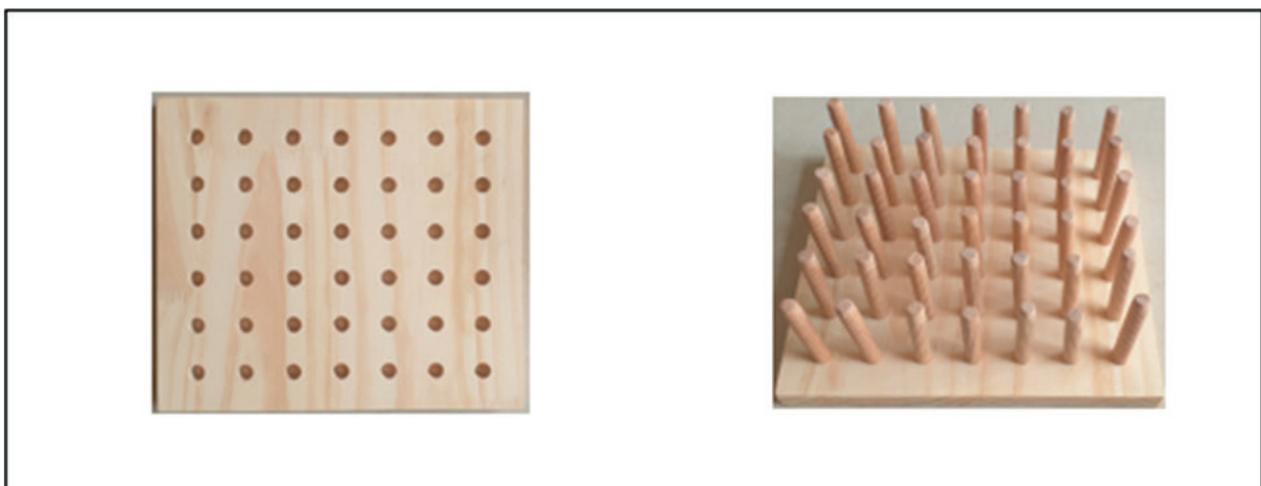


Figura 2. Tabla de madera a ensamblar.

Nota: En la parte izquierda de la figura se observa la tabla sin ensamblar y al lado derecho la ensamblada.

Fuente: Elaboración propia.

Corridas de ensamble de las tablas perforadas

Se diseñaron dos corridas de ensamble de las tablas perforadas desacopladas de la siguiente manera:

- La primera corrida fue ejecutada por el grupo de operarios en base al *job aid*, diseñado por el grupo de ingenieros industriales. Se solicitó a los ingenieros industriales que confeccionen un procedimiento para ensamblar la tabla perforada en un tiempo de ciclo de 50 segundos. El procedimiento debía contemplar los ítems a utilizar, su organización en la mesa de trabajo y el llenado de la tabla. Se indicó al grupo de ingenieros industriales que, para confeccionar el *job aid*, podían tener en cuenta las ideas brindadas por el grupo de operarios.
- A continuación, la docente impartió una clase presencial de 50 minutos sobre el *standard operating sheet*, en la que explicó qué es, para qué sirve, cuál es el formato, cómo se confecciona y qué secciones lo componen.
- Luego se llevó a cabo la segunda corrida de ensamble de las tablas perforadas que

también fue ejecutada por el grupo de operarios siguiendo el *standard operating sheet* diseñado por el grupo de ingenieros industriales. En esta ocasión, ya no se les dijo a los integrantes del grupo de ingenieros industriales que para confeccionar el *standard operating sheet* podían tener en cuenta las ideas brindadas por el grupo de operarios, pues en la clase impartida se les explicó que una de las fortalezas del diseño del *standard operating sheet* es que incorpora la participación de los operarios en su delineación.

RESULTADOS

Valoración del *job aid* y del *standard operating sheet* elaborados por los ingenieros industriales para la primera y segunda corrida de ensamble de la tabla perforada

En la Tabla 1 puede apreciarse una valoración mediante *checklist* de ambos instrumentos diseñada por los ingenieros industriales para estandarizar el trabajo de ensamble de la tabla perforada. Este *checklist* fue realizado al término de ambas corridas por los estudiantes y por la docente con la finalidad

Tabla 1. Valoración cualitativa mediante *checklist* del *job aid* y *standard operating sheet* elaborado al término de las dos corridas experimentales.

Ítem	Procedimiento con <i>job aid</i>		Procedimiento con <i>standard operating sheet</i>	
	SÍ	NO	SÍ	NO
Describe las operaciones necesarias para hacer el trabajo.	✓		✓	
Indica la secuencia de llenado de cada orificio de manera clara, completa y sencilla.	✓		✓	
Indica por qué las operaciones deben hacerse según lo establecido en la norma.		X	✓	
Utiliza entrenamiento visual (gráficos, dibujos) para explicar cómo ejecutar las operaciones.		X	✓	
Utiliza simbología para destacar puntos clave o críticos al realizar determinadas operaciones.		X	✓	
Lista los inventarios y tipos de inventarios que serán requeridos para ejecutar las operaciones.	✓		✓	
Lista los recursos requeridos para ejecutar las operaciones.	✓		✓	
Especifica posición y orientación de las bandejas en el puesto de trabajo.		X	✓	
Especifica el número de palitos que deberá contener cada bandeja.	✓		✓	
Especifica cómo organizar los palitos en cada bandeja.		X	✓	
Especifica cómo posicionar la tabla perforada en la mesa de trabajo.		X	✓	
Especifica la inclinación que debe tener la tabla perforada.		X		X
Especifica si el operario tiene que ejecutar la operación parado o sentado.		X		X
Especifica cómo el operario tiene que utilizar cada mano para ejecutar la operación.		X	✓	
Especifica qué hacer si se cae un palito.	✓		✓	
Especifica el tiempo de ciclo estándar de la operación de ensamble.	✓		✓	
Hay integración entre los ingenieros industriales y operarios para la confección del estándar.		X	✓	

Fuente: Elaborado por estudiantes y docente al término de ambas corridas de ensamble.

de que los estudiantes tomen consciencia de qué es lo que pudieron lograr y qué les falta consolidar aún.

En la Tabla 1 se aprecian varias debilidades del procedimiento elaborado con *job aid*, para la primera corrida. A pesar de que los ingenieros industriales describieron la secuencia lógica de las operaciones para hacer el trabajo, no estuvo claro para los operarios cómo debían disponer los ítems en su mesa de trabajo (posición de la tabla y de las bandejas) ni cómo organizar los palitos en las bandejas. Los ingenieros industriales tampoco utilizaron entrenamiento visual ni simbología para destacar puntos clave para realizar las tareas. No justificaron por qué las tareas deberían ser realizadas como se describieron. No determinaron si los operarios debían trabajar parados o sentados. La integración con el grupo de operarios para confeccionar el *job aid* fue mínima. Esto originó una serie de grados de libertad y variabilidad al momento de ejecutar la primera corrida, lo cual puede observarse en la figura 3, y también repercutió en los tiempos de ciclo de ensamble logrados (ver Tabla 2).

En contraste, en la Tabla 1 puede apreciarse que con el *standard operating sheet* diseñado por los ingenieros industriales para la corrida 2 sí hubo más precisión en describir qué tareas debían realizarse, cómo hacerlas y por qué debían hacerse de esa manera. Además, explotaron la gestión visual, lo que facilitó al grupo de operarios la ejecución de las tareas. También hubo mayor normalización tanto en la disposición de los ítems en la mesa de trabajo como en la propia operación de ensamble, pero, sobre todo, hubo plena integración entre ingenieros industriales y operarios para confeccionar el *standard operating sheet*, el cual puede apreciarse en la Tabla 3.

Resultados estadísticos

1. Prueba de normalidad

En primer lugar, se llevó a cabo en SPSS statistics versión 22 el procedimiento estadístico para evaluar si la variable aleatoria *diferencia de tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada (antes-después)* responde a una distribución normal. Estos datos (antes-después) están recogidos en la Tabla 2. Se trabajó con un nivel de significancia del

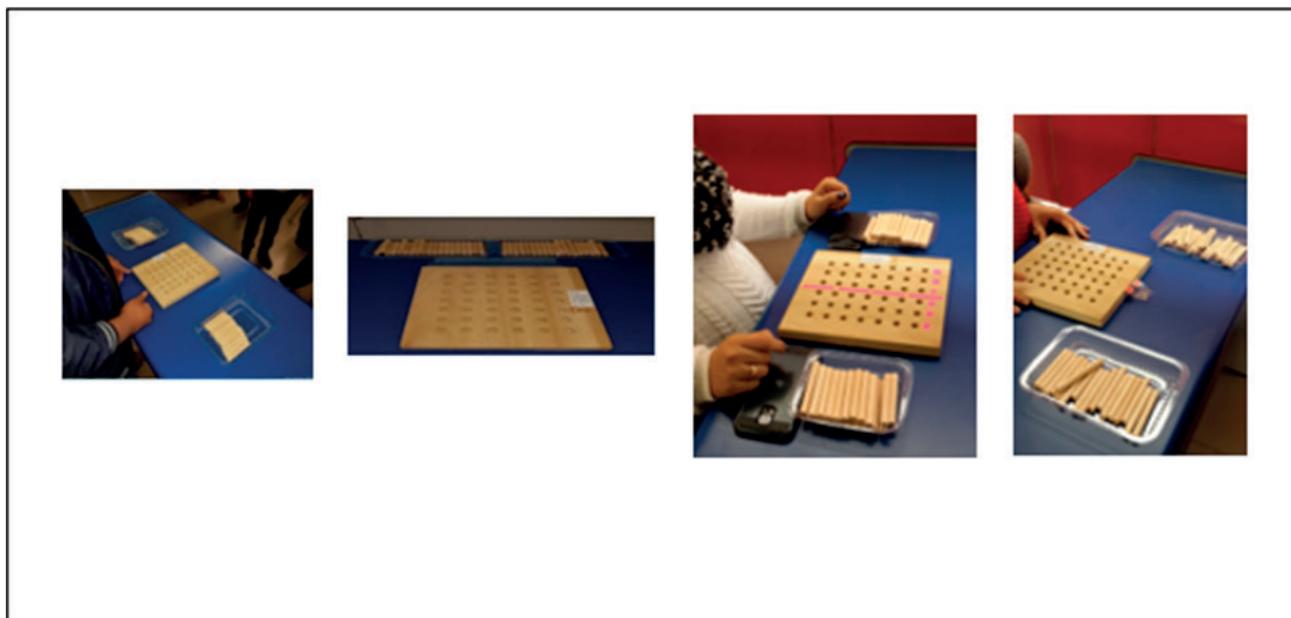


Figura 3. Variabilidad la organización de los ítems requeridos en la mesa de trabajo y en la operación de ensamble a partir del *job aid* elaborado por los ingenieros industriales.

Nota: Todos los operarios utilizaron las bandejas y número de palitos especificados en el *job aid*, sin embargo, la disposición de los mismos en la mesa de trabajo fue muy diferente porque no se precisó en el procedimiento. En la foto de la izquierda también se observa que un operario trabaja parado, mientras que en las dos últimas los operarios realizaron la operación de ensamble sentados. Todo ello repercutió en el número de mermas y el tiempo de ciclo de ensamble.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. *Tiempos de ciclo de ensamble de la tabla perforada logrados en la primera y segunda corrida.*

Operario	Tiempo de ciclo de ensamble con <i>job aid</i> (primera corrida)	Tiempo de ciclo de ensamble con <i>standard operating sheet</i> (segunda corrida)	Diferencia de tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada (antes – después)
1	48.83	44.36	4.47
2	47.09	50.36	-3.27
3	47.96	39.57	8.39
4	48.07	45.56	2.51
5	56.68	50.14	6.54
6	46.22	50.36	-4.14
7	51.23	49.05	2.18
8	50.36	40.77	9.59
9	49.16	37.17	11.99
10	47.96	43.16	4.8
11	54.06	49.16	4.9
12	50.58	47.96	2.62
13	51.45	43.16	8.29
14	48.83	41.97	6.86
15	50.36	49.16	1.2
16	48.07	46.76	1.31
17	46.22	46.76	-0.54
18	51.45	47.96	3.49
19	50.58	50.36	0.22
20	54.06	47.96	6.1
21	47.96	46.87	1.09
22	48.83	50.36	-1.53
23	49.16	46.76	2.4
24	50.36	47.96	2.4
25	47.96	46.76	1.2

Fuente: Los tiempos fueron cronometrados por el grupo de ingenieros industriales supervisados por docente.

Tabla 3. Standard operating sheet elaborado por el grupo de ingenieros industriales en coordinación con el grupo de operarios para la segunda corrida de ensamble de la tabla perforada.

STANDARD OPERATING SHEET				
Descripción del trabajo : Ensamble de tabla perforada				
Tiempo de ciclo : 50 segundos				
Ítems requeridos : 1 tabla perforada de 20 × 23 cm, con 42 orificios 46 palitos de madera 7 cm de alto y 0.5 cm de diámetro 2 bandejas chatas de plástico de 14 × 11 × 2 cm				
Herramientas y/o recursos requeridos : 1 mesa de trabajo				
TAREAS (QUÉ)	PUNTOS CLAVE (CÓMO)	RAZONES (POR QUÉ)	ENTRENAMIENTO VISUAL	
1. Posicionar la tabla perforada en el centro de la mesa de trabajo tal como se muestra en la sección de entrenamiento visual.	1. Preste atención a la orientación vertical de la tabla (6 × 7).	1. Facilita el llenado de la tabla porque sincroniza el trabajo de ambas manos. (✓)		
2. Disponga las 2 bandejas adyacentes a la tabla perforada.	2. Las bandejas deben estar muy próximas a la tabla perforada y perpendiculares a ella.	2. Economiza el desplazamiento de ambas manos.		
3. Organice 23 palitos en cada bandeja. (●)	3. Los palitos deben estar en la orientación mostrada en la sección de entrenamiento visual (paralelos a la tabla).	3. Facilita la operación de ensamble. Las manos levantarán los palitos en la posición que necesitan ser ensamblados. (✓)		
4. Tome un palito de la bandeja izquierda con la mano izquierda, y un palito de la bandeja derecha con la mano derecha y colóquelos en los orificios A3 y A4 respectivamente. (■)	4. Use ambas manos de manera simultánea y sincronizada. Presione ligeramente los palitos en la tabla. Si un palito se cae fuera de la tabla no lo recoja por estar contaminado y repita el paso 4.	4. Evita incurrir en tiempos muertos.		
5. Repita el paso 4, pero esta vez llene los orificios A2 y A5 con las manos izquierda y derecha respectivamente. (■)	5. Hágalo en simultáneo y presione ligeramente los palitos en la tabla perforada.	5. Facilita el llenado de la tabla y la colisión de ambas manos. (✓)		
6. Repita el paso 4, pero esta vez llene los orificios A1 y A6 con las manos izquierda y derecha respectivamente. (■)	6. Hágalo en simultáneo y presione ligeramente los palitos en la tabla perforada.	6. Facilita el llenado de la tabla y la colisión de ambas manos. (✓)		
7. Repita los pasos 4, 5 y 6 para cada fila restante, cuidando de llenar los orificios con la misma lógica. (■)	7. Hágalo en simultáneo y presione ligeramente.	7. Facilita el llenado de la tabla y la colisión de ambas manos. (✓)		
Puntos críticos a recordar	■ Inspección crítica	● Verifique cantidad	† Cuidado, podría accidentarse	✓ Facilita el trabajo

Fuente: La elaboración del documento original fue hecho a mano alzada por los estudiantes.

Tabla 4. Prueba de Normalidad.

	Pruebas de Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antes	0.152	25	0.14	0.913	25	0.035
Después	0.218	25	0.004	0.892	25	0.012
Diferencia = antes – después	0.131	25	.200*	0.983	25	0.9396

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Resultados obtenidos en SPSS statistics versión 22.

5%, y el estadístico de prueba utilizado fue Shapiro Wilk, toda vez que se tiene un total de 25 datos. Se obtuvo un p -valor de 0.9396, tal como puede observarse en la Tabla 4, por lo cual se puede afirmar con una probabilidad del 93.96% que la distribución de la variable aleatoria sí responde a una distribución normal. A continuación, se llevó a cabo la prueba paramétrica para comparar promedios en medidas repetidas.

2. Procedimiento estadístico t de Student para medidas repetidas

Planteamiento: Se evaluó mediante un juego el tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada en un grupo de estudiantes antes y después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating*

sheet. ¿La enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet* disminuyó el tiempo de ciclo de la tabla perforada?

Los primeros resultados estadístico-descriptivos obtenidos al ejecutar la prueba de normalidad a través del SPSS se muestran en la Tabla 5, en la cual se han consolidado los intervalos de confianza para la media al 95%. En la Tabla 6 se desarrolla el detalle del ritual de significancia estadística.

Para validar la hipótesis de investigación H_1 , se ejecutó en SPSS la prueba t de Student para muestras relacionadas o medidas repetidas. Los resultados detallados obtenidos se aprecian en la Tabla 7. Se puede advertir que el p -valor arrojado por el SPSS es de 0.000298 y corresponde a una

Tabla 5. Intervalos de confianza para la media (95%).

Medidas	Tiempo de ciclo de ensamble de tabla perforada antes (segundos)	Tiempo de ciclo de ensamble de tabla perforada después (segundos)	Diferencia de tiempo de ciclo de ensamble de tabla perforada (antes – después) (segundos)
Media	49.74	46.42	3.32
Error estándar	0.50	0.73	0.79
IC 95% límite inferior	48.71	44.91	1.70
IC 95% límite superior	50.77	47.92	4.95

Fuente: Resultados obtenidos en SPSS statistics versión 22.

Tabla 6. Ritual de la significancia estadística.

Planteamiento de Hipótesis
H_0 : El promedio de las diferencias de tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada es menor o igual a cero (μ_d (tiempo de ciclo antes - Tiempo de ciclo después) ≤ 0)
H_1 : El promedio de las diferencias de tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada es mayor a cero (μ_d (tiempo de ciclo antes - Tiempo de ciclo después) > 0)
Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5\%$
Estadístico de prueba $\rightarrow t$ de Student para medidas repetidas
Valor de $p = 0.000149$
Decisión: Con una probabilidad de error del 0.0149%, el promedio de las diferencias del tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada es mayor a cero.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Prueba t de Student para muestras relacionadas o medidas repetidas.

	Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia			
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior				
Par 1 antes – después	3.322	3.931	0.786	1.699	4.945	4.225	24	0.000298

Fuente: Resultados obtenidos en SPSS statistics versión 22.

prueba bilateral. Sin embargo, como se está haciendo una prueba unilateral, es decir a una cola, se procede a dividir el p -valor entre dos, de donde se obtiene un valor de $p=0.000298/2=0.000149$. Debido a que el p -valor obtenido es menor al nivel de significancia de 5%, entonces se acepta la hipótesis de investigación, tal como se muestra en la Tabla 6.

DISCUSIÓN

A la luz de los resultados obtenidos a través de la estadística inferencial, puede afirmarse que sí hay una disminución en el tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet*, toda vez que el intervalo de confianza para la diferencia de tiempo de ciclo de ensamble no contiene al cero.

Esto se corrobora con el p -valor obtenido pues es menor al nivel de significancia del 5%, lo cual ratifica que hay una diferencia significativa en el tiempo de ciclo de ensamble de la tabla perforada antes y después de la enseñanza-aprendizaje del *standard operating sheet*.

Los resultados de la valoración cualitativa de ambas herramientas (Tabla 1) también muestran que el *standard operating sheet* es una herramienta que permitió estructurar más completa, detallada y claramente la información, puesto que el diseño propio de la herramienta exige declarar las tareas a realizar, identificar puntos clave y justificar por qué las actividades deben realizarse de determinada manera. Asimismo, la herramienta también incorpora una sección de entrenamiento visual que facilita la comprensión de la manera en que se deben ejecutar las actividades. La herramienta y sus procesos coadyuvaron a reducir la variabilidad del proceso de ensamble de la tabla perforada.

The Productivity Press Development Team (2002) sostiene que no es suficiente saber *qué* hacer y *cómo* hacer, pues, si no se entiende *por qué* debe hacerse de la manera en que debe hacerse, con el pasar del tiempo el procedimiento establecido podría debilitarse a través de la incorporación o supresión informal de operaciones, lo cual puede mermar la calidad de un producto o proceso o impactar en otros procesos de la empresa sin ser conscientes de la repercusión de estas acciones. Con el *standard operating sheet* este riesgo se minimiza o elimina totalmente, pues esta herramienta exige explicar por qué el trabajo debe realizarse tal y como ha sido normalizado.

Un aspecto significativo que destacar y que ha quedado registrado en la Tabla 1 es que en la confección del *standard operating sheet* se recogieron las sugerencias del grupo de operarios, por lo cual el trabajo en equipo fue más efectivo y más productivo. Esto obedeció a que la herramienta recomienda la participación activa del cuerpo operativo en la formulación del trabajo estandarizado.

Al igual que Có et al. (2008), se constata que los ingenieros industriales que participaron en este juego lograron cuestionar sus saberes previos y crecer en su conocimiento y aprendizaje de Lean Manufacturing. Los estudiantes mejoraron su percepción y adiestramiento en el uso de herramientas para estandarizar un proceso, así como también analizaron bajo la perspectiva del análisis estadístico las ventajas de trabajar con el *standard operating sheet*.

También se observa lo mismo que Possebon et al. (2012) con respecto a que la dinámica de los juegos en clase favorece la fijación de los contenidos teóricos, estimulan el trabajo en grupo y la discusión sobre los resultados obtenidos.

Finalmente como afirma De Figueiredo (2010), los juegos son instrumentos que no solo motivan significativamente a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, sino también son herramientas simples para enfrentar la complejidad con que los estudiantes se encuentran al estudiar conceptos de diversas teorías, así como también estrategias muy valiosas para que los académicos puedan transmitir sus saberes de manera efectiva.

CONCLUSIONES

Los procedimientos operativos estándar o *job aids* son herramientas que permiten estandarizar el trabajo, sin embargo, con la dinámica aplicada en esta investigación, se ha podido apreciar que el *standard operating sheet* es un instrumento que por la naturaleza de su estructura, simbología y elementos visuales ayuda más claramente a comunicar un estándar; lo cual como se ha podido constatar, se refleja en el tiempo de ciclo de la operación.

Los resultados obtenidos en este artículo pueden replicarse en otros ambientes académicos, para lo cual se exhorta a otras casas de estudio y colegas docentes a replicar la metodología y corridas experimentales descritas en este artículo en clase, pues permite de manera sencilla y muy económica afianzar los conocimientos de manera vivencial, práctica y divertida.

Los resultados propuestos también pueden corroborarse en empresas manufactureras, utilizando el juego propuesto para capacitar a los colaboradores en la creación y divulgación del trabajo estandarizado, de manera que pueda sensibilizarse al personal de la empresa las ventajas que tiene el *standard operating sheet* con respecto a los procedimientos convencionales.

Se espera que este trabajo también aporte a las empresas manufactureras y de servicios a apoyarse en el *standard operating sheet*, no solo para transmitir más claramente sus estándares, sino también para promover la integración del *front* y *back office* en la empresa.

RECOMENDACIONES

Se exhorta a que futuras investigaciones mejoren y enriquezcan este juego, aplicándolo nuevamente en la estandarización del trabajo, pero con otras herramientas, como por ejemplo el *standard operating combination*; *standard work sheet for work center*; *standard work sheet for each work station*, etc., así como otros principios lean.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aguilar Ortega, C. O., Tovar Luna, B., y Hernández Cruz, B. A. (2018). Escenarios de aprendizaje basados en simulación: experiencia multidisciplinaria de la Universidad del Valle de México. *FEM: Revista de La Fundación Educación Médica*, 21(4), 195-200. <https://doi.org/10.33588/FEM.214.956>
- [2] Có, F. A., Có, M. A., y Meriguetti, B. A. (13-16 de octubre de 2008). O "heyjunka didático": um jogo interdisciplinar que auxilia na elevação da aprendizagem sobre a produção enxuta. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_078_544_10935.pdf
- [3] Arnau, J., y Bono, R. (2008). Estudios longitudinales de medidas repetidas: Modelos de diseño y análisis. *Escritos de Psicología - Psychological Writings*, 2(1), 32-41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=271020194005>
- [4] De Figueiredo, J. C. B. (2010). Modelo computacional para simulação de aplicação da teoria das restrições. *Revista Alcance*, 17(2), 19-31. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477748590003>
- [5] Bragança, S., y Costa, E. (2015). An Application of the Lean Production Tool Standard Work. *Jurnal Teknologi*, 76(1), 47-53. <https://doi.org/10.11113/JT.V76.3659>
- [6] Possebon, F. R., Fontana, J., y Hoss, M. (15-18 de octubre de 2012). *Dinâmica de Grupo sobre Folha de Operações Padrão*. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, Brasil. https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_wic_166_963_20652.pdf
- [7] De Freitas, E. S., y da Silva, M. G. (2017). Pesquisa-ação sobre a implementação do trabalho padronizado em uma célula de manufatura de uma fábrica de tratores. *Espacios*, 38(46), 21-38. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n46/17384621.html>
- [8] De Oliveira, V. F., de Almeida, N. N., Carvalho, D. M., y Pereira, F. A. A. (2013). Um Estudo sobre a Expansão da Formação em Engenharia no Brasil. *Revista de Ensino de Engenharia*, 32(3), 37-56. <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/235>
- [9] Dos Santos, D. M. C., Dos Santos, B. K., y Dos Santos, C. G. (2021). Implementation of a standard work routine using Lean Manufacturing tools: A case Study. *Gestão & Produção*, 28(1), 23-32. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4823-20>
- [10] Fazinga, W. R., y Saffaro, F. A. (2012). Identificação dos elementos do trabalho padronizado na construção civil. *Ambiente Construído*, 12(3), 27-44. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300003>
- [11] Fleury, A., Almada, F. y Monteiro, M. (2008). *Introdução à Engenharia de Produção* (1ª ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier Campus.
- [12] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D. F., México: McGraw Hill.
- [13] Lean Enterprise Institute. (2014). *Lean Lexicon. A Graphical Glossary for Lean Thinkers* (5ª ed.). New York, NY, EE. UU.: Lean Enterprise Institute, Inc.
- [14] Liker, J. K., y Meier, D. (2007). *Toyota Talent : Developing your People the Toyota Way* (1ª ed.). New York, NY, EE. UU.: McGraw Hill.
- [15] Liker, J. K., y Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. New York, EE. UU.: McGraw Hill.

- [16] Masaaki, I. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (1ª ed.). New York, NY, EE. UU.: McGraw Hill.
- [17] Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., y Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239-244. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.07.019>
- [18] Rother, M. (2010). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness, and Superior Results* (2ª ed.). New York, NY, EE. UU.: McGraw Hill.
- [19] Shimizu, K. (2004). Reorienting Kaizen Activities at Toyota: Kaizen, Production Efficiency, and Humanization of Work. *Okayama Economic Review*, 36(3), 1-25. <https://doi.org/10.18926/OER/40530>
- [20] Spear, S., y Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96-106.
- [21] Tapia, F. (2014). *Aplicación de un juego de empresa como recurso didáctico para mejorar la enseñanza-aprendizaje del planeamiento y control de la producción según el modelo de teoría de restricciones*. (Tesis doctoral). Universidad San Martín de Porres, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/681>
- [22] The Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work for the Shopfloor*. New York, NY, EE. UU.: CRC Press Taylor & Francis Group.