

Plug&Lean-OEE game: Juego de entrenamiento basado en el indicador de efectividad global del equipo enfocado en mejorar la productividad de las operaciones de manufactura

Martha-Patricia García¹, Javier Santos², Mikel Arcelus², Elizabeth Viles²

¹Instituto Tecnológico de Chihuahua II-Chihuahua, Chih., México. pgarcia@tecnun.es;

²Departamento de Organización Industrial, TECNUN Universidad de Navarra. Paseo Manuel Lardizábal 13, San Sebastián, España. jsantos@tecnun.es; marcelus@tecnun.es; eviles@tecnun.es

Palabras clave: juegos y simulaciones, manufactura esbelta (Lean Manufacturing), mejora continua (CI), mantenimiento productivo total (TPM), efectividad global del equipo (OEE)

1. Introducción

En esta era de competitividad las empresas continúan en la búsqueda constante de nuevas formas de aumentar la productividad. Durante las últimas dos décadas el concepto de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) se ganó el reconocimiento de la industria por haber demostrado ser una estrategia de fabricación avanzada que permite mantener competitivos a quienes la implementan (Imai, 2006). El fundamento de esta estrategia se basa en la creación de valor en las operaciones de fabricación a través de la eliminación del desperdicio (Womack and Jones, 2003).

Los administradores de la producción y la calidad argumentan que si las herramientas y metodologías “Lean” no son bien comprendidas, difícilmente serán bien implementadas (Ozelkan and Galambosi, 2009). Debido a esto, las empresas priorizan la contratación de profesionales especializados y demandan más entrenamiento “Lean” en sus trabajadores. En respuesta, las Universidades han fortalecido el contenido de currículos y han investigado y propuesto nuevos métodos para promover su aprendizaje. En años recientes, algunas Universidades (MIT, UNCC, USU) involucradas con la filosofía “Lean” desarrollaron, como estrategia de aprendizaje, juegos y simuladores para ayudar a los estudiantes y participantes a entender el “pensamiento Lean”; sin embargo, se ha considerado que algunos de estos juegos tienen falta de realismo (Baddurdeen *et al.*, 2010); además son muy pocos los juegos y simuladores con un enfoque específico en el mantenimiento productivo total (TPM) y su indicador de efectividad global del equipo (OEE) que de acuerdo a Nakajima (1988), este es un indicador poderoso que permite mejorar no solo el rendimiento del equipo sino también el de toda la fábrica.

En este contexto educativo, las Universidades son conscientes de que las nuevas estrategias de enseñanza toman en cuenta las nuevas concepciones del entorno, por ese motivo la investigación educativa está generando metodologías, herramientas y prácticas en donde se utiliza el potencial de la tecnología, este esfuerzo se está orientado cada vez más hacia los juegos y simulaciones para apoyar la manera de aprender a través del involucramiento activo

del alumno. El interés académico por los juegos y simulaciones es cada vez mayor y se debe a tres circunstancias: (1) que el aprendizaje está centrado en aprender a través de desempeñar un rol activo y los participantes tienen la oportunidad de formular estrategias, tomar decisiones y enfrentarse a los riesgos, lo que hace que se adquiera una retroalimentación rápida en el momento en que surgen los problemas (2) que son herramientas efectivas para alcanzar a comprender temas y conceptos difíciles y complicados y (3) porque es gratificante la experiencia de entrar en un ambiente atractivo donde el aprendizaje interactúa con la tecnología. Como consecuencia, el reto de los educadores es explotar la creatividad y el factor motivacional en el diseño de los juegos y al mismo tiempo integrar los conceptos y el conocimiento que se desean transmitir para lograr el objetivo del aprendizaje. (Garris *et al.* 2002).

En este estudio, se presenta un juego de entrenamiento tanto para alumnos como para empresas, cuyo objetivo general es desarrollar la habilidad del cálculo del indicador de efectividad global del equipo OEE para comprender la aplicación correcta y oportuna de herramientas de mejora continua y el alcance que tiene la filosofía “Lean Manufacturing”. El juego ha sido denominado Plug&Lean-OEE game y está integrado, en primer lugar, por un kit comercial de “electrical slot-car racing game” o pista eléctrica de carrera de coches, adaptado como un proceso de producción, y en segundo lugar, por un sistema basado en tecnología inalámbrica para la monitorización en tiempo real, recolección, procesamiento, cálculo y análisis de los indicadores denominado Plug&Lean-System (Santos *et al.*, 2011), este último le da una ventaja competitiva al juego. Asimismo, la base teórica del juego se fundamenta en la teoría sobre juegos y simulaciones, filosofía de “Lean Manufacturing”, el TPM-OEE y la mejora continua (CI).

2. Antecedentes y revisión de la literatura

Este estudio engloba cuatro conceptos y su revisión respecto a la literatura: los juegos y simulación en el aprendizaje, la filosofía Lean Manufacturing, la mejora continua y, por último, la combinación de TPM y su indicador OEE.

2.1. Utilización de juegos y simuladores en el aprendizaje

En primer lugar, es importante mencionar que no hay un consenso entre la definición de juegos y simulaciones, la literatura indica que para unos son una técnica docente mientras que otros se refieren a ellos como una metodología (Andreu *et al.*, 2005). Asimismo, Crookall *et al.* (1989) indican que existen importantes diferencias entre la aplicación práctica de esos dos conceptos destacándose lo siguiente: La simulación es una representación de un fenómeno de la vida real donde los participantes adoptan un rol, pueden crear sus propias reglas y diseñan sus estrategias, juegan a simular pero sin dejar de ser ellos mismos y sin correr riesgos. Un juego puede o no representar la vida real, y los participantes si actúan un determinado rol y adoptan un comportamiento siguiendo las instrucciones y reglas dadas, el juego es por sí mismo un juego con riesgos y las consecuencias no siempre son positivas.

La consideración de que una simulación esta apegado a la vida real y el juego no, tiene un significado importante, sobre todo cuando se piensa en los resultados de aprendizaje que se quieren lograr. Jonassen (2005) y DeKanter (2004) sostienen que para garantizar el aprendizaje a través del juego el escenario debe estar alienado con los principios del constructivismo, mientras que Ncube (2007) dice que los juegos y simulaciones son actividades efectivas de aprendizaje si la metodología se alinea al modelo de aprendizaje basado en experiencias propuesto por Kolb (1984); asimismo, Oblinger (2005) argumenta que los juegos y simulaciones en la educación tienen garantía de ser efectivos y el impacto es

positivo porque la generación de estudiantes de este milenio se ha familiarizado con esta forma de aprender debido a los video-juegos.

2.2. Lean Manufacturing

La filosofía “Lean Manufacturing” está considerada como una estrategia de fabricación exitosa, cuyo origen se sitúa en Japón en los años 1950 y es conocida por su origen, como el Sistema de Producción Toyota (TPS) y en occidente por su traducción como “manufactura esbelta”. Hoy en día está mundialmente aceptada por generar un impacto positivo en calidad, en la reducción de costos y en mejorar los tiempos de las operaciones de fabricación. Womack and Jones (2003) se refieren a “Lean Manufacturing” como una filosofía de trabajo enfocada en la eliminación de desperdicio, asimismo desperdicio se define como toda actividad y recurso utilizado que no agrega valor pero incrementa el costo del proceso de fabricación. Esta filosofía está compuesta por principios, metodologías y herramientas que funcionan sobre la base de la mejora continua tanto de procesos como de operaciones a través del involucramiento de los trabajadores y demás personal de la cadena productiva. La implementación de esta estrategia de fabricación, puede fallar debido a la falta de comprensión de la filosofía y de sus componentes, porque se ha dejado de lado la perspectiva sistémica que supone la aplicación de cada herramienta (Paipa *et al*, 2011) y sobre todo si la empresa mantiene su esquema tradicional enfocado unilateralmente en la reducción de costos (Grichnik & Winkler, 2008).

2.3. Mejora continua

El tercer concepto es la mejora continua (CI) conocida también como Kaizen. Este concepto nace en los años ochenta y es definido por Imai (1986) como acciones de mejora en forma gradual y constante, mientras que en el ámbito de la fabricación se define como la medición del desempeño de los procesos para eliminar las dificultades y lograr los objetivos con el menor esfuerzo. Asimismo, las bases de la aplicación de la mejora continua son el ciclo PDCA conocido también como Ciclo Deming y el involucramiento de las personas. A lo largo de las dos últimas décadas la metodología CI ha evolucionado combinándose con otras metodologías como por ejemplo, TPM, TQM (administración para la calidad total) y Seis-sigma, entre otras (Bhuiyan, 2005) logrando sistematizarse en procesos de fabricación avanzada. A este respecto, es importante destacar que Imai (2006) menciona que el CI logra mejores resultados cuando éste se aplica en tres niveles de la organización: (1) al nivel de alta dirección, (2) a nivel de grupos de trabajo y (3) a nivel individual. La alta dirección se asocia con mejoras a nivel estratégico; a nivel de grupo de trabajos se asocia con resolver problemas y toma de decisiones; y a nivel individual se relaciona con la mejora día a día de tareas. Imai (2006) confía en que las mejoras son oportunas cuando provienen de los operarios o de la mano de obra directa. En consecuencia, el reto de la empresa es estructurar los programas de mejora continua de tal manera que el personal se motive a actuar con creatividad para que su contribución les permita reducir el esfuerzo innecesario para hacer el trabajo con mejores resultados.

2.4. TPM y OEE

El mantenimiento productivo total (TPM) fue introducido en Japón en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas y a finales de la década de los ochenta, fue adoptado por algunos países de occidente (Nakajima, 1991). La literatura ofrece varias definiciones coincidiendo en que el TPM es una metodología con una filosofía de trabajo participativa cuyo objetivo inicial es maximizar la efectividad de maquinaria y equipo. Maximizar la efectividad del equipo requiere de la eliminación de errores, defectos y otros fenómenos negativos, y para ello Nakajima propone la herramienta de medición: “efectividad global del

equipo (OEE)” como potente indicador para medir e identificar las pérdidas en los aspectos de fabricación. Asimismo, Nakajima (1988) identifica seis grandes pérdidas y las agrupa en tres conceptos y cada concepto lo asocia con un indicador, ejemplo: (1) pérdidas por falta de disponibilidad de equipo y su indicador es “disponibilidad (A)”, (2) pérdidas por pobre funcionamiento o desempeño de equipo y su indicador es el “desempeño (P)”y (3) pérdidas por producir productos de mala calidad siendo su indicador “calidad (Q)”.

Como consecuencia, el resultado del producto de los tres indicadores es el indicador de efectividad global del equipo (OEE); la Figura 1 muestra un esquema de la forma en que se llevan a cabo los cálculos del OEE y su relación con las seis grandes pérdidas. Es relevante mencionar que dado los nuevos escenarios de producción donde cada día los sistemas son más complejos, el cálculo del OEE debe ser apoyado por las nuevas tecnologías para garantizar la calidad de la información, de igual manera éste debe estructurarse bajo una buena estrategia de manufactura como lo es la filosofía “Lean” y debe de ser complementado por la metodología de mejora continua para que este indicador no sea considerado como un simple cálculo ni destinado solamente a mejorar la efectividad de maquinaria y equipo sino como una oportunidad de mejorar la productividad de las operaciones de manufactura.

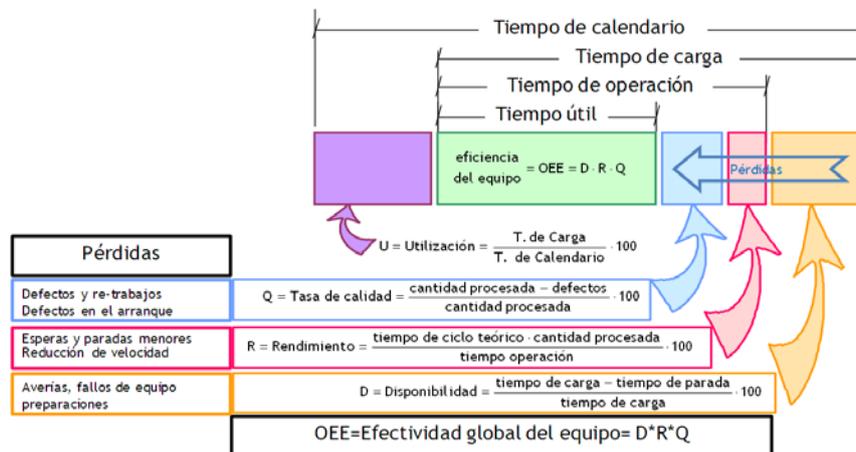


Figura 1. El cálculo del OEE y la clasificación de las pérdidas (Santos *et al*, 2006)

3. Objetivos del juego

El Plug&Lean-OEE game, es un juego diseñado para el aprendizaje activo de estudiantes de las carreras de ingeniería industrial, ingeniería en organización industrial, y las licenciaturas y posgrados relacionadas con la administración de operaciones. Su objetivo de aprendizaje es comprender la filosofía “Lean Manufacturing”, entrenarse en el cálculo del OEE, conocer la aplicabilidad de los indicadores disponibilidad, rendimiento y calidad, y experimentar la aplicación de acciones de mejora; en resumen desarrollar habilidades en cuatro aspectos específicos (Figura 2):

- La forma correcta de adquirir datos de fabricación en tiempo real.
- El cálculo de los índices de disponibilidad, rendimiento, calidad, OEE en un proceso de fabricación y su interpretación respecto a impactos en calidad, tiempo y coste.
- El análisis de los indicadores mencionados, para la identificación de las seis grandes pérdidas propuestas por Nakajima (1991), y la localización de oportunidades de mejora.
- La correcta selección y aplicación de las herramientas de mejora propuestas por la filosofía “Lean” y el impacto de las mejoras en los niveles de productividad de las operaciones de manufactura.



Figura 2. Objetivos de aprendizaje del Plug&Lean-OEE game

4. Diseño del juego en el entorno del aprendizaje

El juego ha sido diseñado a partir de la propuesta de alinear las actividades de aprendizaje a los principios teóricos del constructivismo, resaltando que comprendemos mejor cuando interactuamos con el medio; asimismo, podemos evaluar nuestra propia comprensión al ver la forma en cómo otros comprenden; al igual que podemos observar que cada experiencia es una experiencia distinta, ya que nadie construye conocimiento igual que el otro (DeKanter, 2004). Algunos elementos de diseño del juego han sido tomando en cuenta la propuesta de DeKanter, quien sostiene que el juego o la simulación será mejor diseñado si se apega a los siguientes principios:

- Intencionalidad. Diseñar el juego con un objetivo de aprendizaje claro y preciso.
- Contextualizar. Unir las actividades de aprendizaje a acciones de jugar para resolver un problema.
- Manipulación. Diseñar el ambiente de aprendizaje para una fácil comprensión del juego.
- Colaboración. Motivar al estudiante para que se apropie del juego y del proceso de solución del problema.
- Comunicación. Promover el intercambio de ideas y de puntos de vista alternativos entre jugadores.
- Reflexión. Promover la reflexión sobre los temas aprendidos.

4.1. Elementos del juego

El juego lo integran dos unidades de trabajo que se pueden interconectar entre sí: (1) un kit del tipo “slot-car racing” digital, escala 1:32, integrado por una pista de carreras con tres coches diferentes y algunos elementos adicionales. La pista es el escenario de un sistema de producción, cada coche representa un producto diferente y los elementos adicionales son: una estación de mantenimiento y repostaje de los coches para cambio de ruedas y las reparaciones menores (Figura 3), (2) el sistema Plug&Lean (Santos *et al*, 2011), que es un sistema portable, electrónico, inalámbrico para la monitorización de un proceso de producción en tiempo real, constituido por sensores y colectores para la medición de tiempos y la captura objetos presentes, un equipo para lectura de códigos de barra y el ordenador portátil con la plataforma administrativa para el cálculo y procesamiento de la información que se captura (Figura 4). El atributo del juego es la portabilidad y sencillez del funcionamiento, ya que los componentes del juego y la tecnología inalámbrica hacen posible que sea utilizado en cualquier aula docente y el sistema de operación conduce al usuario desde el análisis de los indicadores, a la localización de las pérdidas de efectividad, hasta la implementación de acciones de mejora. En la Figura 5 se muestra en esquema el funcionamiento del Plug&Lean-System.

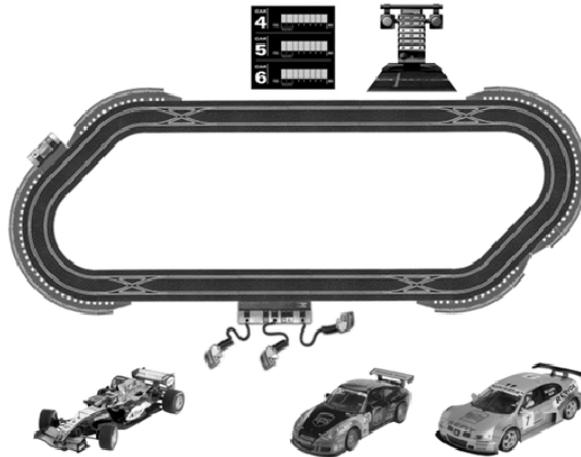


Figura 3. Diagrama de los componentes del juego “slot-car racing”



Figura 4. Componentes del Plug&Lean System. Colectores, sensores, gateway y laptop

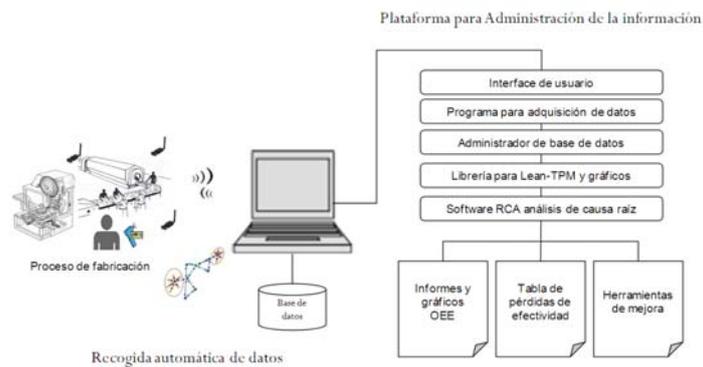


Figura 5. Esquema de funcionamiento del Plug&Lean-System (Santos *et al*, 2011)

5. Metodología del juego

El juego consta de cuatro fases que son descritas a continuación: alineación, estrategia, ejecución, y evaluación. En la Figura 6 se muestra el esquema conceptual del juego.

Fase	Desarrollo
Alineación	Comprende dos actividades (1) la instalación física de los equipos Plug&Lean-System, y el equipo del “slot-car racing” o sea “la pista y los coches” (2) la preparación de documentos de registro.
Estrategia	Consiste en entender el problema asignado, comprender la forma de jugar y conocer las reglas del juego; asimismo, definir y determinar los parámetros que intervienen; asignar los roles a cada jugador y diseñar el plan de acción con las metas a lograr.
Ejecución	Consiste en jugar las rondas por un equipo de jugadores, cada ronda es una serie de carreras de coches, simulando el proceso de producción. El equipo juega y toma datos para medir la efectividad global del equipo (OEE) con relación al desempeño de los coches de carrera sobre la pista. Dependiendo del desempeño y la estrategia de los jugadores se pierden y ganan puntos. El equipo con mayor puntuación será el ganador. Una explicación con detalle se ofrece en el subcapítulo siguiente.
Evaluación	Se refiere a totalizar los puntos obtenidos durante el juego y a valorar las lecciones aprendidas. Es la fase que permite documentar el conocimiento adquirido partiendo de la experiencia vivida. Se concreta en registrar las mejoras logradas a partir de los problemas detectados y la forma de resolverlos; las decisiones tomadas, los factores de éxito, las deficiencias encontradas y las sugerencias para enriquecer el juego. Esta evaluación también apoyará a mejorar el diseño del juego.

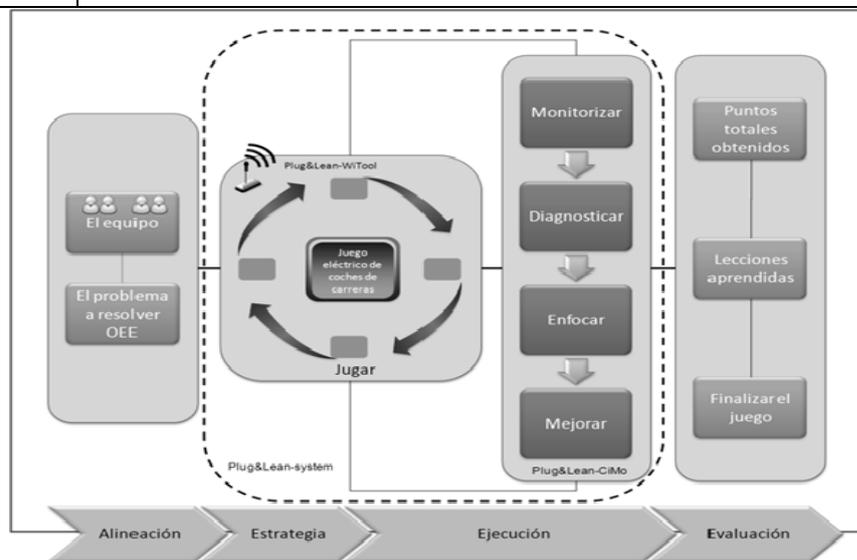


Figura 6. Esquema conceptual del juego Plug&Lean-OEE game

5.1. Ejecutar, jugar y administrar el juego

Para jugar se conforman equipos de trabajo, cada equipo juega una ronda de carreras de coches, existe un reto entre todos los equipos participantes, y gana aquel equipo que obtenga la mejor puntuación que se ve reflejada en la obtención de puntos por generar los mejores niveles del OEE así como una mayor reducción del coste de operación, mejor calidad en

productos y menor tiempo de procesamiento, todo esto después de aplicar e invertir en acciones de mejoras.

El juego consiste en jugar con coches carreras de alta velocidad, simulando un proceso de producción continuo. En este proceso intervienen operarios, maquinaria, materiales, procesos, costes y metodología. El equipo al jugar debe medir la efectividad del juego para obtener una puntuación, esta puntuación. Se ganan puntos por jugar sin errores, por cumplir con la orden de trabajo, por producir productos de buena calidad y por el nivel logrado en el indicador global de efectividad; se restan puntos por jugar con errores y por las penalizaciones por incumplimiento, por las inversiones de mejora realizadas, el gasto en combustible el tiempo-hombre de juego y otros suministros.

Al inicio se entrega el tarjetero con los pasos a seguir (Figura 7), las reglas del juego, documentos de registro y el problema a resolver. El problema a resolver consiste en atender la fabricación de una “orden de trabajo” o “pedido de cliente” y la entrega oportuna en tiempo y en número de piezas correctas, asimismo se indica el nivel óptimo de OEE que se desea obtener durante el juego. Los documentos de registro consisten en una serie de tarjetas para registrar, en forma manual, los eventos durante el juego como son los datos que se necesitan para calcular el OEE, el concepto por puntos ganados, el concepto por puntos perdidos.

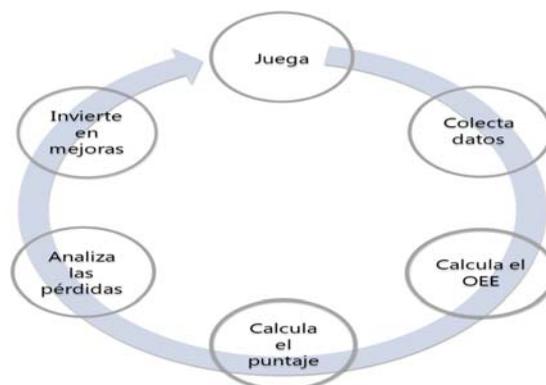


Figura 7. Pasos a seguir por el equipo jugador

5.1.1. Pasos a seguir

El equipo debe basar su juego en seis acciones principales:

- *Juega* se refiere a la acción: empezar a jugar resolviendo el problema dado en el juego. El problema dado en el juego es atender una orden de fabricación de una serie de productos solicitados por un cliente. Atender se refiere a producir la cantidad correcta solicitada y entregar la cantidad en el tiempo solicitado. El equipo debe elaborar su estrategia de juego para lograr niveles ideales (aceptables) de OEE.
- *Colecta datos*. Se refiere a la acción de monitorizar las actividades (monitorizar). Esto significa: tomar datos del desempeño del juego en cada ronda. Cada ronda está compuesta por una orden de fabricación, cada orden de fabricación contiene el número de piezas o unidades a fabricar de un determinado producto. Cada carrera es una pieza o una unidad. La Tabla 1 muestra los datos que se colectan durante el juego.
- *Calcula el OEE y el puntaje total*. Se refiere a la acción de calcular los indicadores para diagnosticar (diagnosticar). Con los datos colectados se calcula el OEE a través de su fórmula (Figura 1). Se compara el OEE con la meta ideal y se determina si hubo pérdidas de efectividad. El puntaje total se calcula sumando y restando los puntos ganados y perdidos. Las tablas 2 y 3 muestran la forma de calcular el puntaje. Esta fase

puede ser apoyada por una plataforma administrativa y un software integrado en el ordenador portátil para facilitar la precisión del cálculo, el despliegue de gráficas y otros datos interactivos. El software es considerado una mejora y el equipo de jugadores puede hacer uso de ella mediante el pago de ciertos puntos.

- *Analiza las pérdidas.* Se refiere a enfocarse en puntos críticos de desempeño del juego tomando como base los resultados del OEE y la pérdida de puntos o penalizaciones (enfocar). Se analiza cada indicador del OEE. Se analizan las pérdidas de efectividad, los problemas y conflictos presentados, se encuentra su causa raíz y se determina el impacto negativo del desempeño del juego.
- *Invierte en mejoras.* Se refiere a desarrollar un plan con acciones para mejorar (mejorar): Se sugieren y se proponen contramedidas o acciones para mejorar el juego, basar sus decisiones en la metodología “Lean”, las mejoras son inversiones económicas, después de invertir y aplicarlas volver a jugar y confirmar resultados evaluando el impacto en el desempeño del juego.

Al jugar y sobre la pista en forma simultánea, el sistema inalámbrico Plug&Lean, a través de los sensores, colecta los datos del juego y hace los cálculos del OEE de forma automática, los cuales deben ser comparados con los datos tomados por los jugadores, esto validará la calidad de la ronda jugada. La duración del juego dependerá del número de equipos que jueguen. Al terminar el juego los equipos documentarán las lecciones aprendidas.

Tabla 1 Datos que se colectan durante el juego

Dato	DESCRIPCIÓN
Tiempo calendario	Tiempo total máximo permitido para jugar
Tiempo de parada programada	Tiempo de paro permitido para mantenimiento preventivo: repostaje
Tiempo de carga	Tiempo disponible para jugar
Tiempo de ciclo ideal	Dato proporcionado en el problema
Tiempo de ciclo real	Tiempo que se calcula durante el juego, equivale al tiempo que tarda en dar una vuelta completa
Tiempo de operación	Tiempo que resulta de la diferencia entre el tiempo calendario y el tiempo de las paradas no programadas
Tiempos de cambio de producto	Tiempo que le toma hacer el cambio de coche en la pista y programar el mando
Tiempo de parada no programada por averías	Tiempo que se detiene el coche por toques, derrapes, volcaduras y su nueva colocación en pista
Tiempo de parada no programada por fallos	Tiempo de penalización por haberse salido completamente de la pista. Tiempo adicional para repostaje no programado
Número de piezas producidas	Número de vueltas totales del coche
Número de piezas defectuosas	Número de vueltas de coche con defecto Un defecto equivale a: un golpe contra la pared,

	pasar por un carril erróneo, salirse y regresar al carril
Indicador OEE	Indicador de efectividad global del juego y se refiere a tomar los datos adecuados y aplicar la fórmula para obtener un resultado
Cumplir perfectamente la orden de trabajo	Se refiere a la realización de completa de los productos solicitados en cantidad y tiempo
Cumplir la orden con faltante	Se refiere a la realización de una orden incompleta, con productos faltantes
Repostaje	Se refiere al repostaje de gasolina extra, fuera de programa
Mejoras adquiridas	Se refiere a la implementación de mejoras en el juego
Volcadura	Se refiere al número de veces que el coche se voltea
Derrape	Se refiere al número de veces que el coche se desliza fuera de la pista
Toque	Se refiere al número de veces que el coche golpea la barrera
Abandonar la pista	Se refiere al número de veces que el coche se sale completamente de la pista
Cambio de carril	Se refiere al número de veces que el coche invade un carril contrario

5.1.2. Administrar la puntuación

Por lo tanto la forma de administrar y calcular la puntuación del juego se basa en dos vertientes: puntos ganados y puntos perdidos, estos últimos incluyen el coste de operación.

- Los puntos ganados son los factores positivos del juego, la Tabla 2 hace una descripción del concepto de los puntos ganados y la forma de ir acumulado.
- Los puntos perdidos son los factores negativos ocurridos durante el juego, son penalizaciones por cometer errores durante el juego y son los puntos por concepto del gasto de operación. La Tabla 3 hace una descripción del concepto de puntos perdidos y/o penalizaciones.
- El cálculo de la puntuación total será la diferencia entre puntos ganados menos puntos perdidos

Tabla 2 Cálculo de los puntos ganados

Concepto	Puntos acumulados
Indicador OEE	
Orden de trabajo cumplida en tiempo y en cantidad	
Número de unidades correctas	
Número de unidades recuperadas por re-trabajo	
Mejoras aplicadas y validadas	
Tiempo útil del juego	
Total de puntos	

Tabla 3 Cálculo de los puntos perdidos

Concepto:	Puntos acumulados
-----------	-------------------

Consumo total de gasolina	
Tiempo de trabajo total de los jugadores	
Tiempo total de funcionamiento del equipo	
Cantidad de piezas producidas de mala calidad	
Cantidad de la inversión en mejoras	
Penalización por incumplimiento de orden de trabajo	
Penalización por coches que abandonan la pista	
Total de puntos	

5.1.3. *El rol de los jugadores*

El juego contiene las tareas propias de la fabricación correspondientes a cuatro áreas clave como son: producción, mantenimiento, calidad y administración representadas por un integrante del equipo. Asimismo, dentro de las tareas de producción se encuentran: atender órdenes de trabajo, la procuración de materiales, la fabricación de productos (que será igual a número de vueltas de cada coche), y los cambios de producto que para simular serán iguales al cambio de modelo de coche. Las tareas de mantenimiento corresponden a eventos preventivo-correctivos y reparaciones mayores. El área de calidad será la responsable de controlar la calidad de la producción y motivar que se generen y apliquen acciones de mejora. El área de administración será la responsable de cuantificar las pérdidas, controlar el coste de operación y el impacto económico de las mejoras.

Tabla 4 Tareas y responsabilidades del rol de cada jugador

Rol	Enfoque
Producción	Ejecutar el juego, cumplir con la orden de trabajo y mejorar tiempo de ciclo
Calidad	Implementar mejoras y evaluarlas, promover la ganancia de puntos
Mantenimiento	Cumplir el tiempo designado a mantenimiento preventivo y administrar el consumo de energía, evitar la pérdida de puntos
Administración	Cuantificar la puntuación del juego, liderar al equipo y retroalimentar.

6. Validar el aprendizaje

A través de la dinámica del juego se han identificado los siguientes aspectos de aprendizaje que corresponden a los conceptos “Lean Manufacturing”, TPM-OEE y mejora continua (CI):

- Identificar las operaciones que intervienen en fabricación.
- Monitorizar un proceso de producción.
- Medir y controlar operaciones de fabricación.
- Determinar los datos y métricos significativos en un proceso de producción.
- Aprender a recolectar datos de fabricación.
- Calcular en tiempo real: la disponibilidad y el desempeño del equipo de un proceso de producción, así como los productos defectuosos producidos y el OEE.
- Identificar y clasificar las pérdidas durante un proceso.
- Valorar el impacto económico de las pérdidas.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Aplicar adecuadamente los principios de cambio rápido (SMED), dispositivos a prueba de error (Poka-Yoke) y las 7 herramientas de calidad.

- Desarrollar estrategias para minimizar o eliminar las pérdidas.
- Organización para el trabajo en equipo.
- Confrontación de ideas.
- Comprender que a través del proceso de jugar la información se convierte en conocimiento.

7. Conclusiones

Los beneficios del aprendizaje a través de juegos y simulaciones han sido escritos por numerosos autores, destacando que se mejora el pensamiento estratégico, se desarrollan las habilidades para el análisis y la solución de problemas, se comprenden conceptos difíciles o demasiado abstractos y se motiva a la discusión misma que enriquece el conocimiento. El juego propuesto contribuye a la mejora del aprendizaje en el entorno académico y al entrenamiento de personal en la industria en los temas de manufactura esbelta (Lean Manufacturing), mantenimiento productivo total (TPM), efectividad global del equipo (OEE) y mejora continua (CI). Una de las ventajas del diseño del juego es la incorporación de la tecnología inalámbrica que permite disponer de un escenario más real y la oportunidad de trabajar en equipo aceptando un reto diseñando sus propias estrategias de trabajo.

Hasta el momento se ha integrado la pista de carreras con los coches y elementos adicionales, se ha desarrollado el sistema Plug&Lean para la monitorización de maquinaria y equipo en tiempo real junto con la plataforma administrativa y su software; se ha diseñado el modelo de mejora continua y la metodología para el juego. El trabajo en progreso que se está desarrollando es la sincronización del dispositivo inalámbrico con la pista de carreras y la validación de todo el conjunto en clase.

Referencias

- Andreu, M.A., Garcia, M. and Mollar, M. (2005), “*La simulación y juego en la enseñanza-aprendizaje de la lengua extranjera*”, Cuadernos Cervantes, XI Vol. 55, pp. 34-38.
- Baddurdeen, F., Marksberry, P., Hall, A. and Gregory, B. (2010), “*Teaching Lean Manufacturing with Simulations and Games: A Survey and Future Directions*”, Simulation and Gaming Journal, Vol. 41, No.4, pp. 465-486.
- Bhuiyan, N. and Baghel, A. (2005), “*An overview of continuous improvement: from the past to the present*”, Management Decision, Vol. 43, No. 5, pp. 761-771.
- Crookall, D. and Saunders, D. (1989), “*Towards an integration of communication and simulation*”, S. Crookall and D. Saunders, (Eds.), Communication and Simulation: From two fields to one, pp. 3-29 Philadelphia: Multilingual Matters.
- DeKanter, N. (2004), “*Gaming redefines interactivity for learning*”, TechTrends, Vol. 49 No.3, pp. 25-31.
- Garris, R., Ahlers, R. and Driskell, J. E. (2002), “Games, “Motivation, and Learning: A Research and Practice Model.” Simulation and Gaming Journal No. 33, pp. 441-467.
- Grishnik, K., Winkler, C. (2008), “*Make or break. How manufacturers can leap from decline to revitalization*”, McGraw-Hill, Company, USA.
- Imai, M. (1986), *Kaizen. “The key to Japan’s competitive success”*, Random House, Inc. Canada.
- Imai, M. (2006), *Kaizen La clave de la ventaja competitiva*”, CECSA. IXX Ed. México.

Jonassen, D. (2005), *2Constructivist learning environments*”, University of Missouri-Columbia, College of Education, available electronically at:

www.coe.missouri.edu/~jonassen/courses/CLE.

Kolb, D. A. (1984), “*Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*”, New Jersey, Prentice Hall.

Nakajima, S. (1988), “*Introduction to Total Productive Maintenance TPM*”, Productivity Press, Cambridge, MA.

Nakajima, S., (1991), “*Programa de desarrollo del TPM. Implantación del Mantenimiento Productivo Total*”, Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., Madrid.

Ncube, L. (2007), “*Exploring the application of experiential learning in developing technology and engineering concepts: The Lean Lemonade Tycoon™*”, Proceeding 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Milwaukee, WI.

Oblinger, D.G., and Oblinger, J.L. (2005), “*Educating the Net Generation*”, Educause, available electronically at: www.educause.edu/educatingthenetgen/.

Ozelkan, E. and Galambosi, A. (2009), “*Lampshade game for lean manufacturing*”, Production Planning & Control: The Management of Operations. Vol. 20, No. 5, pp. 385-402.

Paipa, L., Jaca, M., Santos, J., et al. (2011), “*Los sistemas de mejora continua y el despilfarro: la continuación de la obra de Taylor* ” DYNA Engineering and Industry. Vol. 86, No.2, pp. 232-240.

Santos, J., Garcia, M.P., Arcelus, M., Viles, E., Uranga, J. (2011). “*Development of a wireless Plug&Lean system for improving manufacturing equipment diagnosis*”, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 24, No. 4, pp.338–351.

Santos, J., Wysk, R.A., and Torres, J.M. (2006), “*Improving production with Lean thinking*”, Hoboken, NY: John Wiley& Sons.

Womack, J. and Jones, D. (2003), “*Lean thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*”, Free Press. New York.