

Training Lean Thinkers

Formando a Lean Thinkers

Rodolfo de Castro Vila¹, Gerusa Giménez Leal²

¹ Dpto. de Organización Gestión Empresarial y Diseño de Producto.

² Escuela Politécnica Superior

rudi.castro@udg.edu, gerusa.gimenez@udg.edu

Fecha de recepción: 6 marzo 2017

Fecha de aceptación: 5 julio 2017

Abstract: future engineers in acquiring and managing specific skills associated with a Lean production system is a challenge at university. Netland (2013), based on a study of production systems in 30 firms, considered that all production systems share the same principles and that these are similar to the Lean system's principles. From its beginnings, the Lean system has evolved and spread to all sectors, and, although it is not the objective of this contribution to explain the scope of Lean, we can confirm that the literature still has no agreed definition of Lean production and, in some way, the general purpose formulations of the concept diverge. However, it is clear that the roots of Lean production should be acquired by future engineers for them to become Lean Thinkers. Understanding and assimilating these concepts on the theoretical level can be complex and so adequate tools need to be employed. We aimed to do this through gamification with LEGO® sets. Gamification has evolved from activity based learning and is an innovative learning system designed to improve knowledge through experience. It is the process of adding games or game-like elements to something (such as a task) to encourage participation. The Lean Management concepts we worked with were (1) Production based on takt time, (2) Process synchronization, (3) Small lot production, (4) Waste elimination, (5) Setup time reduction, (6) Lead time reduction (7) Cross training, (8) Employee involvement, (9) 5S, (10) Standardized work, (11) Visual control and Management and (12) Supplier involvement. The experience consisted of building a small LEGO® structure and designing a balanced production line. The main aim was for students to acquire knowledge from the experience by highlighting ways to improve the production system and avoid waste through better planning and by applying some Lean practices. The experience was a complete success in terms of student involvement, and enjoyed satisfactory results in terms of Lean concept acquisition. In Conclusions, we categorize which Lean concepts were more easily consolidated through the game and propose improvements for subsequent experiences. Although the students acquired high levels of the abovementioned concepts, there were four concepts that did not meet the learning objective: Production based on takt time, Small lot production, Setup time reduction and Cross training. The problem was students did not have a standard framework within which to solve the case and, while proposing the concept of creating an innovative production system was solid, the lack of a standard framework made it difficult to compare the different solutions presented by the students. We hope this teaching experience will encourage Production and Operation management lecturers to adapt their lessons to this fascinating new way of teaching management concepts.

Keywords: Production Systems, Lean, Gamification, Education, LEGO®

Resumen: La formación de futuros ingenieros en la adquisición de habilidades específicas asociadas a la gestión de un sistema de producción Lean es un desafío para la Universidad. Comprender y asimilar estos conceptos puede ser complejo a nivel teórico, resultando imprescindible buscar herramientas que ayuden a este propósito. Esta contribución describe una experiencia práctica mediante el uso de la gamificación con conjuntos LEGO®. La experiencia ha sido excelente en cuanto a la participación y motivación del alumnado, con resultados satisfactorios en la adquisición de los conceptos Lean. También se identifican los conceptos Lean que se han consolidado más fácilmente a través del juego y se proponen mejoras para las próximas experiencias

Palabras clave: Sistemas de producción, Lean, Gamificación, Educación, LEGO®

1. Introducción

La Orden Ministerial CIN/311/2009 establece los requisitos para la verificación del título oficial de Ingeniero Industrial. En ella se describen las competencias que un futuro ingeniero debe adquirir. Entre ellas, y en relación a las competencias asociadas a la Gestión, se encuentra la de “Conocimientos de sistemas de información a la dirección, organización industrial, sistemas productivos y logística y sistemas de gestión de calidad”. Esta competencia, muy amplia en su definición, se podría concretar en cómo el ingeniero puede conseguir diseñar un sistema de producción estable, sostenible y eficiente, en definitiva, como diseñar el mejor sistema productivo para la empresa.

Netland (2013) plantea que solamente existe un “el mejor sistema productivo”, lo que denomina “one-best-way to operate”, basado en la evolución de mejora continua de los sistemas productivos. De forma popular, estas prácticas se han calificado como “buenas prácticas” y las empresas se han ido amoldando a estas experiencias exitosas para buscar recetas o fórmulas para producir mejor. Esta estrategia genérica se conoce como “the best-practice paradigm of manufacturing strategy” (Voss, 2005) y se ha ido expandiendo en una lista de conceptos con cierta relación, pero marcadamente diferentes como serían: gestión de la calidad total, producción just-in-time, teoría de las limitaciones, world class manufacturing, business process reengineering, six sigma y la producción Lean.

A partir de este paradigma es posible pensar que todos los sistemas de producción están orientados a un fin común que es “producir coherentemente” y esta teoría está soportada por Netland (2013) que, basándose en un estudio de 30 sistemas de producción de empresas, considera que todos los sistemas productivos son variantes del mismo, es decir que comparten los mismos principios y que estos se asemejan a los principios del sistema Lean. Así pues, uno de los retos como docentes en los estudios de Ingeniero Industrial es el de formar a futuros Lean Thinkers, los encargados de “hacer justo lo necesario” (Lean Institute, 2017).

Desde sus inicios el sistema Lean ha evolucionado y se ha difundido en todos los sectores, y aunque no es objetivo de esta contribución explicar el alcance del Lean, se confirma que no existe una definición convenida de producción Lean que pueda encontrarse en la literatura y en cierto modo, las formulaciones del propósito general del concepto son divergentes. Así pues, formular una definición que capture todas las dimensiones del Lean es un reto formidable (Pettersen, 2009). El concepto de sistema Lean está en constante evolu-

ción (Hines et al, 2004), lo que implica que cualquier definición del concepto sólo será una “imagen fija” de un objetivo en movimiento, válido en un cierto momento en el tiempo. Esto puede ser una explicación a las diferencias aparentes entre los autores sobre el tema. Otra explicación de esta falta de consenso es que cada empresa desarrolla “su propio” sistema productivo, “own-best-way”, basado en los principios Lean. Pero en lo que sí existe acuerdo es sobre las características operativas que definen el concepto de sistema Lean.

El objetivo de formar a los futuros ingenieros en la adquisición y el manejo de las competencias específicas asociadas a un sistema de producción Lean es básico para que después sea el ingeniero que en cada caso concreto adapte la solución más adecuada al problema que afronte.

El problema, desde el punto de vista del docente, radica en cómo diseñar una metodología docente que sea útil para lograr formar a Lean Thinkers. Comprender y asimilar estos conceptos puede ser, a menudo, un proceso confuso y poco intuitivo. Una cosa es leer y memorizar definiciones sobre conceptos asociados a la producción Lean y otra muy distinta es conocerlos y experimentarlos en la práctica. Así pues, se hace necesario buscar una herramienta que nos ayude en nuestros propósitos. Esta contribución plantea como lograr este objetivo a través del uso de la gamificación.

2. Gamificación y aprendizaje

El Espacio Europeo de Educación Superior tiene como objetivo prioritario la adquisición de competencias adecuadas para organizar la información disponible, transformarla en conocimientos y poder desempeñar de manera válida la actividad profesional. Para ello es requisito indispensable que el alumno participe activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este cambio de paradigma conlleva un cambio radical en las metodologías docentes que deben acentuar el autoaprendizaje, la conexión entre la teoría y la práctica, el acercamiento a la realidad laboral y el aprendizaje colaborativo y en grupo. Además de la adquisición de las competencias específicas propias de la titulación, los alumnos deben adquirir otras de competencias más transversales, y que se reflejan en el mundo laboral actual como el trabajo en equipo o las habilidades en las relaciones interpersonales, integrándolas cuando se trabajan las competencias específicas de su titulación. En este contexto la gamificación puede ser de gran ayuda, ya que se ha mostrado como una técnica de motivación especialmente interesante (Zichermann y Linder, 2013).

La gamificación en la educación es entendida como la mecánica del juego aplicada a entornos no lúdicos para conseguir objetivos educativos. Consiste en aplicar el pensamiento del diseño de los juegos a situaciones que no son juegos, con la finalidad de hacerlas más divertidas y atractivas facilitando la adquisición, por parte del alumno, de las competencias específicas pretendidas a la vez que se fomenta también la adquisición de las competencias transversales. Las experiencias basadas en la gamificación se enfrentan a problemas que a menudo presentan las personas que trabajan en entornos corporativos. Al introducir experiencias gamificadas en el aula, se visualizan algunos de estos problemas de una manera divertida y se puede trabajar sobre ellos. Con esta metodología también se pretende conseguir la rápida integración de los alumnos en las dinámicas de trabajo y hace que se creen conexiones rápidamente entre los participantes.

El proceso del diseño de una experiencia de gamificación incluye 4 ingredientes básicos a definir a priori (Werbach and Hunter, 2015):

- El objetivo: Se trata de tener muy claro que se quiere conseguir con esta experiencia gamificada. Objetivos posibles a perseguir podrían ser el mejorar el clima del aula, el favorecer al aprendizaje de contenidos, el mejorar el rendimiento académico o la promoción del trabajo cooperativo.
- La narrativa: Definir de qué irá el juego, cuál será su tema.
- La dinámica: Consiste en definir cómo funcionará el juego
- La mecánica: Se trata de definir la metodología concreta del juego que determina cómo se desarrollará en base a parámetros como la puntuación, clasificación o niveles.

Una vez diseñado el juego no hay que olvidar otro aspecto básico de este tipo de experiencias, recoger el feedback, tanto de los participantes en la experiencia como el del propio docente en relación a la evaluación de la experiencia. En la literatura se encuentran experiencias de gamificación en entornos docentes basadas tanto en la utilización de la tecnología y entornos virtuales, como en juegos de tablero más tradicionales o en la utilización de juguetes de construcción o de piezas (Fernández, 2015). Lo que parece indicar la literatura es que la gamificación mayoritariamente aplicada en los estudios técnicos universitarios se basa en experiencias en entornos virtuales como los videojuegos (Cortizo et.al. 2011; Prieto et al, 2014; Martín-Parreiro et al, 2015; Barragan et. al., 2015), así pues es impor-

tante tener en cuenta que aunque es innegable que la tecnología puede ser de gran ayuda en la gamificación en las aulas, no es imprescindible para gamificar.

Este artículo presenta una experiencia docente de gamificación como herramienta de transmisión de conocimiento de los aspectos clave asociados al concepto Lean, en el marco de referencia de la asignatura de Dirección de Operaciones de los estudios del Master en Ingeniería Industrial de la Universidad de Girona.

3. Gamificando los conceptos Lean

Pettersen enumera en su artículo "Defining lean production" (Pettersen, 2009) hasta 32 características específicas asociadas de los sistemas de producción Lean, clasificadas en 9 conjuntos de conceptos. De estas características se han seleccionado 12, para diseñar la actividad de gamificación, que ha de servir para que los estudiantes adquieran las competencias asociadas al diseño y gestión de un sistema de producción Lean. Se han escogido estas 12 porque se han considerado las más aptas para ser trabajadas mediante la gamificación.

Estas son:

- Producción basada en el takt time (Takt production)
- Sincronización de procesos (Process synchronization)
- Producción en lotes pequeños (Small lot production)
- Eliminación del desperdicio (Waste elimination)
- Reducción del tiempo de cambio (Setup time reduction)
- Reducción del tiempo de suministro (Lead time reduction)
- Formación transversal (Cross training)
- Implicación de los empleados (Employee involvement)
- Orden y limpieza (5S)
- Trabajo estandarizado (Standardized work)
- Control visual (Visual control and Management)

- Implicación de los proveedores (Supplier involvement)

Una vez establecido el objetivo, el siguiente ingrediente a determinar es cuál sería la narrativa de la gamificación. En este caso se trata de crear la línea de montaje de un conjunto LEGO © adquirido para este fin (Figura 1).



Figura 1. Conjunto LEGO ©

En cuanto a la dinámica del juego, el punto de partida consiste en la entrega del conjunto desmontado (6 en total, 2 orugas, 2 plumas y 2 quads; uno para cada equipo), con las instrucciones correspondientes y una caja compartimentada con todas las piezas que componen el producto. En el aula de 25 alumnos se forman equipos de 4 personas (Figura 2) y se plantea el juego como competición ya que se valora quien consigue ajustar más la planificación a la ejecución.



Figura 2. Estudiantes trabajando en el diseño de la línea de montaje

Los alumnos deben determinar el takt time, las operaciones en cada estación y conseguir el tiempo de ciclo (TC) menor posible. Basándose en la asignación de las operaciones, se debía calcular la eficiencia de cada centro de trabajo. Cabe destacar que no se han fijado condicionantes en cuanto a si los centros de trabajo deben de ser contiguos o en paralelo. Otro de los puntos a valorar del diseño de la línea de producción es la capacidad preparar cada estación para un nuevo montaje.

En cuanto a la mecánica de la gamificación, esta se basa en una puntuación en base a los logros del sistema diseñado. Por último, y con el fin de recoger el feedback de la experiencia, se encarga a cada grupo de trabajo un registro de las reuniones que llevan a cabo y los temas que se trabajan en cada una de las reuniones. Los grupos entregan un informe del proyecto (Figura 3) y en la sesión de cierre se ejecuta el proyecto, es decir, montan la línea de producción, exponen los “utilajes” que han diseñado para minimizar los tiempos de ajuste de cada estación y finalmente montan el producto. Se mide para cada grupo el tiempo necesario en el montaje del conjunto, con el objetivo de valorar las diferencias con los determinados teóricamente en el diseño de la línea de producción.

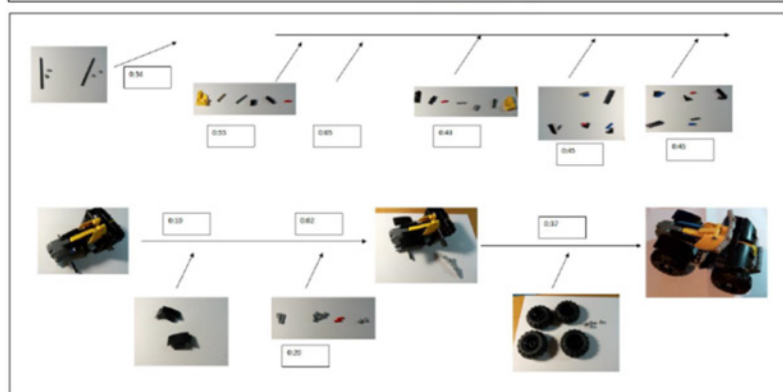
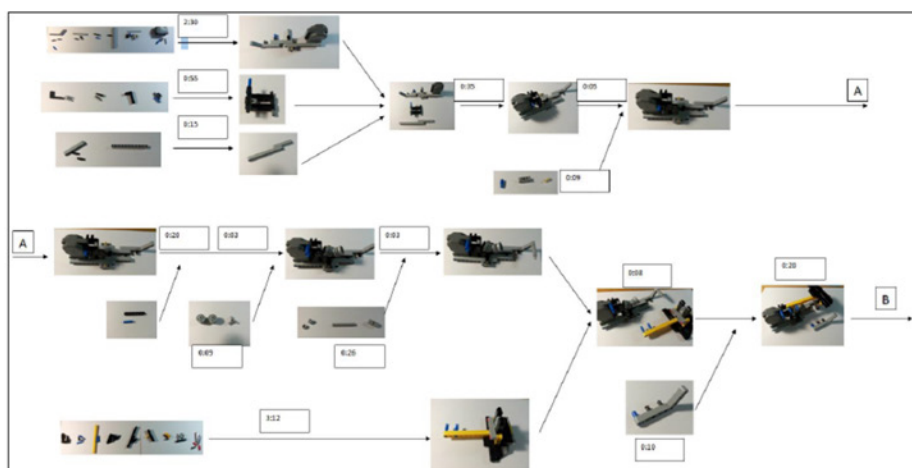


Figura 3: Procedimiento del montaje inicial 2

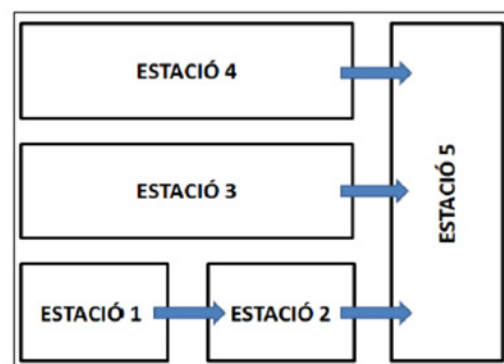


Figura 2: Disposición de les estacions de treball

Figura 3. Ejemplo de informe del diseño de una línea de montaje propuesta

4. Resultados

Las propuestas de los distintos equipos de alumnos se describen en la Tabla 1. En ella se presentan algunas de las características de las seis líneas de montaje propuestas por los diferentes equipos. También se comentan las estaciones que los alumnos han considerado necesarias para su diseño y el tiempo de ciclo calculado al ejecutar a la práctica el sistema de producción planteado.

Tabla 1. Propuesta del layout de la línea de producción

Grupo	Layout	Número de estaciones
1	Línea secuencial. Línea de producción clásica	5 estaciones, TC: 4 min
2	Línea con cuatro estaciones en paralelo	7 estaciones, TC: 6,5 min
3	Layout en forma de U compartiendo recursos en un buffer central.	4 estaciones, TC: 4 min 12 s
4	Línea de producción con sus precedentes. Línea de producción clásica	5 estaciones, TC: 198 s
5	Línea en dos fases: 1ª cinco estaciones en paralelo y 2ª con dos estaciones en paralelo	TC: 2,4 min (fase 1) 3 min (fase 2)
6	Línea con 6 estaciones en tres fases: 1ª dos estaciones en paralelo, 2ª con tres estaciones en paralelo y la última con una estación	TC: 1,84 min/fase

Como actuaciones más relevantes por parte de los grupos participantes, cabe destacar que algunos grupos hicieron la propuesta de establecer convenios con proveedores para subcontratar parte del proceso de producción. También consiguieron una mejora en el

tiempo de fabricación en cada estación de trabajo mediante el entrenamiento, registrado mediante las reuniones que mantuvieron. Presentaron una plantilla para controlar de forma visual todo el material necesario en cada estación de trabajo. Propusieron, siempre que era posible, la estandarización de las operaciones y de las tareas para cada operario en cada estación. La aplicación de la metodología 5S en cada estación de trabajo apareció por necesidad.

Las configuraciones de las líneas de montaje fueron pensadas con la finalidad de reducir el tiempo de fabricación por lo que las configuraciones en paralelo fueron las más presentadas. No obstante, en estos layout aparecieron más problemas de sincronización que conllevaron a ciertos desperdicios de tiempo. Por ejemplo, en la célula de trabajo del grupo 3, con 4 operarios perfectamente sincronizados, aseguraban tener acabado 1 producto en 4 minutos y 12 segundos, pero en el valor añadido de cada operario era de 3 minutos y 3 segundos. El desperdicio era debido que los trabajos estaban condicionados por el trabajo de sus compañeros. No obstante, en la ejecución de una línea de producción falló una estación que pasó de los 15 minutos debido al mal montaje de unas piezas muy parecidas. Esta incidencia mostró la importancia de asegurar la calidad en una cadena de montaje, ya que se paró totalmente la producción.

A partir de la entrega del informe y de los resultados de la evaluación final, ha sido posible clasificar las características Lean que se habían seleccionado en función del nivel de consolidación o interiorización por parte del alumno. Esta clasificación se basa en analizar cuáles han sido más fácilmente consolidadas mediante el juego.

En la Tabla 2 se recogen, a modo de resumen, los principales resultados de esta experiencia de gamificación donde se refleja, para cada uno de los conceptos Lean trabajados, el grado de consolidación del concepto mostrado por parte del alumnado, la posible causa por la que el grado de consolidación no ha sido el óptimo y la propuesta de mejora para las futuras experiencias docentes.

Tabla 2. Evaluación del grado de consolidación de los conceptos Lean trabajados

Concepto Lean	Grado	Causa posible	Mejora propuesta
Producción basada en el takt time	Medio	No tenían el dato de demanda del cliente, por lo que el takt lo basaban en buscar máxima eficiencia en la asignación de tareas	Marcar la demanda del cliente. Para separar claramente con el tiempo de ciclo de la línea
Sincronización de procesos	Alto	La determinación de actividades y su asignación en centros de trabajo	Mantener la propuesta, pero sería más claro con estructuras más sencillas para hacer más de una.
Producción en lotes pequeños	Nulo	Solamente se montaba un producto	Reducir la complejidad de la estructura para montar un mínimo de 10, y experimentar con diversos lotes.
Eliminación del desperdicio	Alto	Para mejorar la ejecución del proyecto en el día de la presentación priorizaban eliminar el desperdicio	Introducir la mejora basada en el entrenamiento de cada operario
Reducción del tiempo de cambio	Medio	Solamente se ejecutaba una sola vez, como tiempo de setup	Producir más de 1 producto
Reducción del tiempo de suministro	Alto	El interés de entregar el producto lo más rápidamente posible incitó a centros de trabajo en paralelo	Diferenciar el concepto Lead time, con el Takt time, y implicaciones en la personalización
Formación transversal	Medio	Aprendizaje en grupo obligaba a una formación global y poco especializada	Facilitar un acceso a formación teórica de los conceptos. Para después construir mediante la práctica
Implicación de los empleados	Alto	La ejecución de las tareas se basaba en la práctica de los operarios (estudiante asignado a la estación)	Asignar roles dentro del grupo para enfatizar las mejoras de cada participante
Orden y limpieza	Alto	Claramente aplicado con el fin de minimizar los tiempos	Propuesta del uso de plantillas y de checklist para el mantenimiento de la calidad
Trabajo estandarizado	Alto	Para mejorar la ejecución del proyecto en el día de la presentación priorizaban estandarizar operaciones	Facilitar modelos de plantillas para poder después comparar el nivel de estandarización entre grupos
Control visual	Alto	Uso de plantillas para optimizar el tiempo de ajuste de cada estación. Uso de poka-yokes para evitar malos montajes	Producir más de un producto para establecer kanbans controlados visualmente
Implicación de los proveedores	Alto	La formación de semiconjuntos fue una práctica común en todos los grupos	Marcar las condiciones del contrato con el proveedor

5. Conclusiones

El objetivo de la experiencia de gamificación que se ha presentado ha sido el de ayudar en la adquisición y el manejo de las competencias específicas de un sistema de producción Lean, mediante conjuntos LEGO®.

La experiencia docente ha sido excelente en cuanto a la implicación de los participantes con un resultado satisfactorio en la adquisición de algunos de los conceptos para los cuáles se diseñó la actividad, y pudiendo incluso a llegar a discriminar cuales han sido más fácilmente consolidadas mediante el juego.

Dados los resultados de la experiencia, los puntos para mejorar la actividad se cifran a reducir los conceptos asociados a los sistemas de producción Lean a consolidar, proponer conjuntos más sencillos de montar y especificar mejor las condiciones iniciales del proyecto. En cuanto al sistema de evaluación de la experiencia, una de las principales dificultades ha radicado en la falta de una rúbrica práctica y detallada, lo que ha complicado la evaluación cada uno de los ítems propuestos.

Resumiendo, las propuestas de mejora se centran en simplificar los conjuntos a montar para poder procesar un mayor número de unidades en un tiempo razonable, así como la mejora del sistema de evaluación, basándola de un modo más directo en cada uno de los conceptos a trabajar.

6. Referencias

- BARRAGAN AJ et al (2015) Actas de las XXXVI Jornadas de Automática, CEA-IFAC
- CORTIZO P, et al (2011) Gamificación y docencia: Lo que la universidad tiene que aprender de los videojuegos. En: VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria, UEM
- FERNÁNDEZ I (2015) Juego serio: gamificación y aprendizaje Comunicación y Pedagogía 281-282. Disponible via: <http://www.centrocp.com/juego-serio-gamificacion-aprendizaje/>
- HINES P, et al (2004) Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. International Journal of Operations & Production Management, doi: 10.1108/01443570410558049
- LEAN INSTITUTE (2017) Disponible via: <http://www.lean.org/leanpost/> Consultado el 03/02/2017
- MARTÍ-PARREÑO J, et al (2015) El uso de la gamificación en la educación superior. En: XII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria, UEM
- NETLAND, T (2013) Exploring the phenomenon of company-specific production systems: one best-way or own best-way?. International Journal of Production Research doi:10.1080/00207543.2012.676686
- PETTERSEN, J (2009) Defining lean production: some conceptual and practical issues. The TQM Journal, doi:10.1108/17542730910938137
- PRIETO MARTIN A, et al (2014) Experiencias de aplicación de estrategias de gamificación a entornos de aprendizaje universitario. ReVision, 7(2): 76-92
- VOSS CA (2005) Paradigms of manufacturing strategy re-visited. International Journal of Operations & Production Management, doi: 10.1108/01443570510633620
- WERBACH K, HUNTER D (2015) The Gamification Toolkit: Dynamics, Mechanics, and Components for the Win. Wharton Digital Press
- ZICHERMANN G, LINDER J (2013) The Gamification Revolution: How Leaders Leverage Game Mechanics to Crush the Competition. McGrawHill Professional