

# MEJORA DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE MANUFACTURA ESBELTA UTILIZANDO SYNCHRO GAME EN LA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**FRANKO RAFAEL VILCHEZ MARCOS**

Pontificia Universidad Católica del Perú

franko.vilchez@pucp.pe

Fecha de aceptación: 20-11-2022

## RESUMEN

Los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial, en el curso de Manufactura Esbelta, aprenden a diseñar y gestionar un sistema de producción de tal manera que maximice la generación de valor a través de la aplicación de filosofía, métodos y herramientas. Con el objetivo de que los estudiantes entiendan y practiquen los conocimientos adquiridos en el curso, se ha implementado el uso de Synchro Game, simulación de una línea de ensamblaje de cilindros neumáticos, en la que los alumnos, organizados en equipo, participan, gestionan y toman decisiones para mejorar el desempeño de la celda de manufactura que conforman. Los resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje son destacables: los equipos lograron incrementar la capacidad productiva en 327%, mejoraron el flujo económico del proceso en 465%, y valoran la contribución de las simulaciones con su aprendizaje y desarrollo de competencias a un 96%.

---

**Palabras claves:** Manufactura esbelta, simulación de sistemas, mejora de procesos

## ABSTRACT

Students specializing in Industrial Engineering, taking lean manufacturing, learn to design and manage a production system in such a way that it maximizes value generation through the application of philosophy, methods and tools. In order for students to understand and practice the knowledge acquired in the course, the course uses Synchro Game, a simulation of a pneumatic cylinder assembly line, in which students, organized in teams, participate, manage, and make decisions to improve the performance of the manufacturing cell they comprise. The results in the teaching-learning process have been remarkable: the teams managed to increase production capacity by 327%, improved the economic flow of the process by 465%, and valued the contribution of simulations to their learning and skills development at 96%.

---

**Key words:** Lean manufacturing, system simulation, process improvement



## 1. INTRODUCCIÓN

Las compañías de clase mundial implementan modelos de excelencia operacional para mejorar la gestión de sus procesos, ser eficientes y tener una alta capacidad de respuesta ante los cambios del mercado internacional. Uno de los modelos es la manufactura esbelta, la cual propone un sistema de producción que genera valor de manera efectiva, asegura un elevado nivel de servicio, optimiza los costos, y reduce los tiempos de entrega a través de la aplicación de metodologías de diagnóstico y mejora de procesos. La manufactura esbelta propone una gestión de la producción que genere más con menos: menos recursos, menos tiempos y menos esfuerzos, y sin afectar la entrega de valor al cliente (Villaseñor, 2007). Además, se fundamenta en el sistema de producción de Toyota, modelo de gestión cuyo objetivo principal es el de generar valor a los accionistas de las organizaciones a través de la optimización del ciclo económico total de la compañía. Es un modelo de producción que revela su fuerza como un sistema de dirección adaptado a la era actual de mercados globales (Ohno, 2017). Ambos se rigen por principios de excelencia operacional, y despliegan sistemas, métodos y herramientas de mejora continua. En la Pontificia Universidad Católica del Perú, universidad privada peruana, en la Facultad

de Ciencias de Ingeniería, los alumnos de la especialidad de Ingeniería Industrial pueden optar por elegir el curso de Manufactura Esbelta (IND379) como uno de los electivos de su plan de estudios. En este curso teórico-práctico, se estudian los principales conceptos y herramientas de manufactura esbelta bajo una visión holística de la gestión de la producción. Contribuye a desarrollar las competencias de resolución de problemas, diseño, comunicación eficaz, trabajo en equipo, experimentación, aprendizaje permanente y nuevas tecnologías. En línea con ello, se incorporó el uso de Synchro Game al contenido del curso con el fin de fortalecer el entendimiento de los flujos de información y de materiales presentes en los procesos productivos, y de generar nuevos espacios donde los estudiantes practiquen y desarrollen más sus competencias.

Synchro Game es un juego de negocios que utiliza un sistema de producción modelo para presentar a los participantes los principios de manufactura esbelta y ayudarlos a comprender cómo pueden generar ganancias en eficiencia y producción (Festo, s.f.). En él, se simula una línea de producción en la que los equipos participan, gestionan y toman decisiones para mejorar el desempeño del proceso asignado con el fin de maximizar la generación de valor. En esta simulación, los estudiantes se organizan en dos celdas de manufactura y asumen hasta once roles diferentes. Los equipos experimentan ciclos de mejoramiento continuo en cada iteración y entre ellas. En ese sentido, la incorporación de Synchro Game responde a la necesidad de fortalecer los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial sobre manufactura esbelta. En un contexto empresarial globalizado y de constante dinamismo, es indispensable que los futuros profesionales que liderarán procesos y gestiones industriales comprendan y sean capaces de aplicar conceptos, métodos y herramientas que aseguren la competitividad de sus compañías.

## 2. OBJETIVO DE APRENDIZAJE

El objetivo principal de aprendizaje es dar a los alumnos los conocimientos teóricos y prácticos de la filosofía de manufactura esbelta, de tal manera que puedan entenderlos y aplicarlos a cualquier organización o gestión industrial, y, además, contribuir con el desarrollo de las competencias previamente mencionadas. En ese sentido, Synchro Game propone una situación problemática a las celdas de manufactura formadas por los equipos estudiantiles: atender una demanda insatisfecha maximizando la liquidez económica del proceso. Los equipos disponen de cinco iteraciones para diseñar, analizar y mejorar sus estaciones de trabajo, de tal manera que se incremente la efectividad global de sus operaciones y generen la mayor utilidad posible. Entre una y otra iteración, los estudiantes resuelven problemas, identifican causas básicas, definen estrategias y experimentan de forma colaborativa. El éxito del equipo depende del esfuerzo conjunto y coordinado de cada rol, de cada miembro de la celda de manufactura.

## 3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

El sistema simulado es una línea de ensamblaje de cilindros neumáticos con cuatro variedades. Cada una de ellas tiene una lista de materiales predeterminada, pero sus demandas asociadas, en cuanto a cantidad y momento de solicitud, son desconocidas para el equipo que forma la celda de manufactura. A continuación, se listan las principales consideraciones del proceso:

- Finanzas: Cada cilindro tiene un valor de venta de 16 UM. Cada parte suministrada tiene un costo de 1 UM. Los equipos deben cuidar de pedir solo lo indispensable.
- Demanda: El tiempo de aprovisionamiento esperado es de un minuto por orden solicitada. Existen diversos programas de producción para simular las demandas.

- Control del proceso: Existen dos puntos de chequeo en el proceso: después del primer ensamble y después del segundo. Se debe recopilar y analizar información.
- Flujo de información: El flujo de materiales debe estar acompañado de un flujo de información. Se utilizan formatos de orden de producción, orden de retrabajo, informe de calidad, nota de entrega, solicitud de piezas y devoluciones.

Ahora bien, cada iteración de la simulación genera retos diferentes o adicionales a los estudiantes con el fin de fomentar dinámicas de resolución de problemas y trabajo en equipo. La primera iteración o corrida sirve como línea base; los equipos se concentran en el aprendizaje sobre los flujos de materiales, cómo fluyen los documentos e información, y detectan las estaciones de trabajo que tienen capacidad restrictiva y los problemas iniciales (ver figura 1 en Anexos). En la segunda corrida, los equipos se enfocan en incrementar la capacidad productiva de manera empírica, dado que suelen no contar con información respecto a disponibilidad, rendimiento y calidad de sus estaciones de trabajo. Asimismo, los equipos asumen el reto de cambiar de roles; los estudiantes que desempeñaban cierto rol deben migrar a otro distinto. En este momento, la prioridad es implementar gestión visual, estandarización y otros elementos de la manufactura esbelta para generar estabilidad operacional, y favorecer las curvas de aprendizaje de los miembros de la celda de manufactura.

Después, en la tercera iteración, los equipos aprenden y aplican métodos para balancear la línea y mejorar la distribución de las estaciones de trabajo (ver figura 2 en Anexos). La celda de manufactura debe favorecer el flujo continuo y la minimización de los inventarios de producto en proceso. Los equipos revisan e interpretan sus resultados económicos, los que evidencian los impactos de tener una cadena productiva con mayor capacidad productiva, pero con interrupciones, esperas

e inventarios.

En la cuarta iteración, el laboratorio se torna más ruidoso y los equipos se enfocan en mejorar los flujos de información entre las estaciones de trabajo. En los parlantes del ambiente, se reproducen sonidos de máquinas, engranajes, materiales que chocan y afines, los mismos que estarían presentes en un contexto industrial real. Las celdas de manufactura comienzan a probar herramientas digitales para automatizar los flujos de comunicación, de tal manera que sean más ágiles ante los cambios de la demanda.

Y, finalmente, en la quinta iteración, los equipos afrontan el programa de producción más exigente, el de mayor variedad. Los equipos ejecutan todas sus herramientas de gestión diseñadas, aprovechan las mejoras de procesos implementadas, y prueban, una vez más, la efectividad de su sistema de información más veloz y oportuno (ver figura 3 en Anexos). La sesión termina con la presentación de los resultados y el repaso de las lecciones aprendidas.

#### **4. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

Cada iteración es un reto diferente y cada vez más complejo para los estudiantes que se organizan en las celdas de manufactura. Ello les permite practicar los conocimientos teóricos adquiridos y valorar sus decisiones. La mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de manufactura esbelta utilizando Synchro Game se sustenta en los resultados del desempeño del proceso simulación y en las conclusiones de la encuesta de satisfacción de los estudiantes.

En el primer caso, después de cinco iteraciones, los equipos lograron un incremento de la capacidad productiva de 327%, de 1.16 a 4.95 piezas por minuto, en comparación con la oferta de capacidad de la línea base (ver figuras 4 y 5 en Anexos). Además, la generación de valor, explicada por la velocidad a la que se genera utilidad, aumentó en 465%, de 7.0

a 39.4 UM por minuto, en comparación con la situación inicial (ver figuras 4 y 5 en Anexos).

Por otro lado, de acuerdo con los resultados de la encuesta de satisfacción aplicada a las dinámicas de Synchro Game, los estudiantes consideran que las sesiones contribuyeron con su aprendizaje con una significancia de 96% (ver figura 6 en Anexos) y reportan un índice de satisfacción, también, de 96% (ver figura 7 en Anexos). Asimismo, explícitamente, valoran la oportunidad de poner en práctica lo aprendido, la participación en la mejora del proceso, el formar parte de un proceso productivo real, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, entre otros.

En conclusión, el uso de un sistema productivo simulado como complemento para las sesiones teóricas del curso de Manufactura Esbelta ha contribuido de manera significativa con el proceso de aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de sus habilidades. Además de ser un espacio seguro en donde pueden validar los conocimientos adquiridos a través de la toma de decisiones, el curso fomenta el trabajo en equipo para resolver problemas, y mejorar procesos con restricciones afines a la realidad y en contextos adversos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Festo. (s.f.). Synchro Game - an introduction to lean production and value stream mapping. Festo Didactic. <https://www.festo-didactic.com/>

Ohno, T. (2017). El Sistema de Producción Toyota: Más allá de la Producción a Gran Escala. Productivity Press.

Villaseñor, A. (2007). Manual Lean Manufacturing. Guía básica. Grupo Noriega Editores.

## ANEXOS



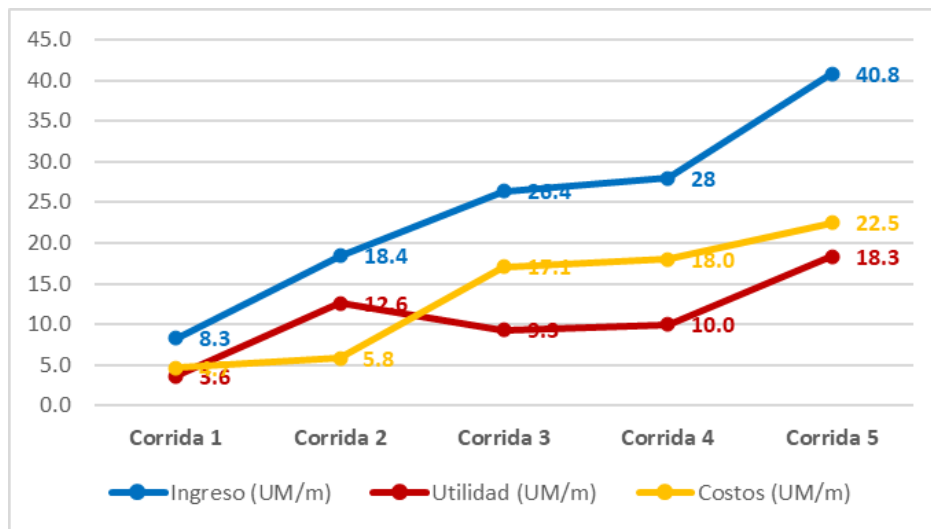
**Figura 1.** Primera iteración de Synchro Game



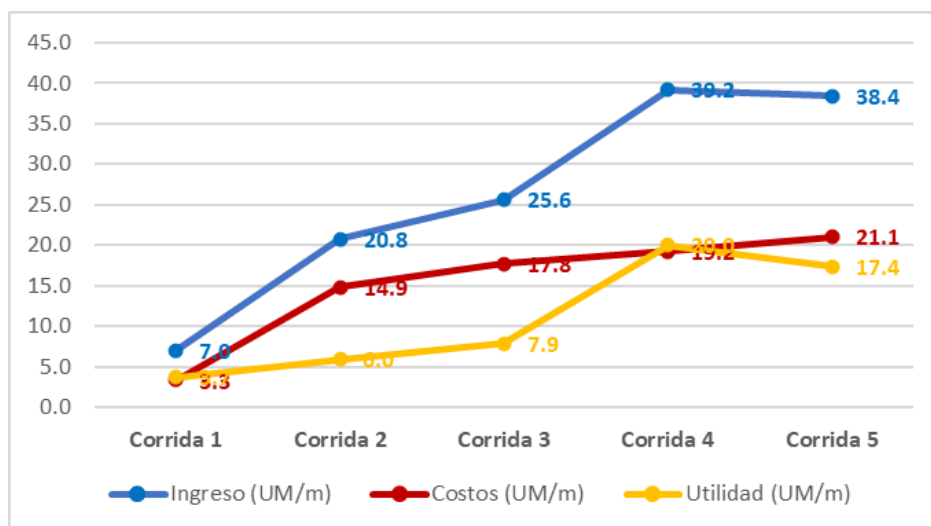
**Figura 2.** Redistribución de estaciones de trabajo



**Figura 3.** Iteración final con mejora de procesos



**Figura 4.** Evolución del desempeño de la primera celda de manufactura

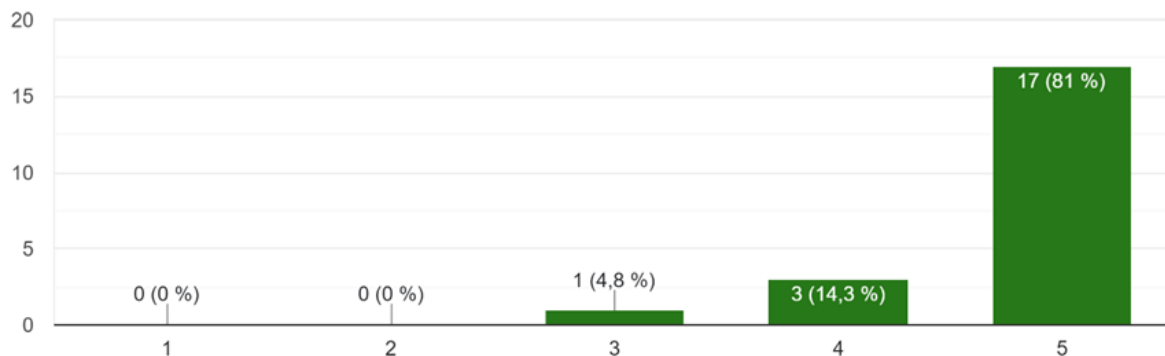


**Figura 5.** Evolución del desempeño de la segunda celda de manufactura



¿En qué medida las sesiones del laboratorio crees que contribuyen con tu aprendizaje?

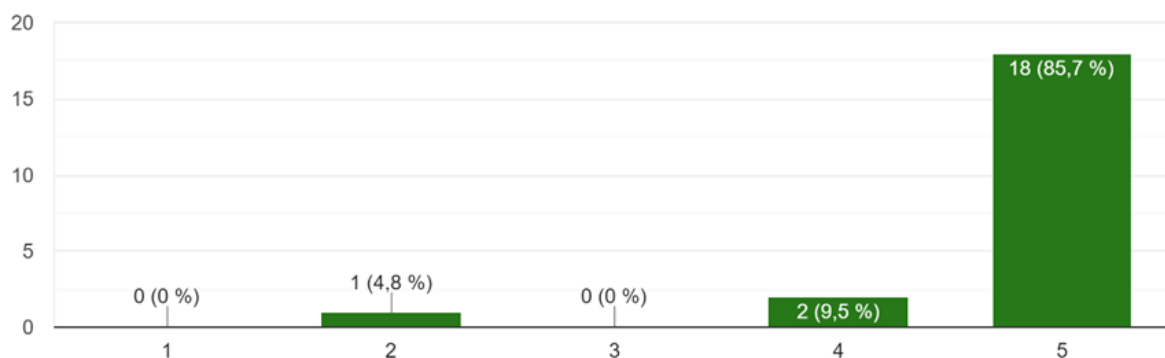
21 respuestas



**Figura 6.** Significancia de las dinámicas Synchro Game en el proceso de aprendizaje

¿Cuál es tu nivel de satisfacción general con las sesiones en el laboratorio?

21 respuestas



**Figura 7.** Nivel de satisfacción general con las dinámicas Synchro Game