



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

EXPERIENCIA EN LA ELABORACIÓN E
IMPLEMENTACIÓN DE UNA GUÍA DE
USUARIO DEL SOFTWARE FLEXSIM PARA
DESARROLLAR COMPETENCIAS EN
SIMULACIÓN INDUSTRIAL EN EL CURSO
DE LEAN MANUFACTURING EN SENATI
CHICLAYO, 2024

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
DOCENCIA PROFESIONAL TECNOLÓGICA

LUCY ROSARIO CASTRO BELLO
JOSE LUIS VILLEGAS GUANILO

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mg. Alejandro Charre Montoya

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DRA. MARIELLA MARGOT QUIPAS BELLIZZA

PRESIDENTE

DRA. LIDIA SERRANO MIRANDA DE AGUILAR

VOCAL

MG. LISSY CANAL ENRIQUEZ

SECRETARIA

DEDICATORIA.

A Dios por ser mi guía constante y enseñarme a afrontar los retos de la vida. A mi Paquito, cuya ausencia física duele, pero sé que disfrutas del logro familiar.

AGRADECIMIENTOS.

Al SENATI por la oportunidad, a mi asesor Mg. Alejandro Charre Montoya, cuya paciencia y dedicación hicieron posible la realización de esta investigación. A José Villegas, mi compañero de tesis por su apoyo y compartir sus conocimientos.

DEDICATORIA.

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino.
A mi esposa y familia, por su amor incondicional, paciencia y apoyo
constante.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a todas aquellas personas que, de una
u otra forma, contribuyeron para que este trabajo
se hiciera realidad.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	CASTRO BELLO LUCY ROSARIO
2.	VILLEGAS GUANILO JOSE LUIS

Pertencientes al programa de la **MAESTRÍA EN DOCENCIA PROFESIONAL TECNOLÓGICA**, autores del trabajo titulado: **EXPERIENCIA EN LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GUÍA DE USUARIO DEL SOFTWARE FLEXSIM PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS EN SIMULACIÓN INDUSTRIAL EN EL CURSO DE LEAN MANUFACTURING EN SENATI CHICLAYO, 2024**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN DOCENCIA PROFESIONAL TECNOLÓGICA** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

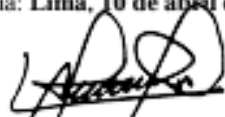
En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	CHARRE MONTOYA ALEJANDRO	FAEDU	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **6%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2928017999**; fecha de entrega: **10-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 10 de abril de 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 09228530
ORCID: 0009-0009-5177-8641

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

I.	INTRODUCCION	1
1.1.	Marco contextual del estudio	1
1.2.	Antecedentes	2
1.2.1.	Antecedentes nacionales	2
1.2.2.	Antecedentes internacionales	4
1.3.	Marco teórico, definiciones conceptuales	8
1.3.1.	Guía de usuario	8
1.3.2.	Simulación industrial	12
1.3.3.	Curso Lean Manufacturing	19
1.4.	Planteamiento del problema	25
1.5.	Justificación del estudio	27
1.6.	Pregunta de investigación	28
II.	OBJETIVOS	28
2.1.	Objetivo general	28
2.2.	Objetivos específicos	28
III.	DESARROLLO DEL ESTUDIO	29
3.1.	Método, Técnicas e instrumentos de análisis de la experiencia	29
3.2.	Descripción de la experiencia	30
3.2.1.	Situación inicial que genera la experiencia	31
3.2.2.	Diseño y elaboración de la guía de usuario:	36
3.2.3.	Aplicación de la guía de usuario:	41
3.2.4.	Resultados de la experiencia	43
3.3.	Aspectos de facilitaron o dificultaron llevar a cabo la experiencia	44
3.4.	Lecciones aprendidas y aportes de la experiencia	46
IV.	CONCLUSIONES	48
V.	RECOMENDACIONES	49
VI.	Referencias Bibliográficas	51
	ANEXOS	53
	Presentación de las Guías de Usuario	54
	Anexo 01: Guía de usuario 01	55
	Anexo 02: Guía de usuario 02	64

Anexo 03: Guía de usuario 03	74
Anexo 04: Guía de usuario 04	83

TABLA DE IMÁGENES

Figura 01	
Estructura Curricular del Curso Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing	22
Figura 02	
Contenidos Curriculares del curso Manufactura Esbelta.	23
Figura 03	
Línea de tiempo para la elaboración de la Guía de Usuario.	38
Figura 04	
Guía de Usuario.	38

RESUMEN

El estudio expone la experiencia de elaboración e implementación de una Guía de Usuario en FlexSim en el curso de Lean Manufacturing en SENATI-Chiclayo (2024), surgida a partir de la brecha formativa identificada en los estudiantes, quienes carecían de conocimientos previos en simulación industrial, lo que limitaba su participación activa en clase. El propósito fue fortalecer sus competencias en el uso de FlexSim y en la aplicación práctica de la manufactura esbelta.

La guía fue diseñada en módulos basados en la taxonomía de Bloom y en casos prácticos de procesos productivos; en el aula se aplicó como recurso principal para orientar la construcción de modelos de simulación. Su claridad y secuencia organizada favorecieron el aprendizaje autónomo, la participación activa y el trabajo colaborativo, logrando que los alumnos superaran las dificultades iniciales con el software, ganaran confianza y aplicaran principios de Lean Manufacturing en sus simulaciones. Un resultado destacado fue el tercer lugar alcanzado en el Concurso Nacional de FlexSim (2024), lo que confirmó su efectividad como herramienta formativa.

La experiencia confirma que la elaboración de materiales didácticos estructurados y accesibles potencia el aprendizaje autónomo, fortalece las competencias digitales y ofrece un modelo replicable en otros cursos y sedes de SENATI.

PALABRAS CLAVE

FlexSim, Simulación industrial, Lean Manufacturing, Guía de Usuario, Aprendizaje autónomo.

ABSTRACT

This study presents the experience of developing and implementing a User Guide in FlexSim in the Lean Manufacturing course at SENATI–Chiclayo (2024). This study arose from the training gap identified among students, who lacked prior knowledge of industrial simulation, which limited their active participation in class. The purpose was to strengthen their skills in the use of FlexSim and in the practical application of lean manufacturing.

The guide was designed in modules based on Bloom's Taxonomy and practical case studies of production processes; in the classroom, it was used as the primary resource to guide the construction of simulation models. Its clarity and organized sequence fostered independent learning, active participation, and collaborative work, enabling students to overcome initial difficulties with the software, gain confidence, and apply Lean Manufacturing principles in their simulations. A notable result was the third place achieved in the National FlexSim Competition (2024), confirming its effectiveness as a training tool.

Experience confirms that developing structured and accessible teaching materials enhances independent learning, strengthens digital skills, and offers a replicable model in other SENATI courses and locations.

KEYWORDS

FlexSim, Industrial Simulation, Lean Manufacturing, User Guide, Self-Learning.

I. INTRODUCCION

1.1.Marco contextual del estudio

En la actualidad, la formación profesional tecnológica enfrenta grandes retos debido a los cambios que trae la llamada cuarta revolución industrial (Industria 4.0). Las empresas demandan cada vez más profesionales capaces de manejar herramientas digitales como el simulador FlexSim que facilitan la representación virtual de sistemas industriales sofisticados que ayudan a tomar decisiones estratégicas en un entorno digital, sin afectar el sistema de producción real.

En nuestro país, SENATI ha logrado consolidarse como una de las mejores instituciones académicas, caracterizada por su enfoque práctico y basado en competencias. Al respecto, en la sede de Chiclayo, particularmente en la carrera de Administración Industrial, los estudiantes se forman para gestionar procesos y aplicar metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing. Sin embargo, se identificó una brecha importante: muchos alumnos llegaban a cursos como Lean Manufacturing o Administración de Operaciones sin conocimientos previos en simulación industrial, lo que limitaba su participación activa y la comprensión de los modelos presentados en clase.

Frente a esta necesidad, surge la iniciativa de elaborar e implementar una Guía de Usuario en FlexSim, diseñada especialmente para los estudiantes del quinto semestre, como recurso didáctico sencillo y práctico, que permita a los jóvenes acercarse a la simulación de procesos de manera progresiva y autónoma. Además, servir de puente que conecte la teoría de Lean Manufacturing con la práctica, ayudando a los estudiantes a visualizar, analizar y proponer mejoras en procesos

productivos reales. Este estudio se enmarca, por tanto, en un contexto educativo y tecnológico donde la integración de la simulación industrial no solo fortalece la formación académica, también prepara a los futuros profesionales para enfrentar los retos de la industria moderna, aportando soluciones innovadoras y competitivas a nivel regional y nacional.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Carranza (2023), en su tesis de maestría *“Mejora y optimización de procesos mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en una línea de confección de una empresa textil”*, Pontificia Universidad Católica del Perú. Su propósito principal fue optimizar la línea productiva de prendas de vestir, usando herramientas del Lean Manufacturing. Se determinó el área de costura como objeto de estudio, dada su relevancia dentro del proceso productivo, permitiendo identificar la causa de los problemas existentes, aplicando metodologías como el balanceo de líneas de producción, la metodología 5s y la redistribución de planta, de acuerdo a los hallazgos se identificaron puntos críticos dentro del proceso de costura y también oportunidades de mejora, en la etapa final se evaluaron métricas financieras como Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), el estudio concluye la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, contribuye significativamente a la optimización de procesos en el área de costura. Se recomendó replicar esta metodología en otras áreas de la empresa, para fomentar la mejora continua. Entre las limitaciones identificadas se tuvo que el estudio se

centró exclusivamente en el área de costura, por lo que no se evaluó el impacto de las herramientas Lean en otras fases de la producción.

Flores et al. (2023) en su artículo titulado *“Recursos académicos virtuales y el aprendizaje e-learning en estudiantes de postgrado de Lima, 2023”*, investigaron la influencia de los recursos digitales en el proceso de aprendizaje de estudiantes de posgrado en Lima. Utilizaron un enfoque cuantitativo con diseño correlacional, aplicando encuestas a estudiantes de diversas universidades. Los resultados indicaron un beneficio aceptable entre recursos virtuales y rendimiento académico en entornos e-learning. Se concluyó que la implementación adecuada de recursos virtuales mejora el aprendizaje en línea, recomendando su integración en programas de posgrado. El aporte del estudio es proporcionar evidencia sobre la eficacia de los recursos virtuales en el aprendizaje a distancia, aunque su limitación es que no se centró en una herramienta específica como FlexSim.

Trujillo et al. (2023), en su artículo titulado *“Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental”*, tuvieron el propósito de evidenciar la eficacia del uso de los simuladores virtuales del aprendizaje de Física elemental, así como el fortalecimiento de la competencia de indagación en la construcción del conocimiento, en estudiantes correspondientes al quinto año de educación secundaria, según su metodología realizaron un estudio cuasi experimental con enfoque cuantitativo, aplicaron simuladores digitales para incrementar las competencias investigativas mejorando el aprendizaje de física elemental. Los resultados evidenciaron un efecto significativo en el aprendizaje del

curso, con un valor U de 73,000 ($p = 0.000$) para el grupo experimental. Se concluyó que, los programas de simulación mejoran significativamente el aprendizaje en física, recomendando su integración en el currículo escolar. El aporte del estudio sostiene la efectividad del aprendizaje con la intervención de simuladores virtuales, aunque su limitación es que se centró en un solo tema de física y un grupo específico de estudiantes.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Krynke (2023), en su artículo titulado “*Optimización de la cadena de suministro en una fundición mediante simulación por ordenador utilizando Flexsim – Un estudio de caso*”, tuvo como objetivo principal minimizar los costos asociados a la producción, transporte y almacenamiento de elementos de aleación esenciales para la producción de fundición de hierro. La metodología consistió en el uso de simulación computacional mediante el software FlexSim para modelar el sistema logístico de la empresa, analizar escenarios operativos y proponer mejoras, entre los principales hallazgos, se destaca que la simulación computacional facilitó la identificación de problemas y la evaluación de soluciones bajo distintos escenarios. Se concluyó que la visualización en tiempo real mejora la comprensión de los procesos productivos, recomendando su aplicación en entornos industriales similares. Como aporte, el estudio valida el uso de FlexSim como herramienta estratégica; sin embargo, se limita a un solo caso específico.

Lewicki et al. (2024), en su artículo titulado “*Desarrollo de un modelo de simulación para mejorar el funcionamiento de los procesos productivos utilizando*

la herramienta FlexSim”, el objetivo fue analizar el sistema productivo existente, identificar cuellos de botella mediante modelado orientado a objetos, y la de crear un modelo de simulación para evaluar y rediseñar procesos, el estudio se basó en la metodología de simulación computacional utilizando FlexSim 2023 en un entorno 3D, orientado a modelar y optimizar procesos reales en una planta de producción. Como principales hallazgos se tiene que se logró aumentar la producción de aproximadamente 80 a 90 unidades, además de mejorar el uso de recursos humanos y detectar áreas críticas que generaban pérdidas de tiempo y económicas, como principales conclusiones indicaron que la simulación con FlexSim constituye una herramienta eficaz para eliminar cuellos de botella y mejorar el desempeño del sistema, recomendando su aplicación en otros entornos industriales como parte de las estrategias de la Industria 4.0. El principal aporte de la investigación radica en demostrar la utilidad de la simulación para la toma de decisiones operativas y estratégicas; sin embargo, su alcance está limitado a un caso práctico específico

Flores (2021), en su tesis de maestría *“Optimización de los indicadores de productividad de los procesos de manufactura de una empresa láctea mediante la simulación con Flexsim integrando la filosofía Lean Manufacturing”* de la Universidad Técnica de Ambato, planteó como objetivo la simulación de procesos productivos con la filosofía Lean Manufacturing en empresa con productos muy solicitados en el mercado como el yogurt y queso mozzarella. Para llevar a cabo dicha simulación, fue necesario disponer de información como la cantidad de personal, tiempos de proceso, equipos, maquinarias de las líneas de producción y lotes (cantidad de productos) usados en el programa FlexSim, con la finalidad de

medir y analizar el desempeño de productividad final. Los principales resultados evidencian mejoras en ambos productos. Por un lado, el yogurt tuvo una reducción del 9,68% en el tiempo de ciclo y del 10,27% en el incremento de la productividad; en tanto la línea de elaboración del queso mozzarella se logró reducir un 6,58% en el tiempo de ciclo y en la productividad el 6,79 % de incremento. Por lo que la conclusión del estudio muestra que, la aplicación del simulador de procesos tiene un impacto positivo antes de la implementación real. El principal aporte del estudio radica en demostrar que la integración de la simulación con FlexSim y las herramientas de Lean Manufacturing permite mejorar significativamente los indicadores de productividad antes de la implementación real de cambios en planta, la principal limitación fue que el estudio se centró solo en dos productos de una empresa específica, lo que limita los resultados en otros escenarios industriales.

Villanueva et al. (2021), en su artículo titulado *“Diseño de un sistema de surtimiento de materiales bajo principios esbeltos y de manufactura 4.0 usando simulación de eventos discretos”*, se plantearon como objetivo analizar un sistema de suministro de materiales basado en la teoría de la manufactura esbelta, con el objetivo de reducir el esfuerzo laboral en proceso por falta de materiales. Para ello, como parte de la metodología se realizó una simulación de un proceso real con la implementación de tecnologías actualizadas utilizando software FlexSim y poder observar su funcionamiento dentro de una empresa. Los principales resultados indican que la implementación de estas herramientas, contribuyeron a reducir los niveles de inventarios en proceso, evitar retrasos en las líneas de producción y el abastecimiento como respuesta inmediata al requerimiento de un área productiva,

concluyeron que la estrategia de surtimiento justo en el momento, apoyada por la simulación, permite una respuesta rápida a situaciones de desabasto, recomendando su implementación en entornos industriales similares. El estudio aporta evidencia del valor de integrar simulación con manufactura esbelta e Industria 4.0; sin embargo, sus resultados están limitados a un caso específico dentro de una empresa determinada.

Cortés et al. (2024), en su artículo titulado *“El Uso de Herramientas de Simulación para la Enseñanza de Asignaturas Teóricas en Educación Superior”*, en donde evaluaron el impacto que tuvo el uso de entornos de simulación, como ayuda didáctica para mejorar la enseñanza de cursos virtuales para incrementar el aprendizaje en cursos teóricos de nivel superior. Bajo esa metodología, se aplicó una encuesta a 300 estudiantes del Programa de Tecnología de Electricidad Industrial en Bucaramanga. Los principales hallazgos revelan que en el 85% hubo una mejora significativa del aprendizaje y la comprensión, mientras que el 60% indican que la simulación les permitió experimentar la visualización de fenómenos eléctricos, sin riesgo alguno. Se concluyó que implementar simuladores puede mejorar el aprendizaje en dichas áreas, recomendándose el desarrollo de un modelo didáctico innovador. El aporte del estudio radica en proponer una línea concreta de acción pedagógica basada en evidencia, aunque su limitación es que los hallazgos se restringen a un solo programa académico y aún no incluyen la implementación del modelo sugerido.

1.3.Marco teórico, definiciones conceptuales

1.3.1. Guía de usuario

a. Definición.

Una guía de usuario es una herramienta pensada para ayudar a las personas a aprovechar al máximo un sistema o software. Actúa como un puente entre el usuario y la tecnología, con los comunicadores técnicos facilitando esa conexión. Su objetivo principal es orientar al lector de manera clara y prevenir errores, adaptándose a sus necesidades y conocimientos (Byrne, 2004).

Su objetivo principal es orientar y facilitar el uso del producto, anticipándose a posibles dificultades del usuario para evitar errores. Una buena guía debe cumplir con varias funciones:

- Tutoriales para quienes recién empiezan, con pasos simples y claros.
- Demostraciones para usuarios con experiencia, mostrando procesos completos.
- Referencias rápidas para quienes ya saben lo que buscan.
- Motivación, porque muchos usuarios no quieren leer guías. Por eso, es importante explicar por qué vale la pena leerla y usar un lenguaje cercano y amigable.

b. Enfoque:

De acuerdo con Vargas et al. (2021), las guías se elaboran bajo un enfoque centrado en el usuario, considerando sus necesidades, contexto, nivel técnico y motivaciones. Su propósito no solo es explicar el "cómo", sino facilitar el entendimiento y evitar errores. Una guía bien elaborada tiene:

- Tiene estructura orientada a tareas que refleja flujos de trabajo reales del usuario.
- Aplica divulgación progresiva, desde conceptos básicos hacia acciones más avanzadas.
- Combina texto, imágenes y elementos interactivos para mejorar la comprensión

c. Modelos de guías de usuario:

Perurena y Moráquez (2013), ha sistematizado diferentes tipos de ayudas y guías de usuario dentro del campo de la usabilidad y diseño centrado en el usuario. Es así que, las guías de usuario pueden adoptar diversos modelos según el perfil del usuario, el nivel de experiencia y el propósito del software. Entre los modelos más comunes tenemos:

- **Tutorial paso a paso**, diseñado especialmente para principiantes. Este tipo de guía presenta instrucciones secuenciales acompañadas de imágenes, ejemplos y explicaciones claras que permiten al usuario familiarizarse con el entorno del software desde cero.
- **Manual de referencia** está orientado a usuarios con mayor experiencia, ya que contiene definiciones técnicas, comandos específicos y funciones avanzadas que permiten consultar rápidamente aspectos puntuales del sistema.
- **Guías interactivas**, que incorporan simulaciones, videos o elementos multimedia para guiar al usuario en tiempo real, favoreciendo el aprendizaje

activo y la exploración autónoma. Finalmente, en contextos educativos como el de SENATI Chiclayo.

- **Guías didácticas**, las cuales integran objetivos de aprendizaje, actividades prácticas, criterios de evaluación y bibliografía complementaria. Este modelo permite que la guía no solo sea un instrumento técnico, sino también pedagógico, alineado con los principios del aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias profesionales en simulación industrial

d. Uso de las guías de usuario:

De acuerdo con Saucedo et al. (2023), sostienen que la capacitación contribuye el desarrollo profesional de las personas, asimismo soluciona dificultades con el desempeño, eficiencia y eficacia dentro de las organizaciones como:

- Capacitación técnica en software especializado.
- Soporte en procesos de inducción laboral.
- Desarrollo de competencias digitales en educación superior.
- Facilitación del aprendizaje autónomo en entornos virtuales.
- Estandarización de procesos operativos en simulación industrial.

Para que una guía de usuario sea útil y de alta calidad, se recomienda separar claramente las instrucciones de las explicaciones, usando paréntesis o cursivas para no confundir al lector; en resumen, una buena guía no solo debe ser fácil de leer, sino también fácil de usar, ayudando efectivamente al usuario a realizar sus tareas con el producto. Para ello debe cumplir con varios aspectos importantes como son:

- **Disponibilidad:** La guía debe existir y estar al alcance de los usuarios.

- Adecuación: Debe adaptarse a diferentes tipos de usuarios, según sus necesidades.
- Accesibilidad: La información clave debe estar reunida en un solo lugar, sin hacer que el usuario navegue demasiado.
- Legibilidad: El lenguaje debe ser claro y fácil de entender.
- Apariencia: Un diseño simple, mejora la comprensión.
- Tipografía y formato: Las letras deben ser legibles y uniformes.
- Presentación: Imágenes, capturas, gráficos y tablas deben estar cerca del texto que explican para ayudar a entender.
- Estructura: Es ideal empezar con una visión general y luego profundizar por módulos independientes.
- Lenguaje: Lo más importante es que sea simple, claro y conversacional.

e. Estructura didáctica:

Por todo lo indicado, una guía de usuario con enfoque educativo debe estructurarse de forma clara, progresiva y motivadora. De acuerdo con Díaz-Granados et al. (2024), se recomienda incluir los siguientes elementos:

- Presentación de la asignatura: Contextualización del curso y relevancia del software.
- Objetivos de aprendizaje: Competencias específicas que se desarrollarán.
- Materiales necesarios: Software, recursos digitales, manuales complementarios.
- Orientaciones para el estudio: Recomendaciones metodológicas y estrategias de uso.

- Actividades prácticas: Ejercicios de simulación, análisis de casos, resolución de problemas.
- Evaluación: Criterios, rúbricas y mecanismos de retroalimentación.
- Bibliografía y recursos: Fuentes de consulta y enlaces útiles.
- Glosario técnico: Definiciones clave para facilitar la comprensión.

Este tipo de estructura permite que la guía no solo sea un instrumento técnico, sino también pedagógico, alineado con los principios del aprendizaje activo y el desarrollo de competencias profesionales.

1.3.2. Simulación industrial.

a. Definición:

La simulación industrial consiste en crear un modelo digital de un sistema real o que se está planificando —como una fábrica, un almacén o un proceso logístico— con la finalidad de probarlo y analizar cómo funciona, así como para evaluar diferentes formas de mejorarlo o tomar mejores decisiones operativas (Banks et al., 2010).

De acuerdo con Ferreira et al. (2020), la simulación es una tecnología clave para desarrollar modelos de planificación y exploración que optimicen estrategias, así como el diseño y la operación de sistemas de producción complejos e inteligentes; dicho de otra manera, la simulación industrial es una técnica de modelado computacional que permite crear una representación virtual de procesos productivos, logísticos o de servicios, con el fin de analizarlos, probar alternativas de mejora y optimizar el rendimiento sin alterar el sistema real.

b. Competencias:

Una competencia en simulación industrial consiste en la capacidad que desarrollan los estudiantes para analizar, modelar y simular sistemas reales de producción y servicios. Esta habilidad se adquiere mediante un enfoque de aprendizaje por competencias, donde se trabaja con situaciones reales usando herramientas tecnológicas especializadas. Durante este proceso, los estudiantes:

- Aprenden con estrategias didácticas prácticas que integran el uso de software.
- Resuelven proyectos aplicados que les permiten simular procesos.
- Se enfocan en analizar y modelar sistemas para identificar oportunidades de mejora.
- Desarrollan habilidades técnicas para utilizar software de simulación en la toma de decisiones.
- Aprenden a simular tanto procesos de manufactura como de servicios, buscando mejoras concretas y su posible implementación.

El dominio de esta competencia se ve reflejado al final del curso, cuando el estudiante es capaz de:

- Definir todos los componentes de un sistema: locaciones, entidades, llegadas, procesos y recursos.
- Realizar análisis estadísticos.
- Ejecutar simulaciones y evaluar resultados con base en estadísticas generadas.

El propósito principal es que los estudiantes estén preparados para proponer mejoras efectivas en los sistemas que estudian, e incluso contribuir a su implementación en entornos reales. La simulación es una herramienta valiosa porque permite probar cambios sin intervenir el sistema real, ajustando recursos, ubicaciones y tiempos, y visualizando los resultados de forma segura y precisa (García et al., 2015).

c. Tipos de Simulación Industrial

García et al. (2015), sostienen que la simulación industrial permite representar digitalmente un sistema productivo para estudiar su comportamiento bajo diferentes condiciones sin modificar el sistema real. Esto es fundamental en entornos donde el ensayo y error directo resulta costoso o riesgoso. Existen tipos de Simulación:

- **Simulación de eventos discretos:** Modelo basado en eventos que modifican el estado del sistema en momentos específicos. Es el tipo más usado en manufactura. (Ejemplo: FlexSim)
- **Simulación continua:** Representa procesos con cambios constantes en el tiempo, como el flujo de líquidos o temperatura.
- **Simulación híbrida:** Combina elementos discretos y continuos para modelar sistemas complejos e interrelacionados.

d. Principios teóricos de la simulación industrial:

La simulación se sustenta en principios teóricos sólidos que permiten modelar, analizar y predecir el comportamiento de sistemas reales o hipotéticos. Entre los fundamentos más importantes se encuentran la teoría de sistemas, que concibe los procesos industriales como conjuntos interrelacionados; el

modelamiento matemático, que traduce el comportamiento del sistema en expresiones cuantificables; y el análisis estadístico, indispensable para interpretar resultados, estimar incertidumbres y validar comportamientos simulados.

Por otro lado, el proceso de simulación sigue una serie de etapas esenciales, comenzando con la observación del sistema real, que permite comprender su funcionamiento actual. A partir de esa observación, se construye un modelo lógico que representa digitalmente los procesos o fenómenos estudiados. Posteriormente, el modelo debe someterse a verificación y validación para asegurar que reproduce adecuadamente la realidad. Una vez validado, se procede a la experimentación con distintas variables, lo cual permite explorar escenarios y evaluar posibles mejoras o ajustes en el sistema.

e. Ventajas y desventajas:

La simulación encuentra su capacidad de analizar sin intervenir directamente en el sistema real, lo que representa un ahorro significativo en costos y tiempo de implementación. Además, facilita la identificación de cuellos de botella, desperdicios y otras ineficiencias, mejorando así la toma de decisiones estratégicas y operativas. No obstante, también presenta algunas desventajas, como la necesidad de contar con conocimientos técnicos especializados. Asimismo, el desarrollo de modelos complejos puede resultar demandante en términos de tiempo, y la calidad de los resultados obtenidos dependerá directamente de la precisión de los datos utilizados.

f. Elementos del proceso productivo:

La simulación permite representar una amplia gama de elementos dentro de un sistema productivo, tales como el flujo de materiales y personas, los tiempos de procesamiento, el uso de recursos como máquinas u operarios, los niveles de inventario, e incluso aspectos relacionados con el layout o distribución física de la planta. El proceso de simulación suele estructurarse en varias fases: la definición del problema, la recolección y análisis de datos, el diseño del modelo, su verificación y validación, seguido por la simulación y análisis de resultados, y finalmente la propuesta de mejoras basada en los hallazgos.

g. Usos y aplicaciones:

En cuanto a sus usos y aplicaciones, la simulación ha demostrado ser una herramienta clave en la planificación de producción, la gestión de inventarios y logística, la planificación del mantenimiento, y también en entornos educativos y de formación técnica. Además, su capacidad para ofrecer resultados basados en datos simulados, que contribuye con las métricas de manera significativa basadas en evidencia. Entre otras herramientas se tienen:

- **FlexSim** (software de simulación discreta): FlexSim es una herramienta de simulación que permite representar de forma virtual diferentes procesos que ocurren en la industria, la logística o los servicios. Gracias a este software, es posible analizar y mejorar esos procesos probando distintas alternativas sin necesidad de alterar el funcionamiento real de las operaciones (Rojas & Cano, 2020).
- **Lean Manufacturing:** Lean Manufacturing, o manufactura esbelta, es una filosofía de gestión, inspirado en el Sistema de Producción de Toyota, que

tiene como fin generar mayor valor para el cliente eliminando todo tipo de desperdicio. Su meta central es hacer más eficientes los procesos productivos, evitando actividades innecesarias, mejorando la calidad como el rendimiento en la producción industrial (Cordoba et al., 2025).

h. Procesos de simulación:

La simulación industrial es una técnica que permite crear modelos digitales de procesos productivos para analizar su comportamiento sin afectar la operación real. Los procesos de simulación incluyen:

- **Modelado del sistema:** Construcción del modelo virtual que representa los elementos, recursos y actividades del proceso real.
- **Validación y verificación:** Comprobación de que el modelo representa fielmente el sistema real y que los resultados son coherentes.
- **Experimentación:** Realización de diferentes escenarios para probar alternativas de mejora, como cambios en la configuración, tiempos, o flujos.
- **Análisis de resultados:** Interpretación de datos generados por la simulación para tomar decisiones informadas.
- **Implementación:** Aplicación de las mejoras validadas en el modelo al proceso real.

i. Software de simulación

Entre los softwares más utilizados para simulación industrial destaca:

- FlexSim: Plataforma avanzada para modelado, simulación y análisis de procesos productivos. Permite crear modelos 3D con interfaces intuitivas y analizar flujos, cuellos de botella y desempeño.
- Arena: Herramienta para simulación de eventos discretos muy usada en manufactura, logística y servicios.
- Simio: Software que integra modelado 3D y simulación basada en agentes.
- AnyLogic: Plataforma para simulación híbrida que combina eventos discretos, sistemas dinámicos y agentes.

j. Características de la simulación industrial

- Permite la visualización dinámica de procesos complejos en tiempo real.
- Facilita la evaluación de múltiples escenarios sin riesgos para la operación real.
- Apoya la toma de decisiones basada en datos cuantitativos y análisis predictivo.
- Reduce costos asociados a errores o cambios no planificados en la producción.
- Favorece el aprendizaje activo y la formación de competencias técnicas y analíticas.
- Se alinea con las demandas de la Industria 4.0, integrando tecnologías digitales y modelamiento de procesos.

Como se puede ver la simulación es una herramienta esencial en la formación técnica moderna porque permite experimentar, validar ideas y anticipar problemas sin afectar la operación real. En SENATI, esta competencia es clave para

preparar profesionales que puedan integrarse eficazmente a la industria, donde se exige dominio de herramientas digitales, pensamiento crítico y enfoque en la mejora continua.

1.3.3. Curso Lean Manufacturing.

a. Definición:

El Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta, es una filosofía de gestión enfocada en potenciar el valor al cliente, minimizando el desperdicio. Se inspira en el Sistema de Producción Toyota y busca lograr eficiencia en procesos, calidad en productos y mejora continua. (Cordoba et al., 2025).

b. Objetivos específicos:

El curso de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) forma parte del programa de Administración Industrial en SENATI, dentro del módulo de Asistente de Producción. Su objetivo es que los estudiantes aprendan a mejorar la calidad de los productos aplicando herramientas y modelos de gestión de calidad en procesos productivos y para ello se plantean:

- Identificar los tipos de desperdicio en procesos productivos: Este objetivo busca que los estudiantes sean capaces de reconocer las siete formas clásicas de desperdicio definidas por el Sistema de Producción Toyota (sobreproducción, inventario, defectos, sobre procesamiento, tiempos de espera, transporte y movimiento innecesario), así como otras formas emergentes de ineficiencia. Esta identificación es fundamental para

diagnosticar problemas reales en las líneas de producción y constituye el punto de partida para aplicar cualquier mejora basada en principios Lean.

- Aplicar herramientas Lean para mejorar la calidad y eficiencia: Una vez identificados los desperdicios, los estudiantes deben aprender a seleccionar y utilizar herramientas Lean adecuadas, tales como 5S, Kaizen, Poka-Yoke, SMED, VSM o Jidoka, entre otras. Estas herramientas permiten estandarizar procesos, eliminar errores recurrentes, reducir tiempos y aumentar la productividad, contribuyendo a la mejora continua dentro de los sistemas de manufactura.
- Usar tecnologías como FlexSim para simular mejoras propuestas: Con el objetivo de minimizar riesgos antes de implementar cambios en el entorno real, se introduce el uso de simuladores digitales como FlexSim. Esta herramienta permite modelar procesos productivos, representar flujos de trabajo y probar distintas alternativas de mejora en un entorno virtual. El uso de FlexSim fortalece la comprensión de los efectos sistémicos de cada decisión y apoya el análisis predictivo y cuantitativo del impacto de las mejoras.
- Desarrollar competencias en análisis de procesos y toma de decisiones: Este objetivo busca que los estudiantes no solo conozcan las herramientas, sino que desarrollen habilidades críticas en la observación, evaluación y rediseño de procesos, así como en la interpretación de datos y resultados obtenidos de simulaciones o mediciones reales. Estas competencias son clave para

asumir roles técnicos y estratégicos dentro de organizaciones industriales, ya que permiten tomar decisiones informadas orientadas a la mejora de la eficiencia operativa.

c. Competencias a desarrollar:

A partir de estos objetivos, se derivan un conjunto de competencias clave que el estudiante debe adquirir al finalizar el curso, estas competencias no solo están alineadas con los principios de la Manufactura Esbelta, sino que también responden a las exigencias actuales de la industria 4.0, donde el conocimiento técnico debe ir acompañado de una sólida capacidad analítica y digital, se mencionan a continuación:

- Capacidad para identificar y eliminar desperdicios dentro de los procesos productivos, alineándose con los principios fundamentales de la manufactura esbelta.
- Habilidad para aplicar herramientas Lean, como 5S, VSM, Kanban o SMED, de forma estratégica según el contexto y necesidad del proceso.
- Competencia en el uso de herramientas digitales de simulación (como FlexSim), para modelar escenarios de mejora y evaluar su impacto antes de su implementación.
- Pensamiento crítico y analítico, aplicado a la mejora continua de procesos y la optimización de recursos.
- Capacidad para tomar decisiones fundamentadas en datos simulados y resultados cuantitativos, considerando criterios de calidad, productividad y eficiencia.

d. Estructura curricular:

El curso de Manufactura Esbelta impartido en SENATI, dentro del módulo ocupacional Asistente de Producción de la carrera de Administración Industrial, basado en un plan de estudios estructurado por competencias y orientado a las necesidades reales del entorno productivo. Este curso no solo proporciona los fundamentos teóricos esenciales del pensamiento esbelto, sino que también integra herramientas y tecnologías avanzadas que permiten a los estudiantes experimentar, analizar y proponer mejoras en procesos reales o simulados. En ese sentido, presentamos a continuación el detalle de la estructura curricular:

Figura 01

Estructura Curricular del Curso Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing



ESTRUCTURA CURRICULAR
PROGRAMA DE FORMACIÓN PROFESIONAL

CARRERA :ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL (NAID)
 NIVEL : PROFESIONAL TÉCNICO
 GRADO : PROFESIONAL TÉCNICO
 PERIODO DE CATÁLOGO : 202310

Módulo ocupacional	Semestre	Materia	Curso	Componentes	Semanas	DURACIÓN				Total Horas	Horas Semestre	Créditos	Total Créditos
						Tecnología	Taller/ Empresa	Virtual	Evaluación				
Asistente de producción	V	NAID	558	Administración de Operaciones II	4	40			2	42	510	2.5	24.0
		NAID	559	Manufactura Esbelta	3	30			2	32		1.9	
		NAID	560	Mantenimiento industrial	3	30			2	32		1.9	
		NAID	561	Calidad en la Industria 4.0	3	30			2	32		1.9	
		NAID	562	Gestión de la Mejora Continua	3	30			2	32		1.8	
		NAID	563	Formación Práctica en Empresa II			208		18	226		7.0	
		NAID	564	Seminario de Complementación Práctica II			80			80		5.0	
		CGEU	240	Formación de Monitores de Empresa			32			2		34	


Fuente: 1 DCC-202310-NAID Perfil ocupacional

e. Contenidos curriculares:

Dentro de los contenidos curriculares se abordan temas clave como los fundamentos de Lean, el uso del Mapa del Flujo de Valor (VSM) para diagnosticar procesos, así como herramientas específicas de mejora como Poka-Yoke, SMED y JIT, todas orientadas a la eliminación de desperdicios y al aseguramiento de la

calidad. Asimismo, se puede observar en los contenidos curriculares del curso manufactura esbelta, la presencia del software FlexSim.

Figura 02
Contenidos Curriculares del curso Manufactura Esbelta.

		HOJA DE PROGRAMACIÓN PROGRAMA DE FORMACIÓN PROFESIONAL	
ESCUELA PROFESIONAL : Administración de empresas CARRERA : Administración Industrial		MÓDULO OCUPACIONAL : Asistente de Producción MÓDULO FORMATIVO : Manufactura Esbelta SEMESTRE : V	
TAREAS DE APRENDIZAJE	OPERACIONES	CONOCIMIENTOS TECNOLÓGICOS	
Fundamentos de la Manufactura Esbelta	Identificar y aplicar los principios de la manufactura esbelta para obtener beneficios en la compañía.	Antecedentes	
		Manufactura esbelta	
	Elaborar el mapa de proceso productivo.	Simulación de casos prácticos con Flexsim	
		Mapa del flujo de valor	
		Casística: Elaborar Mapa de Flujo de Valor (VSM).	
		Uso de software: Visio, Lucidchart, FlexSim.	
	Identificar y establecer procedimientos para la reducción y/o eliminación de desperdicios del área de Producción.	Implementación de Manufactura Esbelta	
		Casística: Elaborar Mapa y flujo del proceso productivo	
		Uso de software: Visio, FlexSim	
		Desperdicios de Producción: Grandes generadores de Costo	
Definir la demanda del cliente desde la óptica Lean.	Simulación de casos prácticos con FlexSim.		
	Aplicación de Manufactura Esbelta		
	Nivel 1: Definir la demanda del cliente		
Manufactura esbelta: Herramientas de diagnóstico	Analizar los flujos de materiales e información del proceso de producción y elaborar Mapa de Estado actual, para su análisis. Diseñar y visualizar el estado futuro del mapa de proceso.	1er. Control de avance	
		Value Stream Map: Estado Actual	
Manufactura Esbelta: Herramientas operativas	Aplicar las herramientas 5 "S y Gestión Visual.	Value Stream Map: Estado Futuro	
		Nivel 2: Implementar un flujo continuo en el proceso productivo	
	Identificar fallas en productos, procesos y sistemas empleando el procedimiento AMEF.	Casística: Ejemplos de 5 "S y gestión visual	
		Análisis de modos y efectos de fallas (Prevención de problemas con AMEF)	
	Implementar el sistema Kanban	Casística: Ejemplos de modelo AMEF.	
		2do. Control de avance	
	Aplicar la técnica de calidad Poka Yoke a fin de evitar errores en la operación de un sistema.	Sistemas Kanban	
		Casística: Ejemplos de casos Kanban	
	Aplicar la metodología JIT a fin de eliminar actividades que no aportan valor en el proceso productivo	Poka Yoke	
		Casística: Ejemplos de casos Poka Yoke.	
Justo a Tiempo (JIT)			
Casística: Ejemplos de casos JIT.			
Aplicar la metodología SMED a fin de reducir el tiempo de alistamiento y cambio de referencia de una máquina	3er. Control de avance		
	SMED		
	Casística: Ejemplos de casos metodología SMED.		
Aplicar la metodología TPM a fin de asegurar la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones, de los equipos y del sistema	TPM: Mantenimiento productivo total		
	Casística: Ejemplos de casos metodología TPM.		
	Célula de manufactura		
Nivelación de la carga de trabajo.	Casística: Ejemplos de casos en diseño de células de manufactura		
	Nivel 3: Nivelación de la carga de trabajo		
	Casística: Casos de medibles de Lean Manufacturing		

El curso se desarrolla bajo un enfoque pedagógico por competencias, donde el aprendizaje es activo, autónomo y contextualizado. Se utilizan metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, estudios de caso, aprendizaje

colaborativo, y en particular la aplicación de la simulación digital empleando FlexSim. Esta herramienta permite a los estudiantes visualizar procesos reales, detectar cuellos de botella o desperdicios y probar propuestas de mejora antes de su implementación, favoreciendo así la comprensión de conceptos abstractos y su aplicación directa en contextos industriales.

La incorporación de FlexSim como recurso didáctico fortalece el vínculo entre teoría y práctica, permitiendo que los estudiantes desarrollen competencias técnicas y analíticas en entornos seguros y controlados. Además, refuerza la importancia de la formación técnica alineada a la industria 4.0, en la que la simulación y el modelamiento de procesos son habilidades clave para enfrentar los retos de productividad, eficiencia y sostenibilidad en el ámbito industrial, es así que, a lo largo del curso se abordan temas clave como:

- Principios de Lean Manufacturing, su historia y beneficios, junto con diferentes tipos de sistemas de producción (artesanal, en masa, por lotes, push/pull, etc.).
- Enfoques y sistemas de mejora, como Six Sigma, el enfoque por procesos y los sistemas de clase mundial.
- El Sistema de Producción Toyota (TPS) y sus 14 principios, enfocados en la mejora continua, eficiencia y respeto por las personas.
- Mapa del Flujo de Valor (VSM), para visualizar y mejorar procesos, utilizando herramientas como Visio, Lucidchart y FlexSim.

- Reducción de desperdicios, analizando los siete principales tipos que afectan la eficiencia en producción.
- Aplicación práctica de Lean, desde la identificación del valor para el cliente hasta la implementación de un flujo continuo y sistemas pull.

f. Recursos:

- ✓ 5S y gestión visual, para mejorar el orden y la limpieza.
- ✓ Kanban, Poka Yoke, JIT, AMEF, SMED y TPM, todas enfocadas en optimizar procesos, eliminar errores y reducir tiempos de cambio.
- ✓ Nivelación de carga (Heijunka) y diseño de células de manufactura, para balancear el trabajo y mejorar la eficiencia operativa.

El curso incluye casos prácticos y simulaciones con FlexSim, y se realiza un seguimiento continuo del progreso del estudiante en la aplicación de estas herramientas en contextos reales. (SENATI, 2023)

1.4. Planteamiento del problema

SENATI es una entidad de educación superior tecnológica reconocida en el ámbito nacional por su reconocida formación profesional, enfocada en el desarrollo industrial y tecnológico del país. Desde 1961, se destaca por su enfoque práctico basado en competencias y su vínculo con el sector productivo. La carrera de Administración Industrial prepara profesionales capaces de gestionar eficientemente procesos operativos y administrativos, promoviendo la mejora continua mediante herramientas como Lean Manufacturing, gestión de calidad y mantenimiento industrial.

A nivel mundial, la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) ha generado una creciente demanda de profesionales capacitados en herramientas de simulación digital como FlexSim, Arena, Simio, entre otras. Sin embargo, estudios internacionales (OECD, World Economic Forum) evidencian un desajuste entre las habilidades demandadas por el sector industrial y las competencias desarrolladas en la educación técnica y superior. Muchas instituciones aún no integran formación práctica en simulación discreta de eventos, lo que limita la preparación de los futuros profesionales para enfrentar entornos de producción complejos y dinámicos.

En SENATI – Chiclayo, dentro de la carrera de Administración Industrial, en el año 2024 se identificó una brecha formativa en el uso de FlexSim, software utilizado en cursos como Administración de Operaciones, Lean Manufacturing, Mantenimiento Industrial y otros. Los estudiantes del quinto semestre no contaban con formación previa en esta herramienta, lo que dificultaba su comprensión y participación en los modelos presentados. Ante esta situación, se elaboró una Guía de Usuario en FlexSim adaptada a su nivel, como recurso didáctico para desarrollar competencias básicas en simulación industrial y facilitar el aprendizaje autónomo.

La experiencia de elaboración de la Guía de Usuario en FlexSim se inició en julio de 2024 como respuesta a la brecha formativa detectada en estudiantes del 5° semestre de Administración Industrial en SENATI – Chiclayo, quienes observaban modelos de simulación en sus cursos, pero no contaban con competencias previas para modelar. Entre julio y agosto, se diseñó una guía modular enfocada en el uso básico de FlexSim y su aplicación en casos prácticos. Entre agosto y septiembre se desarrolló contenido didáctico con ejemplos

contextualizados. En setiembre, se implementó la guía de usuario en el curso de taller denominado Seminario de Complementación Práctica II, permitiendo a los estudiantes modelar procesos observados en sus prácticas. Finalmente, el logro de los estudiantes se evidenció al obtener el tercer lugar en el Concurso Nacional de Simulación en FlexSim, organizado por la Escuela de Tecnologías de la Información y Administración (ETIA) en Lima, durante el semestre 2024-II.

La sistematización de esta experiencia resulta importante para visibilizar las estrategias pedagógicas empleadas, los aprendizajes obtenidos y los desafíos superados en la elaboración e implementación de la Guía de Usuario en FlexSim. Permite no solo consolidar buenas prácticas en la enseñanza de herramientas de simulación, sino también generar conocimiento replicable en otras sedes o carreras técnicas de SENATI y fortalecer la formación tecnológica en el país.

1.5. Justificación del estudio

Esta investigación permite dar a conocer el diseño e implementación de una Guía de Usuario de Software FlexSim, orientada al fortalecimiento de las competencias de simulación industrial de los estudiantes del 5to semestre de la carrera de Administración Industrial del SENATI – Chiclayo. Esta herramienta busca incentivar el aprendizaje autónomo y facilitar la generación de aprendizajes que mejoren la educación tecnológica.

La iniciativa fue muy importante porque generó en los estudiantes la autonomía en el aprendizaje, la confianza al utilizar una guía organizada y amigable, la eficiencia en el trabajo en equipo, un mayor rendimiento académico y

el empoderamiento al contar con un documento que les permitió cerrar la brecha existente con el contenido del curso, considerando que no contaban con el prerrequisito del manejo de FlexSim. Por tanto, el estudio se justifica en la medida en que se pondrá en valor lo realizado para su posible replica en el ámbito educativo.

1.6. Pregunta de investigación.

¿Cómo se llevó a cabo la experiencia en la elaboración e implementación de una Guía de Usuario de software FlexSim para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Dar a conocer la experiencia de elaboración e implementación de una Guía de Usuario de software FlexSim para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024

2.2. Objetivos específicos

- Describir la situación inicial que motivó la experiencia de elaboración e implementación de una Guía de Usuario de software FlexSim para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024

- Describir el proceso elaboración de la Guía de Usuario de software FlexSim, para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024
- Describir la experiencia de implementación de una Guía de Usuario de software FlexSim para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024
- Describir los resultados y lecciones aprendidas de la experiencia de elaboración e implementación de una Guía de Usuario de software FlexSim para desarrollar competencias en simulación industrial en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo, 2024

III. DESARROLLO DEL ESTUDIO

3.1. Método, Técnicas e instrumentos de análisis de la experiencia

La investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo y de tipo descriptivo, teniendo como metodología principal la sistematización de experiencias. Esta elección respondió a la necesidad de recuperar, organizar y analizar de manera reflexiva el proceso vivido durante la elaboración e implementación de la Guía de Usuario de FlexSim en el curso de Lean Manufacturing en SENATI Chiclayo.

Para ello, el método se estructuró en tres fases principales:

- Recuperación de la experiencia: se recopiló información de las actividades realizadas, desde la detección de la brecha formativa hasta la aplicación de la guía en el aula.

- Análisis crítico: se evaluaron los logros, dificultades y aprendizajes del proceso, contrastando los resultados con los objetivos planteados en el curso y con los indicadores de desempeño de los estudiantes.
- Construcción de propuestas de mejora: se identificaron lecciones aprendidas y recomendaciones que permitan replicar la experiencia en otros contextos educativos o en futuras asignaturas.

Se emplearon como instrumentos de análisis:

- Registros de desempeño de los estudiantes, incluyendo informes de simulación y capturas de pantalla de modelos en FlexSim.
- La propia Guía de Usuario, que sirvió como insumo y evidencia principal para sistematizar la experiencia.

De esta manera, el análisis permitió comprender cómo se elabora e integra una herramienta didáctica digital (la Guía de Usuario) al proceso de enseñanza aprendizaje para potenciar el aprendizaje autónomo y el desarrollo de competencias en simulación industrial, alineándose con los principios de Lean Manufacturing y respondiendo a los desafíos de la formación tecnológica en la era de la Industria 4.0.

3.2. Descripción de la experiencia

La experiencia se inició al identificar una brecha importante en los estudiantes del quinto semestre de Administración Industrial en SENATI – Chiclayo: no contaban con formación previa en simulación industrial ni en el manejo de FlexSim, lo que

generaba dificultades para participar activamente en cursos como Lean Manufacturing. A partir de esta situación se decidió diseñar e implementar una Guía de Usuario para el software FlexSim, adaptada a su nivel de conocimientos, con un enfoque didáctico y práctico. Cuyas experiencias se detallan a continuación:

3.2.1. Situación inicial que genera la experiencia

Con la implementación del nuevo perfil ocupacional 202310 de la carrera de Administración Industrial, se incluyó dentro de sus contenidos curriculares el uso del software FlexSim, con casuísticas que deben ser desarrollados en clase. Para lo cual se describe en tres etapas:

Etapa 1: Identificación del perfil ocupacional.

Con la actualización del perfil ocupacional de la carrera de Administración Industrial (versión 202310), se estableció que los egresados deben manejar herramientas digitales de simulación industrial como FlexSim, para analizar, modelar y optimizar procesos productivos. Este perfil busca responder a las demandas de la Industria 4.0, donde la capacidad de representar y mejorar sistemas mediante simulación es una competencia clave.

Etapa 2: Revisión del contenido curricular.

Al revisar los contenidos del curso Lean Manufacturing, se observó que, se debía aplicar la simulación de casos prácticos con el software FlexSim, pero no se contaba con un enfoque teórico, sin un soporte didáctico que permitiera a los estudiantes practicar con el simulador. Es decir, la asignatura contemplaba el qué hacer (usar FlexSim), pero no el cómo hacerlo.

Etapa 3: Detección de la brecha formativa.

Durante las sesiones del curso se evidenció que los estudiantes del quinto semestre no contaban con conocimientos previos sobre simulación industrial ni experiencia en FlexSim. Esto generaba dificultades para comprender los modelos de simulación, reducía su participación activa y restringía el uso práctico de los principios de Lean Manufacturing.

En este punto se hizo visible la brecha formativa: el perfil profesional exigía competencias digitales que aún no estaban siendo desarrolladas en la secuencia curricular.

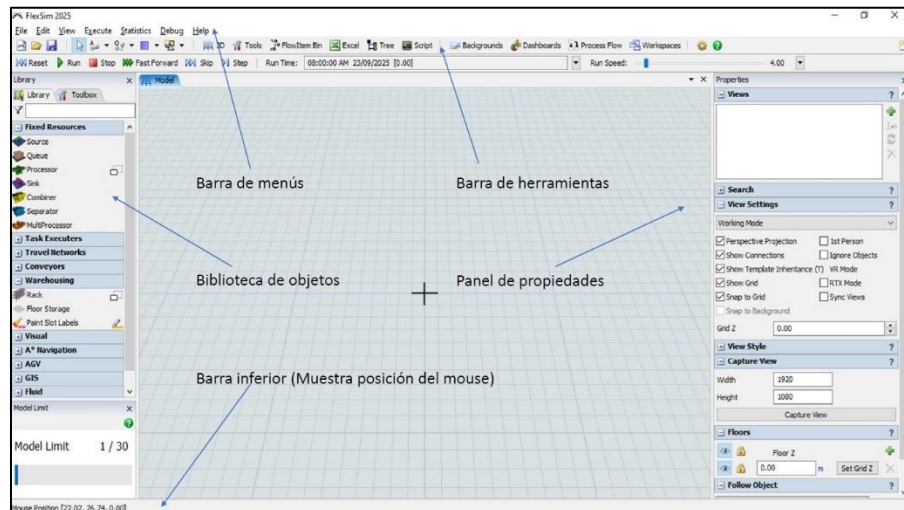
Etapa 4: Diseño de una solución didáctica.

Luego de identificar la brecha formativa, se decidió desarrollar casos prácticos muy básicos y elementales que permitieran a los estudiantes familiarizarse progresivamente con el entorno del software FlexSim. Estos ejercicios fueron diseñados con un enfoque didáctico, utilizando ejemplos sencillos de procesos productivos que el alumno pudiera reconocer y comprender con facilidad. La idea fue que, paso a paso, los estudiantes aprendieran a identificar los objetos del simulador, configurarlos y observar el comportamiento del sistema, construyendo así confianza y autonomía en el uso de la herramienta. Cabe mencionar que el proceso de aprendizaje se desarrolló dentro de un aula tecnológica, observando la demostración que el docente proyectaba en la pizarra. Además; éstos procedimientos, los estudiantes replicaban en sus propias laptops, ésta estrategia sirvió como punto de partida para avanzar luego hacia modelos más complejos, logrando que todos, sin importar su nivel inicial, pudieran integrarse al aprendizaje

de la simulación industrial de manera práctica y accesible, entendiendo los componentes de la pantalla principal, como se ve en la siguiente figura:

Figura 03

Pantalla principal del entorno del software FlexSim.



Generándose de esta manera la primera Guía de Usuario entregada al estudiante, para la aplicación de los casos prácticos.

Etapa 5: Diseño de la guía de usuario – 2da versión.

El 14 agosto de 2024 recibimos una invitación especial para participar en el Concurso Nacional de Simulación Logística con FlexSim, organizado por la Escuela de Tecnologías de la Información y Administración - ETIA en colaboración con la empresa FlexSim de Colombia. La participación en el concurso resultó muy enriquecedora, ya que permitió a nuestros estudiantes de Administración Industrial conocer un espacio de competencia a nivel nacional, donde podían aplicar sus conocimientos técnicos y demostrar sus habilidades en la resolución de casos prácticos mediante la simulación. Además, la iniciativa incluyó capacitaciones y

webinars que facilitaron la transferencia tecnológica, motivando a los alumnos a fortalecer sus competencias y prepararse para desafíos académicos mayores como el Concurso Latinoamericano de FlexSim.

A raíz de la motivación generada por el concurso nacional de FlexSim, surgió un gran reto: desarrollar las habilidades en el manejo del software FlexSim, considerando además la limitación que representaba la ausencia de un laboratorio de cómputo para el desarrollo de los ejercicios prácticos en el curso de Seminario. Sin embargo; esto no fue un obstáculo para seguir adelante. La solución fue invitar a los estudiantes a traer sus propias laptops a clase, de modo que pudieran trabajar directamente en los ejercicios de simulación exigidos por el contenido curricular. Esta dinámica no solo permitió continuar con la práctica, sino que también fomentó un ambiente más colaborativo, donde cada alumno asumió un rol activo en su aprendizaje y se sintió parte de un proceso innovador y desafiante.

Además de no tener asignado un laboratorio de cómputo y tener que pedir a los estudiantes que trajeran sus propias laptops para realizar los ejercicios prácticos, nos enfrentamos a otro reto importante: el tiempo del curso no estaba en la misma proporción que la cantidad de contenidos a desarrollar. En otras palabras, había muchos temas propuestos y muy poco tiempo para abordarlos con la profundidad deseada. Esta situación nos llevó a priorizar lo esencial y a aprovechar al máximo cada sesión, generando en los estudiantes una mayor disciplina para organizar su trabajo y concentrarse en lo más relevante del aprendizaje.

El desarrollo de un modelo de simulación exige ser muy minucioso y específico en la configuración de sus parámetros, lo cual representó un reto adicional. Esta tarea se volvió un poco más compleja debido a los diferentes estilos de aprendizaje que cada estudiante posee, ya que algunos avanzaban más rápido que otros o necesitaban más apoyo en ciertos aspectos. Sin embargo, esta diversidad también enriqueció la experiencia, porque permitió generar espacios de colaboración y aprendizaje compartido en el aula.

Otro reto fue el tiempo limitado para brindar retroalimentación personalizada. Debido al número de estudiantes y a la carga de contenidos, no siempre era posible dar un seguimiento detallado a cada uno durante la clase. Aun así, se buscó aprovechar los espacios disponibles para atender las dudas más urgentes y fomentar el trabajo colaborativo entre los mismos compañeros.

Mirando en retrospectiva, algo que se debió plantear y no se hizo fue la integración de proyectos prácticos alineados al concurso nacional. Esta iniciativa habría motivado aún más a los estudiantes, al vincular directamente el curso con un reto real y permitirles aplicar sus conocimientos en un contexto competitivo y desafiante.

Otra oportunidad que se debió plantear y no se logró fue la colaboración con empresas locales para aplicar la simulación en casos reales. Esto habría dado mayor pertinencia al curso y, al mismo tiempo, habría generado una conexión más directa con el mundo laboral, motivando a los estudiantes al ver cómo sus aprendizajes podían tener un impacto concreto en la realidad empresarial.

Un aspecto positivo fue el apoyo externo recibido a través de webinars y tutoriales, los cuales resultaron de gran ayuda para complementar las clases. Estos recursos brindaron a los estudiantes la posibilidad de reforzar lo aprendido, aclarar dudas y explorar nuevas funciones de FlexSim, lo que enriqueció aún más su proceso de formación.

Las reacciones de los estudiantes fueron muy positivas. El anuncio del concurso nacional despertó un alto nivel de motivación, ya que veían la teoría aplicada en casos reales. La guía elaborada también fue bien recibida, pues les permitió orientarse paso a paso en el uso de FlexSim. Además, el hecho de trabajar con sus propias laptops generó mayor autonomía y compromiso, ya que cada uno era responsable de avanzar en la construcción de su modelo de simulación.

3.2.2. Diseño y elaboración de la guía de usuario:

La participación en el Concurso Latinoamericano de FlexSim Colombia, nos permitió observar un caso práctico de alta calidad y complejidad, lo que generó una valiosa reflexión sobre nuestros propios ejercicios en clase. Nos dimos cuenta de que los ejercicios que normalmente presentamos a los estudiantes eran relativamente sencillos en comparación con el nivel del concurso. Esta experiencia nos motivó a mejorar la calidad de los casos prácticos, diseñando ejercicios más desafiantes y realistas que impulsen el aprendizaje y las competencias de simulación industrial de nuestros alumnos.

El diseño y elaboración de la tercera versión de la guía fue todo un desafío, pues implicaba pensar en cómo organizarla de manera clara y práctica para que los estudiantes pudieran seguirla sin dificultad. Había que decidir qué temas incluir, en qué orden presentarlos y cómo explicar cada paso del modelo en FlexSim. La idea siempre fue que la guía se convirtiera en una herramienta útil y accesible, que acompañara al estudiante en su aprendizaje y le permitiera avanzar de forma progresiva en el desarrollo de sus competencias en simulación.

Para asegurar que todos tuvieran acceso a los casos prácticos de la guía, se les compartió a los estudiantes a través de la plataforma Blackboard y también por WhatsApp. De esta manera, podían revisar el material desde cualquier lugar y en el momento que lo necesitaran, lo que facilitó mucho el trabajo autónomo y el seguimiento de las actividades.

Cuando fue necesario trabajar con modelos de simulación más avanzados, se buscó el apoyo de capacitadores y consultores de FlexSim, quienes brindaron soporte técnico, tutoriales y ejemplos prácticos de modelos. Este acompañamiento resultó muy valioso, ya que permitió que el instructor se fortaleciera en el manejo del software y pudiera guiar con mayor seguridad a los estudiantes en su aprendizaje.

Además, se buscó apoyo en la comunidad en línea de FlexSim, como foros, blogs y grupos en redes sociales. Estos espacios resultaron muy útiles para encontrar buenas prácticas, resolver dudas frecuentes y conocer la experiencia de

otros usuarios, lo que ayudó a enriquecer el aprendizaje y a fortalecer la preparación del instructor.

Un aspecto muy favorable fue que FlexSim Colombia proporcionó las licencias de manera gratuita, lo que permitió a los estudiantes e instructores acceder a más funcionalidades del software. Gracias a ello, fue posible explorar mejor las herramientas de simulación y aprovechar al máximo las ventajas que ofrece el programa.

Un aspecto que también estuvo presente fue la incertidumbre en cuanto a su participación y el desempeño de los estudiantes al Concurso Latinoamericano de FlexSim Colombia. Al tratarse de un reto nuevo y exigente, existía la duda de cómo responderían los alumnos frente a esta experiencia. Sin embargo, esa misma incertidumbre se convirtió en un motor de motivación que impulsó a todos a prepararse con mayor dedicación.

Como instructor, también surgió la duda sobre si los casos prácticos de la guía elaborada serían realmente claros y útiles para apoyar el aprendizaje autónomo de los estudiantes. La inquietud estaba en saber si el material cumpliría su propósito de orientar paso a paso y facilitar la práctica con FlexSim. Con el tiempo, al ver cómo los alumnos lograban avanzar en sus modelos, esa duda se transformó en una satisfacción al comprobar que la guía sí estaba cumpliendo su objetivo.

Para la elaboración de cada caso práctico de la guía, fue necesario recurrir a fuentes de información como la taxonomía de Bloom, lo que ayudó a organizar los ejercicios de manera progresiva, desde lo más básico hasta lo más complejo. Esto permitió que los estudiantes pudieran desarrollar sus competencias paso a paso, facilitando un aprendizaje más estructurado y significativo.

Los casos prácticos de la guía se diseñaron tomando como inspiración procesos productivos y logísticos sencillos, propios de un entorno de Lean Manufacturing. Se trabajaron ejemplos relacionados con el flujo de materiales (entrada, procesamiento, almacenamiento y salida), la gestión de inventarios (racks, almacenamiento y reabastecimiento), los procesos de manufactura (líneas de producción con fuentes, procesadores y colas) y los sistemas logísticos (recepción de pedidos, preparación y despacho). De esta forma, los estudiantes pudieron practicar con situaciones cercanas a la realidad, facilitando la comprensión y aplicación de los conceptos.

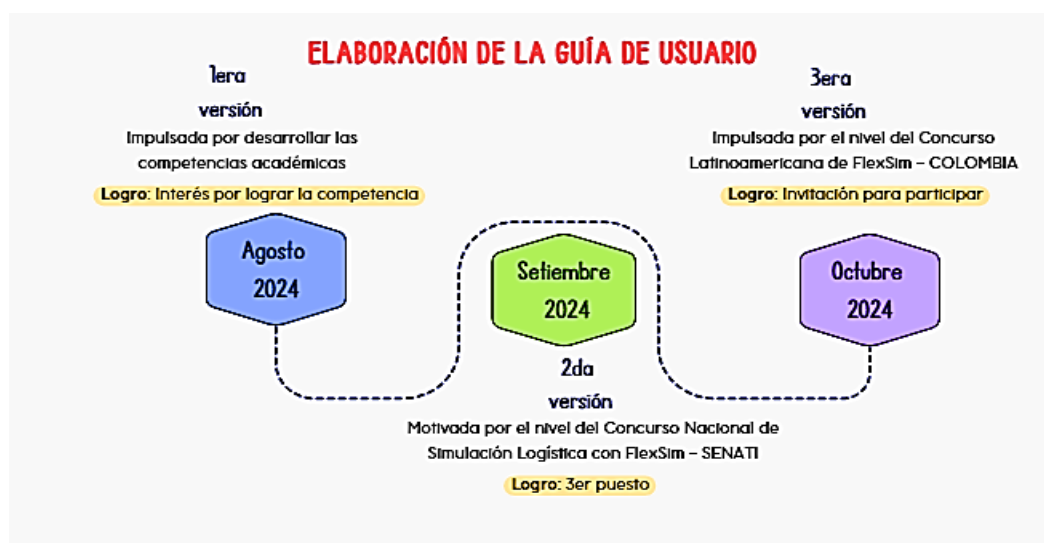
En el diseño de la guía se buscó que cada caso práctico representara situaciones reales de la industria, pero siempre adaptadas a un nivel formativo, de manera que los estudiantes pudieran comprenderlas con facilidad. El objetivo fue que lograran ver claramente el uso conjunto entre la teoría y la práctica, aplicando lo aprendido en ejemplos que simulaban la realidad de los procesos productivos y logísticos.

Se referenció el aporte de Bloom, para la elaboración de la guía, para organizar los aprendizajes de manera progresiva; Ausubel, para asegurar la conexión entre teoría y práctica; y Womack & Jones, para integrar principios de Lean Manufacturing en los casos prácticos de simulación. Además, se consideraron fundamentos de la simulación de eventos discretos presentados por Banks y colaboradores como base técnica.

Para lograr el nivel que finalmente alcanzaron los casos prácticos de la guía, fue necesario pasar por tres versiones, la misma que permitió ir ajustando detalles, corrigiendo errores y mejorando la claridad de las instrucciones, hasta conseguir una propuesta práctica y accesible para los estudiantes. Este proceso de revisión fue clave para que la guía cumpliera con su objetivo formativo. Con el propósito de visualizar la secuencia de la elaboración de la guía de usuario, se construyó la siguiente línea de tiempo.

Figura 04

Línea de tiempo para la elaboración de la Guía de Usuario.



Como resultado del proceso de elaboración de la Guía de Usuario, se obtuvo el presente material que se observa en la figura 05, y de manera completa en el anexo.

Figura 05

Guía de Usuario.



3.2.3. Aplicación de la guía de usuario:

Al tratarse de ejemplos inspirados en procesos reales, pero adaptados a su nivel formativo, los alumnos mostraron motivación e interés, ya que podían ver claramente la utilidad de lo que estaban aprendiendo. Muchos expresaron que la guía les ayudaba a seguir paso a paso el uso de FlexSim, lo que les daba mayor

seguridad al momento de construir sus modelos. Además, valoraron que los casos prácticos estuvieran vinculados con Lean Manufacturing, porque eso les permitía conectar la teoría vista en clase con la práctica en el software.

En general, la experiencia fue bien recibida: la guía se convirtió en un apoyo concreto para el aprendizaje autónomo, y al mismo tiempo, en un recurso que les permitió participar con más confianza en el concurso nacional de FlexSim.

Gracias a los casos prácticos de la guía en FlexSim, los estudiantes pudieron aplicar de manera práctica los contenidos del curso de Lean Manufacturing. Entre los logros destacan: identificar y aplicar los principios de la manufactura esbelta para generar beneficios en la empresa, elaborar el mapa del proceso productivo, y establecer procedimientos para la reducción o eliminación de desperdicios en el área de producción, abordando de forma concreta los diferentes desperdicios de manufactura. Esto permitió que los conceptos teóricos vistos en clase se trasladaran de manera efectiva a situaciones simuladas y cercanas a la realidad industrial.

El curso de Lean Manufacturing cuenta con un material técnico de apoyo publicado en la plataforma Blackboard, el cual resulta muy útil para los contenidos teóricos. Sin embargo, este material no incluye orientación sobre la elaboración de modelos de simulación en FlexSim, por lo que la guía elaborada se volvió un recurso complementario esencial para que los estudiantes pudieran aplicar los conceptos aprendidos de manera práctica.

3.2.4. Resultados de la experiencia

El lunes 7 de octubre de 2024 recibimos con gran alegría la noticia de que nuestra dirección zonal había obtenido el tercer puesto en el Concurso Nacional de Simulación Logística con FlexSim. Este reconocimiento es fruto del esfuerzo, dedicación y compromiso de nuestros estudiantes, quienes aplicaron con éxito sus conocimientos en simulación industrial para resolver casos prácticos. La experiencia no solo generó orgullo en la comunidad Senatina, sino que también motivó a los alumnos a continuar creciendo y prepararse para el Concurso Latinoamericano de Simulación Logística, donde representarán a nuestra institución y tendrán la oportunidad de destacarse a nivel internacional.

Durante el concurso, los estudiantes aplicaron en la práctica los conocimientos de simulación industrial, enfrentándose a desafíos reales que les permitieron aplicar conceptos de Lean Manufacturing y gestión logística de manera concreta. Esta experiencia no solo fortaleció sus habilidades técnicas, sino que también les enseñó a trabajar en equipo, tomar decisiones bajo presión y resolver problemas de manera creativa dentro de un entorno práctico y competitivo.

Como resultado de esta experiencia, nuestros estudiantes y la institución se enfrentan a nuevos desafíos emocionantes. Entre ellos, se encuentra fortalecer aún más las competencias en simulación industrial, preparando a los alumnos para competencias de mayor nivel, como el Concurso Latinoamericano de FlexSim. También implica mejorar la coordinación y acompañamiento docente, garantizar que todos los equipos cuenten con los recursos y conocimientos necesarios, y

fomentar la innovación y creatividad en la resolución de casos prácticos. Esta experiencia nos motiva a seguir impulsando la excelencia académica y a consolidar a SENATI Chiclayo como un referente en la formación técnica en simulación y logística.

Para el docente, la obtención del tercer lugar en el Concurso Nacional de Simulación Logística con FlexSim representa tanto un logro gratificante como un nuevo desafío. Esta experiencia, evidencia la importancia de acompañar y orientar a los estudiantes en el desarrollo de competencias técnicas y de pensamiento crítico. A la vez, enfrenta al docente al reto de optimizar estrategias de enseñanza, brindar apoyo constante durante las competencias y motivar a los alumnos a superar sus propios límites, preparándolos para desafíos de mayor envergadura, como el Concurso Latinoamericano.

3.3. Aspectos que facilitaron o limitaron llevar a cabo la experiencia

Durante el desarrollo de la experiencia se identificaron tanto factores que favorecieron el proceso como dificultades que representaron un reto para su implementación.

Aspectos que facilitaron:

- El interés y motivación de los estudiantes fue un elemento clave. Muchos mostraron disposición por aprender a usar herramientas tecnológicas novedosas como FlexSim.

- El respaldo institucional de SENATI también fue fundamental, ya que permitió contar con el software y el espacio académico adecuado para experimentar con los modelos de simulación.
- La metodología basada en casos prácticos (muebles, café tostado, panadería, chifles) facilitó la comprensión, porque los estudiantes podían relacionar lo aprendido con procesos cercanos a la realidad productiva de la región.

Aspectos que dificultaron:

- La principal dificultad fue que los estudiantes no tenían conocimientos previos en simulación industrial, lo que generaba inseguridad al inicio y retrasaba la construcción de los primeros modelos.
- También hubo limitaciones técnicas como los errores en la configuración de objetos o parámetros dentro del modelo de simulación en FlexSim.
- Finalmente, el tiempo disponible en el curso fue un reto, ya que integrar la teoría de Lean Manufacturing con la práctica de simulación exigía una organización cuidadosa para no sobrecargar a los estudiantes.

Cómo se superaron las dificultades:

- Para superar la falta de experiencia inicial, se diseñó la Guía de Usuario paso a paso, lo que dio seguridad a los estudiantes y les permitió avanzar a su propio ritmo.
- Frente a los errores técnicos, se promovió el trabajo colaborativo, donde los estudiantes se apoyaban entre sí para resolver problemas, guiados por la retroalimentación del docente.

- Para optimizar el tiempo, se integraron los casos prácticos directamente en las sesiones de aprendizaje, de modo que los ejercicios de simulación servían al mismo tiempo como prácticas de Lean Manufacturing.

Aunque existieron retos, estos se transformaron en oportunidades para innovar en la enseñanza. Gracias al compromiso de los estudiantes, el acompañamiento docente y el diseño de la guía, las dificultades fueron superadas con éxito, convirtiendo la experiencia en un logro colectivo que fortaleció la formación académica y profesional.

3.4. Lecciones aprendidas y aportes de la experiencia

La implementación de la Guía de Usuario en FlexSim dejó importantes lecciones que fortalecen tanto el aprendizaje de los estudiantes como la práctica docente.

Lecciones aprendidas:

- El uso de recursos didácticos prácticos y contextualizados facilita enormemente la comprensión de conceptos complejos. Al trabajar con casos cercanos a la realidad local, los estudiantes se sintieron más motivados y pudieron visualizar con mayor claridad cómo aplicar la teoría en situaciones reales.
- Se confirmó que el aprendizaje autónomo es más efectivo cuando se guía paso a paso. La estructura de la guía permitió que los estudiantes avanzaran a su propio ritmo, reduciendo la ansiedad inicial frente al software y aumentando su confianza.

- La simulación como herramienta pedagógica no solo contribuye a una mejor comprensión de procesos productivos, sino que también fomenta el desarrollo de la creatividad, el trabajo colaborativo y la capacidad de proponer soluciones de mejora continua.
- El acompañamiento docente es esencial, pero se comprobó que con la guía los estudiantes pudieron resolver por sí mismos la mayoría de dificultades técnicas, desarrollando independencia y seguridad en su aprendizaje.

Aportes de la experiencia:

- La guía se consolidó como un recurso en SENATI Chiclayo, que no solo beneficia a los estudiantes de Administración Industrial, sino que puede replicarse en otras carreras técnicas vinculadas a la producción y la gestión de operaciones.
- La experiencia mostró que integrar Lean Manufacturing y FlexSim potencia la formación profesional, ya que conecta la teoría con la práctica digital de manera directa.
- Finalmente, la sistematización de esta experiencia constituye un aporte académico, ya que genera un modelo que puede inspirar a otros docentes en el diseño de herramientas pedagógicas innovadoras basadas en simulación industrial.

Esta experiencia demostró que cuando se combina la motivación de los estudiantes, la innovación docente y el uso de herramientas tecnológicas, es posible transformar las dificultades en oportunidades de aprendizaje que dejan huella tanto en la institución como en la formación de futuros profesionales.

IV. CONCLUSIONES

- a. Se identificó una brecha en los estudiantes del quinto semestre de Administración Industrial en SENATI – Chiclayo: no contaban con experiencia previa en simulación industrial ni en el uso de FlexSim. Esta situación limitaba la comprensión y aplicación de conceptos de Lean Manufacturing, lo que justificó la necesidad de diseñar una estrategia didáctica innovadora para fortalecer su aprendizaje.

- b. La estrategia más efectiva fue la creación de una Guía de Usuario en FlexSim, estructurada en módulos y sustentada en casos prácticos contextualizados (producción de muebles, café tostado, panadería artesanal, chifles). Este recurso facilitó el aprendizaje autónomo, brindó seguridad a los estudiantes y permitió que relacionaran la teoría con situaciones reales de la industria.

- c. La implementación de la guía en el curso Seminario de Complementación Práctica II permitió que los estudiantes:
 - Aprendieran a diseñar, configurar y analizar modelos en FlexSim aplicando principios de Lean Manufacturing.
 - Superaran las dificultades iniciales en el manejo del software, desarrollando autonomía y confianza.
 - Alcanzaran un logro institucional importante: obtener el tercer lugar en el Concurso Nacional de Simulación en FlexSim, lo que evidenció la efectividad de la metodología aplicada.

- d. La fortaleza de la sistematización de la experiencia es la integración entre teoría y práctica: La simulación permitió conectar los conceptos teóricos con la realidad de los procesos productivos, fortaleciendo la comprensión y la aplicación de los principios Lean.
- e. La experiencia también presentó debilidades como la falta de conocimientos previos, limitaciones de infraestructura como la ausencia de un laboratorio de cómputo y la cantidad de contenidos programados mayor al tiempo disponible.

V. RECOMENDACIONES

Para los docentes:

- Incorporar de manera progresiva el uso de simuladores como FlexSim en las asignaturas vinculadas a operaciones, producción y mejora continua.
- Utilizar casos prácticos contextualizados (ejemplos de la industria local) que motiven a los estudiantes y les permitan conectar lo aprendido con la realidad.

Para los directivos y SENATI:

- Institucionalizar la Guía de Usuario en FlexSim como material de apoyo en cursos de la especialidad, asegurando su actualización periódica con nuevos casos y ejercicios.
- Fortalecer la infraestructura tecnológica (laboratorios, licencias de software, equipos) que facilite la implementación de experiencias de simulación en diferentes carreras.

- Promover la participación estudiantil en concursos nacionales e internacionales, ya que estas actividades motivan a los alumnos y dan visibilidad a la institución.

Para instituciones educativas similares:

- Adoptar la simulación industrial como parte de la metodología activa de enseñanza-aprendizaje, vinculándola con enfoques como Lean Manufacturing y la Industria 4.0.

Para investigadores:

- Se propone ampliar el alcance de la investigación, explorando el impacto del uso de simuladores tanto en el rendimiento académico como en el desarrollo de competencias profesionales en distintas carreras técnicas.
- Profundizar en estrategias pedagógicas apoyadas en simulación que combinen recursos digitales con prácticas reales en empresas.
- Analizar cómo estas experiencias pueden integrarse a la formación dual de SENATI, fortaleciendo el vínculo entre aula, simulación y práctica en empresa.

VI. Referencias Bibliográficas

- Banks, J., Carson II, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). *Discrete-Event System Simulation (4th ed.)*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lpuguidecom.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/youblisher-com-165164-discrete_event_system_simulation.pdf
- Byrne, J. (julio de 2004). *Textual cognetics and the Role of Iconic Linkage in Software User Guide*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://doras.dcu.ie/17320/1/jody_byrne_20120704150746.pdf
- Carranza Córdova, D. A. (2023). *MEJORA Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN UNA LINEA DE CONFECCIÓN DE UNA EMPRESA TEXTIL*. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0ff3b94e-e7e3-4396-8544-4c364e079fac/content>
- Cordoba Reyes, A., Cervantes Zubirías, G., Morales Rodríguez, M. A., Camacho Sánchez, F. Y., & Cantú Ortiz, A. (2025). APPLYING LEAN MANUFACTURING TO INCREASE PRODUCTIVITY. *International Journal of Professional Business Review*, 10(3), Article: e05342. doi:<https://doi.org/10.26668/businessreview/2025.v10i3.5342>
- Cortés Hernández, L. D., Villarreal Solano, A. Y., & Hernández Camelo, G. E. (2024). *El Uso de Herramientas de Simulación para la Enseñanza de Asignaturas Teóricas en Educación Superior*. Obtenido de https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9772
- Díaz-Granados Bricuyet, L. M., González Labrada, G. C., & Viltre Calderón, C. (2024). *Educación y desafíos epistemológicos del siglo XXI*. Cuba: Editorial Ciencias Pedagógicas.
- Ferreira, W. P., Armellini, F., & Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulación en la industria 4.0: una revisión del estado del arte. *Ingeniería informática e industrial*, 149. doi:doi.org/10.1016/j.cie.2020.106868
- Flores Cadena, C. A. (2021). *Optimización de los indicadores de productividad de los procesos de manufactura de una empresa láctea mediante la simulación con Flexsim integrando la filosofía Lean Manufacturing*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0d89d142-b157-4c7f-9cf5-10cbf468a2e4/content>
- Flores Limo, F. A., Flores Limo, J. F., Valenzuela Condori, J. C., Bedón Reyes, M. A., & Campos Dávila, J. E. (2023). *Recursos académicos virtuales y el aprendizaje e-learning en estudiantes de postgrado de Lima, 2023*. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5319>
- García Chi, R. I., Eguía Álvarez, A., & Izaguirre Cardenas, G. E. (marzo de 2015). *USO DE LA HERRAMIENTA DE SOFTWARE PROMODEL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN EL APRENDIZAJE BASADO EN COMPETENCIAS DE SIMULACION DE PROCESOS Y SERVICIOS*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/tectzopic/2015/01/promodel.html>

- Krynke, M. (2023). Optimización de la cadena de suministro en una fundición mediante simulación por computadora con Flexsim: un caso práctico. *Seguridad del sistema: Humano - Técnico - Instalaciones - Medio ambiente*, 5(1), 172-181. doi:<https://doi.org/10.2478/czoto-2023-0019>
- Perurena Cancio, L., & Moráguez Bergues, M. (2013). Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 24(2), 176-194. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=377648460007>
- Rojas, C., & Cano, A. (2020). *Simulación de procesos industriales con FlexSim*. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/23448350.15034>
- Saucedo Domínguez, E. D., Cardoso Espinosa, E. O., & Peinado Camacho, J. d. (2023). El aprendizaje autónomo y las TIC como fundamento en un modelo de capacitación. *Acta Universitaria*, 33, e3754. Obtenido de doi.org/10.15174/au.2023.3754
- SENATI. (2023). *PROGRAMA DE FORMACIÓN PROFESIONAL*. Obtenido de Módulo formativo: Manufactura Esbelta.
- Trujillo Yaipén, W. M., CuroMaquén, L. A., Paredes López, L. R., & Carbajal Cornejo, K. (mayo de 2023). *EFICIENCIA DE LOS SIMULADORES VIRTUALES EN LA COMPETENCIA DE INDAGACIÓN PARA EL APRENDIZAJE DE FÍSICA ELEMENTAL*. Obtenido de <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/2042/3213>
- Vargas Márquez, B. L., Inga Hanampa, L. A., & Maldonado Portilla, M. G. (2021). Design Thinking aplicado al diseño de experiencia de usuario. *Innovación y Software*, 2(1), 6-19.
- Villanueva Villanueva, Z. Y., Jiménez García, J. A., Hernández Ripalda, M. D., Hernández González, S., & Figueroa Fernández, V. (2021). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE SURTIMIENTO DE MATERIALES BAJO PRINCIPIOS ESBELTOS Y DE MANUFACTURA 4.0 USANDO SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS (DESIGN OF A MATERIAL SUPPLY SYSTEM UNDER LEAN PRINCIPLES AND MANUFACTURING 4.0 USING DISCRETE EVENT SIMULATION)*. Obtenido de <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2521>
- Wojciech Lewicki, Mariusz Niekurzak, & Jacek Wróbel. (2024). *Development of a Simulation Model to Improve the Functioning of Production Processes Using the FlexSim Tool*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/16/6957>

ANEXOS

Presentación de las Guías de Usuario

Las siguientes Guías de Usuario fueron elaboradas con el propósito de acompañar el proceso de aprendizaje en el uso del software FlexSim, integrando la teoría de Lean Manufacturing con la práctica de la simulación industrial.

Más que un conjunto de instrucciones técnicas, estas guías buscan despertar la curiosidad y el gusto por aprender haciendo. A través de ejercicios sencillos y progresivos, el estudiante podrá observar, experimentar y comprender cómo los principios de la manufactura esbelta se aplican en entornos virtuales que representan procesos reales.

Cada guía fue diseñada pensando en el estudiante, con un enfoque pedagógico que promueve el aprendizaje autónomo, la exploración activa y el pensamiento crítico. Permite avanzar paso a paso hacia el análisis y la optimización de modelos, fortaleciendo las competencias digitales y profesionales que demanda la industria moderna.

En conjunto, estas guías convierten la enseñanza técnica en una experiencia significativa, donde cada simulación se transforma en una oportunidad para innovar, mejorar y aprender con propósito.



Guía de usuario 01



**Lean Manufacturing
(Manufactura esbelta)**

Administración Industrial

Antes de comenzar: una mirada al mundo de la simulación

Aprender FlexSim es adentrarse en un mundo donde los procesos cobran vida.

Esta primera guía no solo explica cómo usar una herramienta, sino que invita a mirar la realidad industrial desde otra perspectiva: la del análisis, la simulación y la mejora continua. Cada clic es una oportunidad para comprender cómo pequeñas decisiones pueden transformar grandes resultados.

Optimización de una línea de ensamblaje de mesas de madera en Chiclayo



Contexto

En Lambayeque, una pequeña fábrica de muebles se dedica a producir mesas de comedor. Sin embargo, en su línea de ensamblaje se han detectado tiempos de espera entre procesos y un exceso de mesas acumuladas a medio terminar (WIP). Para mejorar, la gerencia ha decidido poner en práctica los principios del Sistema de Producción Toyota (TPS) y, con ayuda de una simulación en FlexSim, buscar la manera de reducir desperdicios, aumentar la productividad y lograr que el flujo de trabajo sea más ágil y eficiente.

Objetivo del proyecto

Diseñar y simular en FlexSim el proceso actual y un proceso optimizado usando principios TPS, para luego comparar el tiempo total de producción por lote y la reducción del WIP.

Reto central:

"Reducir el tiempo total de producción de un lote de mesas aplicando Lean y TPS en un modelo de simulación en FlexSim".

Datos operativos

Proceso	Tiempo de ciclo (seg)	Capacidad por lote	Operarios	Observaciones
Corte de madera	60	1 mesa	1	Máquina de corte automático
Lijado	90	1 mesa	1	Manual con lijadora eléctrica
Ensamblaje	120	1 mesa	2	Uso de tornillos y pegamento
Pintado	180	1 mesa	1	Cabina de pintura
Secado	300	4 mesas	0	Proceso en horno de secado
Empaque	60	1 mesa	1	Caja de cartón y plástico

Producción actual: 10 mesas por lote.

Tiempo de cambio de lote (setup): 5 min por proceso.

Demanda diaria: 30 mesas.

Turno de trabajo: 8 horas.

Parámetros para FlexSim

- 1 Source para materia prima (madera cortada).
- 1 Processor para cada proceso con sus tiempos de ciclo y capacidad de lote.
- Conectar procesos en serie hasta un Sink (producto terminado).
- Configurar setup time en cada Processor.
- Crear un modelo inicial (estado actual) y luego uno optimizado.

Posible mejora TPS en el modelo

- Implementar flujo pull con lotes más pequeños (5 mesas en vez de 10).
- Balancear tiempos para que ningún proceso esté ocioso más del 10% del turno.
- Reducir tiempo de espera entre procesos sincronizando producción.

Ejemplo de comparación esperada

KPI	Estado actual	Estado mejorado	Mejora
Tiempo por lote (min)	52	41	-21%
WIP promedio (mesas)	8	4	-50%

Guía paso a paso —Modelo en FlexSim

Parámetros base (usa estos valores en el modelo)

- Unidad de tiempo del modelo: segundos.
- Jornada: 8 horas $\rightarrow 8 \times 3600 = 28\,800$ s.
- Demanda diaria: 30 mesas \rightarrow Takt time = $28\,800 / 30 = 960$ s/mesa.
- Setup por lote: 5 min $\rightarrow 5 \times 60 = 300$ s.
- Lote inicial: 10 mesas.
- Datos por proceso (tiempo por pieza, en segundos):

Proceso	Tiempo por pieza (s)	Observación
Corte	60	1 operario
Lijado	90	1 operario
Ensamblaje	120	2 operarios

Pintado	180	1 operario
Secado	300 (capacidad 4)	horno para 4 mesas simultáneas
Empaque	60	1 operario

KPI principales para comparar:

- Tiempo total de producción por lote (Throughput time / Time-in-system).
- WIP promedio (cantidad media de mesas en proceso).

Parte A

Configurar el modelo: Estado actual

0) Preparación

1. Crear nuevo modelo en FlexSim.
2. Ajustar unidades de tiempo a segundos (Model settings → Time unit = seconds).
3. Definir longitud de corrida: Run length = 28 800 s (8 h). Recomiendo Warm-up = 3 600 s (1 h) para eliminar transitorio inicial. Replicaciones: 10 (si hay variabilidad), o 3–5 para prácticas rápidas.

1) Crear layout básico (10–20 min)

1. Añadir objetos en este orden y nombrarlos explícitamente:
 - Source_Madera (materia prima)
 - Queue_Corte, Processor_Corte
 - Queue_Lijado, Processor_Lijado
 - Queue_Ensamblaje, Processor_Ensamblaje
 - Queue_Pintado, Processor_Pintado
 - Queue_Secado, Processor_Secado
 - Queue_Empaque, Processor_Empaque

- Sink_Terminado

Usar queues entre procesadores ayuda a visualizar WIP

2. Conectar objetos en serie con los conectores o con líneas de flujo.

2) Configurar tiempos y recursos

1. En cada Processor_X poner Processing time = valor (determinístico):

- Corte = 60 s
- Lijado = 90 s
- Ensamblaje = 120 s
- Pintado = 180 s
- Secado = (ver punto siguiente)
- Empaque = 60 s

2. Secado: modelar capacidad 4 de una de estas maneras:

- Si el Processor tiene propiedad parallel capacity / number of servers, fijarla en 4, y Processing time = 300 s (el servidor procesa un lote/mesa en 300 s); ó
- Si no, crear 4 Processors_Secado en paralelo y unir sus salidas a la cola de empaque.

3. Operarios/recursos: añadir objetos tipo Resource u Operator:

- Asignar 1 recurso a Corte, Lijado, Pintado, Empaque; 2 recursos a Ensamblaje.
- En la pestaña de cada Processor: requerir el recurso correspondiente.

3) Modelar lotes y setup

1. Crear lotes de 10 mesas: usar un objeto Combiner / Batch antes de los procesadores (o configurar el Source para crear batches de 10 si tu versión lo permite). Dejar lote = 10.

2. Setup por lote (300 s):

- Si Processor tiene atributo Setup time / Changeover, poner 300 s.
- Si no, intercalar un Processor_Setup con Processing time = 300 s que se ejecute una vez por lote (por ejemplo, en la secuencia: Combiner → Processor_Setup → Processor_Corte → ...).

(Se explica a los estudiantes por qué modelamos setup por lote — relación directa con lot-sizing.)

4) Source y reglas de liberación

- Configurar Source_Madera para generar suficientes piezas: como hay lotes de 10 y demanda 30/día, puedes crear 3 lotes al día. Para prácticas, configurar Source para crear continuamente con Interarrival = small y dejar el Combiner formar lotes; o programar eventos de creación si quieren control fino.

5) Ejecutar y validar (10–20 min)

- Ejecutar 1 replicación
- Verificar: flujos visuales, acumulación de WIP en queues, registros de tiempo.
- Anotar KPI: tiempo por lote (promedio) y WIP medio por estación.

Parte B

Implementar mejoras (TPS)

Objetivo: aplicar lote más pequeño, pull (Kanban simple) y balanceo; medir impacto sobre Throughput time y WIP.

1) Cambio 1 — Reducir lote

- Cambiar tamaño de lote de 10 → 5 (en Combiner o Source).
- Mantener setup = 300 s por lote (esto aumenta la frecuencia de setups — ver efecto).
- Ejecutar experimentos y comparar KPI.
¿Qué se espera? WIP ↓, tiempo en sistema ↓ por menor espera, pero setup total ↑ si no se reduce cambio de lote (discusión TPS: tradeoff; oportunidades para SMED).

2) Cambio 2 — Pull / Kanban simple

Implementación sencilla (no se necesita compleja lógica):

1. Crear un "Supermarket" (Queue_Supermarket) antes de Ensamblaje con capacidad = n tarjetas Kanban (por ejemplo, 6).

2. Usar un token (objeto Kanban) que viaja hacia upstream para autorizar producción:
 - Cuando un producto sale del supermercado (disminuye stock), enviar un token al Source para liberar la producción de 1 pieza/lote.
 - Implementación simplificada: en el evento OnExit del Queue_Supermarket, activar Source_Madera.create(1) o quitar un token.
3. Ajusta las reglas para que el Source solo produzca cuando haya tokens disponibles (simple restricción).

3) Cambio 3 — Balanceo de carga y paralelizar cuello de botella

1. Identificar cuello de botella (en la corrida baseline suele ser Pintado=180 s)
2. Opciones:
 - Añadir otra estación de pintura (Processor_Pintado_2 en paralelo) para duplicar capacidad; o
 - Asignar 2 operarios a pintura (si el procesador soporta múltiples recursos).
3. Ejecutar y comparar.

4) Ajuste final — Nivelar producción (Takt)

1. Establecer la salida del Source para liberar a ritmo de Takt = 960 s/mesa (por ejemplo, programar interarrival = 960 s o usar schedule de lotes distribuidos).
2. Observa si la línea produce de forma más estable y si WIP se reduce.



Guía de usuario 02



**Lean Manufacturing
(Manufactura esbelta)**

Administración Industrial

Del aprendizaje al descubrimiento: construir con propósito

En esta guía damos un paso más: pasamos de la exploración inicial al diseño consciente.

Construir un modelo en FlexSim es como contar la historia de un proceso productivo. Aquí el estudiante descubre que simular no es solo “mover objetos”, sino aprender a pensar de forma sistémica, a analizar causas y efectos, y a descubrir nuevas posibilidades de mejora.

Optimización de la producción de café tostado en Lambayeque



Objetivo

Dado un caso práctico de la producción de café tostado en Lambayeque. (Condición) el participante será capaz de identificar cuellos de botella y modelará el flujo de producción en FlexSim (Comportamiento), Identificará los cuellos de botella mediante KPIs de producción (Criterio).

Contexto

En Chiclayo, una pequeña empresa peruana dedicada a producir café tostado en grano para cafeterías y supermercados locales enfrenta retos en su proceso productivo, como tiempos de espera entre etapas, acumulación de producto en proceso (WIP) y cargas de trabajo desequilibradas. Con el objetivo de reducir desperdicios, aumentar la productividad y optimizar su flujo de valor, la gerencia ha decidido implementar principios de Lean Manufacturing, elaborar un Mapa de la Cadena de Valor y desarrollar un modelo de simulación en FlexSim que permita visualizar y mejorar su operación.

Reto central:

"Reducir en un 20% el tiempo total de producción por lote manteniendo la calidad del producto y cumpliendo con la demanda diaria."

Mapa de la Cadena de Valor (VSM) – Estado Actual

Se describe las principales etapas del proceso de producción de café tostado en grano, detallando el tiempo de ciclo de cada actividad, la capacidad por lote, el número de operarios asignados y algunas observaciones sobre el tipo de equipo o método utilizado. Se inicia con el pesado y selección manual con báscula electrónica, seguido del tostado en una máquina semiautomática, luego el enfriado en una tolva con ventilador, la molienda en molino eléctrico y finalmente el empaque con selladora manual. Cada fila muestra claramente cómo se desarrolla el trabajo, la capacidad de producción por lote y el nivel de intervención del operario en cada fase.

Proceso	Tiempo de Ciclo (s)	Capacidad por lote	Operarios	Observaciones
Pesado y selección	120	1 kg	1	Manual, báscula electrónica
Tostado	900	5 kg	1	Tostadora semiautomática
Enfriado	300	5 kg	0	Tolva con ventilador
Molienda	180	2 kg	1	Molino eléctrico
Empaque	240	1 kg	1	Selladora manual

Datos adicionales:

- Producción actual: 20 kg por lote.
- Setup por lote: 8 min (480 s) en tostado y molienda.
- Demanda diaria: 60 kg.
- Jornada laboral: 8 horas (28 800 s).

La empresa produce actualmente lotes de 20 kg de café tostado en grano, con un tiempo de preparación (setup) de 8 minutos —equivalente a 480 segundos— en las etapas de tostado y molienda. La demanda diaria es de 60 kg, que deben cumplirse dentro de una jornada laboral de 8 horas (28 800 segundos), lo que plantea el reto de organizar eficientemente las operaciones para satisfacer la producción requerida sin generar retrasos ni acumulaciones innecesarias.

Parámetros para FlexSim

- 1 Source: Saco de café verde (materia prima).
- 1 Processor por proceso, con tiempos de ciclo y setup según tabla.
- Queues entre procesos para visualizar WIP.
- Sink: Producto terminado (café tostado y empacado).
- Modelar estado actual y estado mejorado.

En el modelo de FlexSim se utilizará un Source que represente el saco de café verde como materia prima, un Processor para cada etapa del proceso con sus respectivos tiempos de ciclo y de preparación según la tabla, y Queues entre procesos para visualizar el producto en proceso (WIP). El flujo concluirá en un Sink, que simbolizará el producto terminado: café tostado y empacado. El objetivo es simular tanto el estado actual como un estado mejorado, permitiendo comparar y evaluar los cambios propuestos.

Posibles mejoras Lean a modelar

- Reducir tamaño de lote a 10 kg.
- Implementar flujo pull con supermercado entre molienda y empaque (capcd: 6kg).
- Balancear cargas duplicando capacidad de molienda.
- Nivelar producción según Takt Time.

Entre las posibles mejoras Lean que se pueden modelar, se plantea reducir el tamaño de lote a 10 kg, implementar un flujo pull con un supermercado de 6 kg de capacidad entre las etapas de molienda y empaque, balancear las cargas de trabajo duplicando la capacidad de molienda y nivelar la producción de acuerdo con el Takt Time, buscando así un flujo más ágil, equilibrado y alineado con la demanda real.

KPI de Comparación

Indicador	Estado Actual	Estado Mejorado	Mejora Esperada
Tiempo por lote (min)	29	23	-20%
WIP promedio (kg)	12	6	-50%

La tabla presenta una comparación entre el estado actual y el estado mejorado de dos indicadores clave del proceso. En el tiempo por lote, se pasa de 29 a 23 minutos, lo que representa una mejora del 20%. En cuanto al WIP promedio (producto en proceso), se reduce de 12 kg a 6 kg, logrando una disminución del 50%. Estos resultados reflejan el impacto positivo esperado de las mejoras implementadas en términos de agilidad y reducción de inventarios intermedios.

Actividades del Proyecto

1. Analizar el mapa de la cadena de valor actual y registrar datos operativos.
2. Configurar el modelo de simulación en FlexSim (estado actual).
3. Aplicar mejoras en el modelo según principios Lean.
4. Comparar resultados con los KPI definidos.
5. Presentar un informe con captura de pantallas y análisis.

Guía — Estado actual

0) Preparación y parámetros base

1. Crear un modelo nuevo en FlexSim.
2. Unidad de tiempo: segundos.
3. Jornada: 8 h → 28 800 s.
4. Demanda diaria: 60 kg → Takt time = $28\ 800 / 60 = 480$ s/kg.
5. Replicaciones: 3 (para práctica rápida). Warm-up: 3 600 s.

Qué representa cada ítem: 1 ítem = 1 kg de café.

1) Layout (10–15 min)

Arrastra y nombra en este orden:

- Source_CafeVerde
- Queue_Pesado, Processor_Pesado
- Queue_PreTostado, Combiner_Batch5, Processor_Tostado, Processor_Enfriado, Unbatcher_PostEnfriado
- Queue_Molienda, Processor_Molienda
- Queue_Empaque, Processor_Empaque
- Sink_Terminado

Conecta en serie. Las Queue te mostrarán el WIP de cada etapa.

2) Configurar tiempos de proceso

En cada Processor, define Processing time (determinístico):

- Processor_Pesado = 120 s por kg (1 operador).
- Processor_Tostado = 900 s por batch (ver sección de batch).
- Processor_Enfriado = 300 s por batch.
- Processor_Molienda = 180 s por kg.
- Paralelismo: fija Parallel capacity = 2 (muele 2 kg a la vez).
- Processor_Empaque = 240 s por kg.

(Operarios: si usas Resources/Operators, asigna 1 a Pesado y Empaque; Tostado y Enfriado son automáticos; Molienda 1 operador.)

3) Modelar el horno como batch (tostado/enfriado)

1. En Combiner_Batch5 fija Batch quantity = 5 (junta 5 kg → 1 “padre”).
2. Conecta Combiner_Batch5 → Processor_Tostado → Processor_Enfriado → Unbatcher_PostEnfriado.
3. En Unbatcher_PostEnfriado marca Unbatch = All members para volver a 1 kg.

Así el horno procesa lotes de 5 kg (900 s) y se enfrían como lote (300 s), luego vuelves a ítems de 1 kg para Molienda y Empaque.

4) Modelar setup (cambio de lote)

- En Processor_Tostado, en Setup/Changeover, pon 480 s (antes de cada batch de 5 kg).
- En Processor_Molienda usa una simplificación didáctica: fija Setup = 240 s. Con Parallel capacity = 2, este ajuste aproxima 480 s por cada “arranque de 2 kg” (suficiente para efectos del ejercicio).

Más adelante, en mejoras, haremos SMED para reducir estos setups.

5) Llegada de material y lotes

- En Source_CafeVerde, para el estado actual, pon Interarrival time = 120 s (hay flujo suficiente para que el batcher forme lotes de 5 kg).
- Run length: 28 800 s.

(Si prefieres “por lotes grandes”, puedes usar un Combiner_Lote antes de Pesado para agrupar 10 o 20 kg, pero mantén simple en esta primera versión.)

6) Ejecuta y valida (10 min)

- Corre 1 replicación y observa: ¿se forman lotes de 5 kg antes del horno? ¿Sube el WIP en Queue_PreTostado?
- Ajusta si algo no fluye.

7) KPI: mide el “antes”

1. Tiempo en sistema (Throughput time) por kg: en Statistics de Sink_Terminado o con el TimeInSystem de los items.
2. WIP promedio: revisa Average Content de cada Queue_*
3. Producción diaria (kg terminados): Throughput del Sink_Terminado.

Qué esperar: cuellos de botella en Tostado (900 s + setup) y cierta acumulación antes del horno; Molienda puede saturarse si el horno descarga lotes muy seguidos.

Guía — Estado mejorado

Aplicaremos 4 mejoras: Pull con supermercado, molienda paralela, nivelación a Takt, y SMED en tostado.

Cambio 1 — Pull con supermercado (WIP limitado)

Objetivo: producir solo si hay “espacio” aguas abajo, bajando WIP y esperas.

1. Inserta Queue_Supermarket entre Processor_Molienda y Processor_Empaque.
 - En Queue_Supermarket fija Capacity = 6 (6 kg máx. en supermercado).
2. En versión simple:

- En el evento OnExit de Queue_Supermarket, añade una línea para “autorizar” 1 kg nuevo aguas arriba:
 - Con esto, cada vez que sale 1 kg del supermercado (hacia Empaque), se libera 1 kg nuevo en el origen.
3. Asegúrate de que Source_CafeVerde no tenga ahora una llegada forzada (deja interarrival pequeño o 0 si usas solo la autorización por tokens). El WIP quedará autorregulado por la capacidad 6 del supermercado.

Alternativa aún más simple: fija Queue_Supermarket.Capacity = 6 y Interarrival del Source = 480 s (ver Cambio 3). No es un pull “puro”, pero limita WIP de forma práctica.

Cambio 2 — Balanceo: duplicar Molienda

El horno descarga en “oleadas” de 5 kg; Molienda puede ser cuello de botella.

4. Duplica Processor_Molienda → Processor_Molienda_2.
5. Inserta antes de Molienda un Router (o configura “Send to port” Round Robin) para repartir los kg entre Molienda y Molienda_2.
6. Copia parámetros: Processing = 180 s, Parallel capacity = 2, Setup = 240 s (misma simplificación).

Con dos molinos (cada uno 2 en paralelo), capacidad efectiva = 4 kg simultáneos.

Cambio 3 — Nivelación a Takt

1. En Source_CafeVerde, fija Interarrival = 480 s (coincide con Takt = 480 s/kg).
2. Mantén el batch de 5 kg para horno; el sistema tenderá a estabilizar el flujo y reducir picos de WIP.

(Si estás usando el “pull con OnExit” del Cambio 1, puedes dejar Interarrival muy pequeño (p. ej. 1 s) para que solo mande el supermercado; el WIP lo limita Queue_Supermarket.)

Cambio 4 — SMED en Tostado

1. En Processor_Tostado, reduce Setup de 480 s → 240 s (simula mejoras de cambio rápido).
2. Observa el efecto directo en Throughput time y en la cola previa al horno.

Medición — “después” y comparación

Ejecuta con los 4 cambios activos y registra los mismos KPI:

- Tiempo en sistema (s) por kg → espera al menos -20% vs. AS-IS.
- WIP promedio (kg) en Queue_PreTostado y Queue_Supermarket → debería bajar significativamente.
- Throughput (kg/día) → tenderá a sostener la demanda (60 kg) con menor variabilidad.

Consejos rápidos de validación

- Si no se forman lotes de 5 kg antes del horno, baja el Interarrival del Source (o usa el pull del Cambio 1).
- Si ves cuellos en Molienda tras duplicar, sube Parallel capacity a 3 en cada molino para explorar sensibilidad (discusión de balanceo de línea).
- Revisa el Gantt o los charts de utilización para comprobar que Tostado ya no domina el tiempo de espera tras SMED.



Guía de usuario 03



**Lean Manufacturing
(Manufactura esbelta)**

Administración Industrial

Simular para mejorar: Lean Manufacturing en acción

Lean Manufacturing nos enseña a ver el valor detrás de cada actividad y a eliminar lo que no lo aporta.

En esta tercera guía, FlexSim se convierte en un laboratorio visual para experimentar los principios del pensamiento esbelto. Cada modelo representa una oportunidad para cuestionar el desperdicio, optimizar el flujo y aprender haciendo.

Panadería artesanal en Chiclayo (pan francés en bolsa)



1) Objetivo

Dado el proceso real/simplificado de una panadería en Chiclayo, el participante modelará en FlexSim el flujo de producción desde masa hasta empaque, e identificará cuellos de botella con KPIs de producción, logrando reducir el lead time por lote en $\geq 20\%$ y el WIP en $\geq 30\%$ tras aplicar mejoras Lean. (Estructura alineada al modelo del adjunto).

2) Contexto

Una panadería local produce pan francés para bodegas y minimarkets. Problemas actuales: esperas entre amasado–fermentado–horneado, batches grandes que generan WIP, set-ups del horno, y desbalance en empaque.

3) Reto central

“Cumplir una demanda diaria de 1 200 panes, reduciendo el lead time por lote al menos 20% sin afectar la calidad ni el peso objetivo (50 g/pan).”

4) Mapa del Proceso (VSM) — Estado actual (AS-IS)

Etapas:

1. Amasado (amasadora)
2. División/Boleado
3. Fermentado (cámara de fermentación)
4. Horneado (horno de 60 panes por tanda)
5. Enfriado
6. Empaque (bolsa de 10 panes)

Datos operativos base (AS-IS):

- Unidad de modelado: 1 ítem = 1 pan.
- Demanda diaria: 1 200 panes.
- Jornada: 8 h = 28 800 s.
- Takt: $28\ 800 / 1\ 200 = 24$ s/pan.
- Tamaños de lote actuales: horno 60 panes/tanda; empaque 10 panes/bolsa.
- Tiempos determinísticos (por ítem o batch donde aplique):
 - Amasado: 0.8 s/pan (masa en continuo; considera 48 s por tanda de 60).
 - División/Boleado: 1.5 s/pan.
 - Fermentado (batch 60): 1 800 s/tanda (30 min).
 - Horneado (batch 60): 900 s/tanda (15 min) + setup 180 s/tanda (carga/descarga).
 - Enfriado (batch 60): 600 s/tanda (10 min).
 - Empaque: 2.4 s/pan (≈ 24 s por bolsa de 10).
- Recursos humanos (opcional): 1 operario en boleado; 1 en empaque; horno semiautomático.

5) Parámetros para el modelo en FlexSim (AS-IS)

- Source_PanCrudo (salida del amasado/división como flujo de ítems).
- Queues entre cada etapa para visualizar WIP.

- Combiner_Batch60 antes de Processor_Fermentado y Processor_Horno (modelar batch 60).
- Unbatcher tras Enfriado para volver a ítems.
- Processor_Empaque + Combiner_Bolsa10 opcional si prefieres empaquetar como batch.
- Sink_Terminado (bolsas o panes, según tu preferencia de unidad).
- Run length: 28 800 s; repeticiones: 3; warm-up: 3 600 s.
- (Estructura por bloques, lotes y KPIs modelada sobre el enfoque del adjunto).

6) KPI para comparar “antes vs. después”

- Lead time por pan (TimeInSystem).
- WIP promedio por cola (Average Content).
- Throughput (panes/día y % demanda cumplida).
- Tiempo de espera antes del horno (cola crítica).

Parte A — Modelo estado actual

0) Antes de empezar (datos del caso)

- Demanda diaria: 1 200 panes
- Jornada: 8 h = 28 800 s
- Takt objetivo: $28\ 800 / 1\ 200 = 24$ s/pan (solo referencia; el AS-IS no cumple)
- Batch horno: 60 panes
- Empaque: bolsas de 10 panes
- Tiempos base (AS-IS):
 - Amasado (flujo continuo): 0.8 s/pan
 - Boleado: 1.5 s/pan
 - Fermentado (batch 60): 1 800 s/tanda
 - Horneado (batch 60): 900 s/tanda + setup 180 s
 - Enfriado (batch 60): 600 s/tanda
 - Empaque: 2.4 s/pan (≈ 24 s por bolsa de 10)

1) Crear proyecto y ajustar unidades

1. Abre FlexSim → New Model.
2. Model Settings (engranaje):
 - Time Units: Seconds

- Length Units: Meters (o la que prefieras)
- Run Length: 28800
- Warm-up: 3600 (opcional para estabilizar)
- Replications: 3 (para promediar)

2) Insertar y nombrar objetos (Basic Objects)

Colócalos en este orden (de izq. a der.), cambiando los nombres para claridad:

1. Source_PanCrudo
2. Queue_Boleado
3. Processor_Boleado
4. Combiner_Batch60
5. Processor_Fermentado
6. Processor_Horno
7. Processor_Enfriado
8. Unbatcher_PostEnfriado
9. Queue_Empaque
10. Processor_Empaque
11. (Opcional) Combiner_Bolsa10 (si quieres ver bolsas como ítems finales)
12. Sink_Terminado

Conecta Output → Input en secuencia.

3) Configurar llegadas (Source)

- En Source_PanCrudo:
 - Interarrival time: 0.2 s (entrada abundante para que se formen tandas en AS-IS).
 - Item type: 1 (default).
 - Stop time: déjalo por defecto (o 28800 s si lo prefieres explícito).

4) Colas y WIP (Queues)

- Queue_Boleado y Queue_Empaque: capacidad infinita por ahora (default).
- No cambies nada más; queremos observar el WIP real del AS-IS.

5) Procesos pieza a pieza (Boleado y Empaque)

- Processor_Boleado → Process Time: 1.5 (Interpretado como s/ítem).
- Processor_Empaque → Process Time: 2.4 (s/ítem).
- Routing: standard (no operadores ni transportes, para simplificar).

6) Configurar lotes (Combiner/Unbatcher)

- Combiner_Batch60:
 - Batch Size: 60
 - Member input port: desde Processor_Boleado
 - La salida del Combiner representa un “lote” de 60 panes (un solo flowitem que contiene 60 miembros).
- Unbatcher_PostEnfriado:
 - Unbatch: All members (regresa a ítems individuales tras enfriado).

7) Procesos por lote (Fermentado, Horno, Enfriado)

- Processor_Fermentado:
 - Process Time: 1800 (segundos por lote)
- Processor_Horno:
 - Process Time: 900 (por lote)
 - Use Setups: ON
 - Setup Time: 180 (antes de cada lote)
- Processor_Enfriado:
 - Process Time: 600 (por lote)

Nota: Como fermentado/horno/enfriado reciben lotes, sus tiempos están definidos por lote. Después del Unbatcher, vuelves a ítems sueltos.

8) Empaque en bolsas (opcional con Combiner)

Si quieres que el resultado sean bolsas de 10 panes:

- Inserta Combiner_Bolsa10 entre Processor_Empaque y Sink_Terminado
 - Batch Size: 10
 - (Así verás “bolsas” llegar al Sink; si no lo usas, el Sink recibirá panes sueltos.)

9) Ejecutar y revisar KPIs (AS-IS)

1. Dale Run (con 3 replicaciones).
2. Abre Statistics del modelo:
 - Throughput en Sink_Terminado (¿cuántos panes o bolsas/día?).
 - Average Time In System en el Source/Sink (lead time por pan).
 - Average Content en Queue_Boleado y Queue_Empaque (WIP).
 - Waiting time en la cola antes del Horno (si agregaste una cola allí, también mírala).

3. Exporta o toma capturas de estos 4 KPI:
 - Lead time por pan
 - WIP promedio (colas relevantes)
 - Throughput (cumplimiento de 1 200/día)
 - Espera antes del horno

Guarda el modelo como Panaderia_ASIS.fsm.

Parte B — Mejoras

(aplicas una por una y luego combinadas)

M1) “Pull” con supermercado (CONWIP simple)

Objetivo: limitar WIP y acercar el flujo a Takt.

1. Inserta Queue_Supermercado entre Unbatcher_PostEnfriado y Queue_Empaque.
2. En Queue_Supermercado → Capacity: 120 panes (≈12 bolsas).
3. Conecta: Unbatcher → Supermercado → Queue_Empaque → Empaque.
4. Efecto: cuando el supermercado se llena (120), Enfriado queda bloqueado; esto “jalea” producción solo cuando hay consumo en Empaque.

Corre el modelo y guarda como Panaderia_TO-BE_M1.fsm. Registra los mismos 4 KPI.

M2) SMED en el horno

Objetivo: reducir pérdida por setup.

1. En Processor_Horno → Setup Time: cambia de 180 s → 90 s.
2. Mantén todo lo demás.

Guarda como Panaderia_TO-BE_M2.fsm y registra KPI.

M3) Reducir tamaño de lote al horno

Objetivo: bajar esperas por “reunir el batch” y acortar ciclos.

1. En Combiner_Batch60 → Batch Size: 40 (si el horno/fermentado aceptan tandas de 40).

2. En Processor_Fermentado y Processor_Horno y Processor_Enfriado mantén los tiempos por lote (1800/900/600 s).

Nota: si cambias batch, el ciclo por lote se mantiene; la ganancia viene de menos espera para completar el lote.

Guarda como Panaderia_TO-BE_M3.fsm y registra KPI.

M4) Balanceo de Empaque (paralelización)

Objetivo: evitar que Empaque sea cuello cuando el horno descarga seguido.

1. Duplica Processor_Empaque → Processor_Empaque2.
2. En Queue_Empaque → Selection Rule: Round Robin o Shortest Queue hacia Empaque1 y Empaque2.
3. Verifica que ambas salidas (o ambos combiners de bolsa) vayan a Sink_Terminado.

Guarda como Panaderia_TO-BE_M4.fsm y registra KPI.

M5) Nivelación a Takt (entrada)

Objetivo: estabilizar el flujo hacia 24 s/pan.

1. En Source_PanCrudo → Interarrival: 24 s.
2. Mantén M1 (supermercado) activo para que el sistema no sobreproduzca si Empaque baja ritmo.

Guarda como Panaderia_TO-BE_M5.fsm y registra KPI.



Guía de usuario 04



**Lean Manufacturing
(Manufactura esbelta)**

Administración Industrial

Del modelo a la decisión: aprender a mejorar con datos

Analizar y optimizar un modelo en FlexSim va más allá de interpretar gráficos: implica desarrollar pensamiento crítico, capacidad analítica y visión de mejora continua.

En esta última guía, los resultados se convierten en decisiones, y el aprendizaje técnico se transforma en una competencia profesional para liderar procesos en la industria moderna.

Optimización de la línea de chifles



1. Contexto breve

Una microempresa en Chiclayo produce chifles (snacks de yuca) para venta local y a mercados minoristas. La línea actual presenta tiempos de espera, acumulación de WIP y desbalance entre fritura y empaque. El objetivo es usar FlexSim para identificar cuellos de botella y proponer mejoras Lean (pull, balanceo, SMED) y comparar “antes” y “después”.

2. Reto central:

Reducir 20% el tiempo en sistema por lote y disminuir WIP sin afectar la demanda.

3. FlexSim (mapeo sencillo)

- Source_Yuca (materia prima en kg)
- Queue_Lavado → Processor_Lavado
- Queue_Corte → Processor_Corte (Batch) (Combiner + Processor + Unbatcher)
- Queue_Fritura → Combiner_BatchFry → Processor_Fritura → Processor_Escurrido → Unbatcher_PostFry
- Queue_Salado → Processor_Empaque → Sink_Terminado

- Queues entre procesos para visualizar WIP.
- Recursos/Operators: Operarios en Lavado, Corte, Empaque; Fritura semi-automática.

4. Datos operativos (parámetros para FlexSim)

Unidad de tiempo = segundos. Jornada = 8 h = 28 800 s. Tomar 1 ítem = 1 kg.

Producción / Demanda

- Demanda diaria: 240 kg (meta a satisfacer).
- Takt time = $28\ 800 / 240 = 120$ s/kg.

Procesos (AS-IS)

- Pesado / Lavado (Processor_Lavado)
 - Processing time = 60 s/kg (1 operario)
- Corte (se forma lotes antes de fritura)
 - Combiner_BatchCut: Batch quantity = 10 kg
 - Processor_Corte = 120 s por batch (setup implícito en batch)
- Fritura (horno/freidora batch)
 - Processor_Fritura = 900 s por batch (10 kg)
 - Setup/Changeover en fritura = 600 s (antes de cada batch)
 - Processor_Escurrido = 180 s por batch
 - Unbatcher: Unbatch = All members → vuelve a 1 kg.
- Salado / Secado (Processor_Salado)
 - Processing time = 30 s/kg
- Empaque (Processor_Empaque)
 - Processing time = 90 s/kg (1 operario)

Capacidades y recursos

- Parallel capacity en Empaque: 2 (puede empacar 2 kg a la vez)
- Colas visibles: Queue_PreFritura, Queue_PostFritura, Queue_Empaque.
- Source interarrival AS-IS: 20 s (material suficiente para formar batches).

Replicaciones y validación

- Run length: 28 800 s.
- Replicaciones: 3 (práctica) / Warm-up: 3 600 s.

5. KPIs para comparar (antes vs después)

Métrica principal (KPI de comparación):

- Throughput time promedio por kg (Tiempo en sistema) — objetivo: -20% respecto a AS-IS.

KPIs secundarias:

- WIP promedio (kg) en colas críticas (Queue_PreFritura, Queue_PostFritura, Queue_Empaque).
- Throughput diario (kg/día) — debe cubrir demanda 240 kg.
- Utilización (%) de Processor_Fritura y Processor_Empaque.
- % pedidos a tiempo (en esta práctica: % del throughput que sale dentro del turno).

Ejemplo de objetivo cuantitativo: si AS-IS TimeInSystem = 1 800 s/kg → objetivo After ≤ 1 440 s/kg (-20%).

Guía — Modelo en FlexSim

Parámetros globales

- Jornada = 8 h = 28 800 s.
- Run length = 28 800 s. Warm-up = 3 600 s. Réplicas = 3.
- Demanda objetivo = 240 kg/día → Takt = 28 800 / 240 = 120 s/kg.
- Valores AS-IS (poner exactamente en las propiedades de cada objeto):
 - Source interarrival = 20 s (determinístico).
 - Lavado: 60 s/kg.
 - Corte: 120 s por batch.
 - Batch para fritura: 10 kg.
 - Fritura: 900 s por batch (10 kg); Setup = 600 s.
 - Escurrido: 180 s por batch.
 - Salado: 30 s/kg.
 - Empaque: 90 s/kg; capacidad 2 (paralelo).

Parte A — Configurar el modelo actual

1) Nuevo proyecto y parámetros generales

- Abre FlexSim → New Model.
- En las opciones del proyecto (o en Run Setup): fija unit/time = segundos.
- Abre Run > Run Setup y establece: Run length = 28800, Warm-up = 3600, Replicaciones = 3.

2) Colocar objetos básicos (arrastré desde Object Library)

1. Source — renombrar a Source_Yuca.
 - Propiedad “Interarrival”: Deterministic(20) o valor fijo 20 s.
 - Cada arrival representa 1 kg.
2. Queue — Queue_Lavado. Conecta Source_Yuca → Queue_Lavado.
3. Processor — Processor_Lavado. Conecta Queue_Lavado → Processor_Lavado.
 - Processing time = 60 s (por item).
 - Asignar 1 operador/recurso (ver más abajo).
4. Queue — Queue_Corte → Processor_Corte.
 - Processor_Corte: Processing time = 120 s por batch (si vas a procesar batches aquí; si prefieres procesar por kg, pon 12 s/kg — pero usamos 120 s/batch según datos).
5. Combiner — Combiner_BatchFry. Colócalo antes de la freidora para formar batches.
 - Batch quantity = 10 (10 kg).
 - Conecta la salida de Processor_Corte a Combiner_BatchFry.
6. Processor — Processor_Fritura. Conecta Combiner_BatchFry → Processor_Fritura.
 - Processing time = 900 s (por batch).
 - Setup / Changeover = 600 s (propiedad Setup/Changeover del Processor).
7. Processor — Processor_Escurrido. Conecta Processor_Fritura → Processor_Escurrido.
 - Processing time = 180 s (por batch).
8. Unbatcher — Unbatch_PostFry. Conecta Processor_Escurrido → Unbatch_PostFry.
 - Configura para devolver los items a 1 kg (unbatch to members).

9. Queue — Queue_PostFry conectado al Unbatcher → Queue_Salado.
10. Processor — Processor_Salado. Conecta Queue_Salado → Processor_Salado.
 - Processing time = 30 s/kg.
11. Queue — Queue_Empaque. Conecta salida de Processor_Salado → Queue_Empaque.
12. Processor — Processor_Empaque. Conecta Queue_Empaque → Processor_Empaque.
 - Processing time = 90 s/kg.
 - Capacity / Parallel servers = 2 (coloca 2 servidores o capacity = 2 en propiedades).
13. Sink — Sink_Terminado. Conecta Processor_Empaque → Sink_Terminado.

3) Recursos / Operarios

- Inserta objetos Resource u Operator (depende de tu versión) y nómbralos: Op_Lavado, Op_Corte, Op_Fritura, Op_Empaque_1, Op_Empaque_2.
- En las propiedades de cada Processor asigna el recurso que debe seize (Ej.: Processor_Lavado → Op_Lavado). Para empacado, si usas capacity=2 puedes asignar Op_Empaque_1 y Op_Empaque_2 o un recurso con multiplicidad 2.

4) Propiedades finas y colas visibles

- Pon nombres claros a todas las colas para monitorear (Queue_PreFritura, Queue_PostFritura, etc.).
- Ajusta tamaño de display o límites de cola si quieres ver acumulación.
- Activa estadísticas en objetos: habilita Average Content para queues, Utilization para processors, Throughput y Time in System para Sink (o el contador de salida).

5) Prueba y validación inicial

1. Guarda modelo (p. ej. Chifles_ASIS.fsm).
2. Ejecuta 1 réplica en modo visual (Run). Observa flujo animado.
3. Si no fluyen items: revisa conexiones, batch sizes y si los resources están siendo seizeados.
4. Recolecta: Time in system promedio, Average content en colas críticas, Throughput diario (kg salidos), y Utilización de fritura y empaque.

Parte B — Implementar mejoras

Mejora 1 — Reducir tamaño de batch (10 → 5)

- Selecciona Combiner_BatchFry. Cambia Batch quantity = 5.
- Ajusta Processor_Fritura processing time proporcionalmente (si la fritura escala linealmente): nueva processing time = $900 * (5/10) = 450$ s por batch.
 - (Si realmente el proceso no escala linealmente, mantén un valor realista basado en datos; la fórmula anterior es un primer supuesto).
- Ejecuta réplica(s) y compara KPIs con AS-IS.

Mejora 2 — SMED: reducir setup de fritura (600 → 300 s)

- En Processor_Fritura cambia Setup = 300 s.
- Ejecuta réplica(s) (solo este cambio o combinado con la Mejora 1, según tu plan de experimentos).

Mejora 3 — Duplicar capacidad de empaque (balanceo)

- Duplica Processor_Empaque y nómbralo Processor_Empaque_2.
- Conecta Queue_Empaque a ambas salidas (usa un Router/Selector o haz que la cola envíe items a ambos procesadores).
 - Si tu versión de FlexSim tiene un Dispatch o Splitter, configúralo en Round-Robin o Shortest Queue. Si no, usa la lógica de enrutamiento del flujo.
- Ajusta recursos: añade Op_Empaque_3 / Op_Empaque_4 o incrementa multiplicidad.
- Ejecuta réplica(s).

Mejora 4 — Implementar Pull (supermercado)

- Crea Queue_Supermarket entre Processor_Salado y Queue_Empaque.
 - Capacidad máxima = 12 (kg).
- Cambia la lógica de producción para respetar el supermercado:
 - Opción simple: en Source_Yuca, reemplaza Interarrival determinístico por una condición que verifique el contenido del supermercado. Ejemplo conceptual:
 - Si $AverageContent(Queue_Supermarket) < 12 \rightarrow$ interarrival = 20 s; sino \rightarrow interarrival = un número muy grande (o pausado).

- Opción robusta: usar un sistema de tokens: empaque consume token; source solo produce si tokens disponibles.
- Ejecuta réplica(s) y observa reducción de WIP y alineamiento con Takt.

Mejora 5 — Prueba combinada

- Crea un escenario o guarda el modelo con todos los cambios aplicados.
- Ejecuta 3 réplicas con Run length = 28800 y Warm-up 3600.
- Recolecta KPIs y compara con AS-IS.

