

Didáctica de un taller de modelado y simulación. Experiencia virtual

Didactics of modeling and simulation workshop. Virtual experience

Lisaura Walkiria Rodríguez Alvarado^{1*} Jesús Loyo Quijda¹
Miguel Ángel López Ontiveros¹ Enrique Ávila Soler¹ Sergio Miguel García Carranco¹

Recibido 08 de septiembre de 2021, aceptado 23 de mayo de 2022

Received: September 08, 2021 Accepted: May 23, 2022

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar el proceso de enseñanza de un taller de modelado y simulación impartido en modalidad virtual. A partir de casos prácticos presentados, el participante analiza la información y la interpreta para establecer la representación del comportamiento de un sistema de producción continuo y discreto utilizando los programas de simulación *Flexsim* y *Vensim*. El resultado de la evaluación didáctica del taller se obtuvo de la evaluación de los 47 participantes mediante un análisis descriptivo con enfoque cualitativo y cuantitativo. El instrumento de medición para la recopilación de datos y su posterior análisis, consistió en tres cuestionarios de control a lo largo de las sesiones desarrolladas en el taller. El análisis cualitativo estableció que la comunidad estudiantil con mayor interés en el taller pertenece al área de ingeniería industrial, además, un 75% de los participantes estableció que los conocimientos impartidos, resolución de dudas y facilidad de comunicación fueron características importantes para un adecuado análisis de los casos prácticos. Así mismo, un 89% de los participantes opinó que *Flexsim* es un software más amigable. Con el análisis cualitativo se determinó que la interpretación de los casos prácticos permitió reforzar algunos de los conocimientos de análisis de procesos adquiridos previamente. Esta evaluación logra evidenciar que la estructura definida en el taller mediante sesiones, interacción con los integrantes y análisis de casos prácticos permitió analizar el comportamiento de los procesos y que la metodología establecida en la didáctica de impartición virtual fue adecuada.

Palabras clave: Didáctica, simulación, enseñanza de ingeniería, análisis descriptivo.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the teaching process of a modeling and simulation workshop taught in virtual mode. Based on the practical cases presented, the participant analyzes the information and interprets it to establish the representation of the behavior of a continuous and discrete production system using the Flexsim and Vensim simulation programs. The result of the didactic evaluation of the workshop was obtained from the evaluation of the 47 participants through a descriptive analysis with a qualitative and quantitative approach. The measurement instrument for data collection and subsequent analysis consisted of three control questionnaires throughout the sessions developed in the workshop. The qualitative analysis established that the student community with the most significant interest in the workshop belongs to the area of industrial engineering; in addition, 75% of the participants established that the knowledge imparted, resolution of doubts, and ease of communication were important characteristics for an adequate analysis of practical cases. Likewise, 89% of the participants thought Flexsim is more

¹ Universidad Autónoma Metropolitana UAM-Azcapotzalco. Departamento de Sistemas. Ciudad de México, México.
E-mail: lwra@azc.uam.mx; lqj@azc.uam.mx; mlopez@azc.uam.mx; eas@azc.uam.mx; smgc@azc.uam.mx

* Autor de correspondencia: lwra@azc.uam.mx

user-friendly software. With the qualitative analysis, it was determined that the interpretation of the practical cases allowed reinforcing some of the knowledge of process analysis previously acquired. This evaluation shows that the structure defined in the workshop through sessions, interaction with the members, and analysis of practical cases allowed to analyze the behavior of the processes and that the methodology established in the teaching didactics was adequate.

Keywords: Didactics, simulation, engineering education, descriptive analysis.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de las tecnologías de información y comunicación (TIC) están cada vez más presentes como herramientas para desarrollar dinámicas alternativas en el entorno educativo. De acuerdo con [1], las TIC son “un conjunto diverso de herramientas y recursos tecnológicos usados para comunicar, crear, diseminar, almacenar y gestionar información”. De acuerdo con esta definición, se podría comentar que las TICS son un conjunto de herramientas de apoyo que pueden ser utilizadas para estrategias didácticas, de manera tal que permitan alcanzar los objetivos de aprendizaje. En este entorno, el estudiante adopta un papel protagónico y el docente, una función de facilitador [2].

De acuerdo con el *World Economic Forum* [3], la integración tecnológica para análisis de datos es una de las herramientas presentes en el nuevo contexto de los empleos para los siguientes años y una de las principales barreras son las limitaciones tecnológicas, por eso es indispensable reforzar los conocimientos y desarrollo de habilidades en el manejo de entornos virtuales y aplicación de las TIC. Es evidente que las TIC ofrecen ventajas en el campo de la enseñanza virtual, independientemente de la modalidad en que se está impartiendo *e-learning* y el *b-learning*. [4-5] ya que, en ambos escenarios, se combinan elementos pedagógicos, plataformas de enseñanzas de aprendizajes y entornos de simulación.

Se han realizado esfuerzos por evaluar los beneficios al incorporar plataformas digitales en el entorno educativo. En [6] analizan las experiencias de la incorporación de la plataforma Moodle en modalidad híbrida, lo cual les permitió identificar las debilidades y potencialidades de los estudiantes en el manejo de software y las experiencias a nivel docente durante su carrera de ingeniería. Y es que, queda claro que es necesario desarrollar ciertas actitudes y actividades en el nuevo entorno de las

TIC. En [7] definieron un proceso para el diseño y validación de una escala, con el objetivo de medir actitudes de los profesores universitarios en el uso de las TIC. Es importante mencionar que el uso de las TIC debe de venir acompañado de estrategias de apoyo docente para que su implementación tenga realmente un impacto positivo en el proceso formativo de los alumnos, es la importancia de adecuar las TICS a estrategias de enseñanza [8-9].

Cada vez es más frecuente ver que la Simulación es una de las herramientas que ha sido utilizada como soporte didáctico en el aprendizaje, ya que es una herramienta que facilita el análisis y toma de decisiones para la mejora continua de los procesos, algunas aplicaciones son la reducción de costos, el procesamiento de picos de demanda y reconfiguración del proceso [10]. En [11] establecen que las competencias docentes, dotación de software de simulación y estrategias lúdicas es una combinación de factores que tienen un impacto altamente positivo en la formación y aprendizaje de estudiantes.

Por otro lado, en [12] comentan que los simuladores promueven un ambiente de enseñanza aprendizaje representado por la modelación de situaciones reales y es visto como un mecanismo de la innovación tecnológica en educación. Mientras que, en [13] comparten su experiencia de una propuesta de modalidad pedagógica de un taller a partir de simulación en donde no únicamente se pone en evidencia el fortalecimiento de habilidades relacionadas a la enseñanza aprendizaje, sino también el trabajo en grupo unido al aprendizaje. Mientras que en [14] establecen que con la simulación se logra una comprensión espacio temporal en el proceso de enseñanza y que es propicia para ser desarrollada en ambientes virtuales de aprendizaje.

Por otro lado, en [15] determinaron que, la implementación de un modelo b-learning en la

asignatura de simulación fue positiva lo que se evidenció en un proceso enseñanza-aprendizaje de calidad. En [16] establecen que el uso del modelo de simulación de un proceso de fabricación representa un soporte didáctico apropiado en asignaturas relacionada con la gestión de sistemas de producción. Mientras, [17] propone una interesante metodología de aplicaciones de *Flexsim* en el modelo educativo crítico con enfoque a competencias APA (ambientes prácticos de aprendizaje) en donde no solo se analizan las brechas en la parte limitante de lo teórico y práctico, sino además las dificultades de los estudiantes.

Es importante evaluar si las integraciones de estas herramientas tecnológicas están apoyando en el cumplimiento del objetivo del proceso enseñanza-aprendizaje, sobre todo, cuando se desarrolla en un entorno totalmente virtual. En [18] proponen un análisis interesante de los componentes que intervienen y conforman el diseño informativo, tomando en cuenta las modalidades organizativas, estrategias y técnicas de evaluación, así mismo establecen como estrategia metodológica enlazar contenido teórico y práctico.

Por otro lado, en [19] recomienda que las decisiones metodológicas deben de prevalecer sobre las tecnológicas. Estos planteamientos van de la mano con las reflexiones realizadas por [20] en relación a la transformación de los procesos de enseñanza-aprendizaje vitalizados y el planteamiento de un nuevo modelo de evaluación en tiempo de pandemia. Por último, en [21] se destaca que es necesario establecer un indicador común que permita establecer una valoración común para el uso de estas técnicas virtuales.

De acuerdo con la revisión del estado del arte es evidente que, la integración tecnológica como elemento pedagógico, representa una herramienta de vanguardia, pero al mismo tiempo se convierte en una barrera por la falta de conocimiento y el impacto que éstas pueden tener al querer aplicar las TIC en el entorno educativo, ahí radica la importancia de contar con herramientas de evaluación. Las investigaciones recientes ponen en evidencia que es necesario tomar en cuenta las actitudes, actividades y estrategias de apoyo para un adecuado desarrollo de la mismas. En el contexto de ambiente virtual de enseñanza aprendizaje en el que usa la simulación como herramienta de apoyo, ya se han establecido técnicas de evaluación que toman en

cuenta modalidades organizativas y estratégicas, pero generalmente, carecen de un indicador común que oriente la evaluación a un análisis homogéneo en el que se permita evaluar estas técnicas virtuales.

Por último, es importante mencionar que, de acuerdo a la investigación realizada, se determina que a pesar de la aceleración que implica el uso de estas técnicas virtuales en el contexto educativo, hay una tendencia a tomar en cuenta los aspectos metodológicos necesarios para garantizar un adecuado proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto es notorio porque en la mayoría de las técnicas de evaluación mencionadas, vienen acompañadas del reforzamiento de otras habilidades como la habilidad de sincronía y trabajo en equipo.

Tomando en cuenta las opiniones de algunos de los investigadores analizados en este trabajo, coinciden en que un ambiente de enseñanza aprendizaje acompañado de simulaciones de casos reales es considerado como una innovación tecnológica y que además es necesario unir lo teórico con lo práctico. Bajo este contexto se puede asumir que una de las principales aportaciones de este trabajo, es que a partir de casos prácticos se analiza la situación real de un proceso y se establecen escenarios de mejora tomando en cuenta las restricciones de las situaciones reales que se presentan en dichos casos. Así mismo, la metodología empleada en este trabajo y la secuencia de pasos para plantear, analizar y generar los escenarios de mejora puede ser replicada no solo en un contexto educativo sino también en un contexto industrial en el que se pretenda analizar situaciones reales del proceso.

En este trabajo se presenta, la evaluación de la didáctica de impartición de un taller de modelado y simulación en modalidad virtual, a partir del desarrollo de casos prácticos y participación integral entre los participantes e instructores. Al realizar la evaluación del desempeño de la didáctica del taller mediante un análisis descriptivo con enfoque cuantitativo y cualitativo se logró reunir factores de interés que establecieron características para un adecuado desarrollo de actividades en el proceso de enseñanza en modalidad virtual.

El trabajo está estructurado en cuatro secciones. La primera sección corresponde a la introducción, se analizan las principales investigaciones relacionadas

a las herramientas virtuales usadas como apoyo en el entorno educativo y las técnicas de evaluación empleadas para medir su impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje. En la segunda sección se describe la metodología empleada para desarrollar el taller de modelado y simulación, así como el procedimiento para realizar la evaluación de desempeño de la didáctica empleada en el taller. Los resultados en la tercera sección muestran el desarrollo del modelo y simulación a partir de los casos prácticos desarrollados, así como la evaluación de la didáctica del taller por parte de los participantes. Por último, en la cuarta sección se concluyen los principales hallazgos y trabajos a futuro del trabajo desarrollado.

METODOLOGÍA

A continuación, se explican las etapas contempladas en la didáctica implementada para el desarrollo del taller en modalidad virtual, así como el proceso de evaluación mediante un análisis descriptivo.

Etapas desarrolladas en el taller

Las herramientas de modelado y simulación como parte del proceso de enseñanza aprendizaje se desarrolló a través de un taller didáctico, en donde se combinan los conocimientos teóricos con casos aplicados. Debido a la situación de confinamiento obligatorio, la modalidad de impartición de dicho taller se realizó de manera virtual.

Para el desarrollo del taller se contó con la participación de dos instructores y alumnos de diferentes ingenierías, quienes, en gran medida, cuentan con conocimientos de análisis de procesos productivos como registro de tiempos y mapeo de procesos y/o no cuentan con conocimientos básicos en el modelado y simulación de procesos.

Debido a esto, el taller inicia con un reforzamiento de los conocimientos teóricos involucrados en el proceso y, de manera introductoria, se explican las bases para comprender el funcionamiento de los softwares utilizados en este caso *Vensim* y *Flexsim* para analizar un sistema continuo y discreto de producción, respectivamente.

A partir del análisis de casos prácticos el participante debe analizar la información e interpretarla para lograr

una adecuada representación del comportamiento del proceso. El modelo del proceso se construye a partir de la lluvia de ideas de los participantes y durante la simulación se evalúan los escenarios de mejoras propuestos por ellos mismos.

El taller se realiza en cinco sesiones de 3 horas cada una y el desarrollo en cada sesión consiste en introducción al contenido teórico, actividad, un breve receso de 10 minutos, desarrollo de ejercicios prácticos o caso de estudio y por último cierre de la sesión. A lo largo de las cinco sesiones se realizaron tres evaluaciones de control en donde los participantes emitieron su criterio y posteriormente fue analizado para caracterizar la didáctica empleada en el taller. Las diferentes etapas en cada sesión se explican en Tabla 1.

Durante el desarrollo del taller se utilizaron dos softwares para el modelado y simulación de procesos continuos y discretos. Aquí es importante diferenciar las características de ambos sistemas para comprender su funcionalidad [21, 22]. Por un lado, en un sistema continuo algunas variables generalmente representan la tasa y/o velocidad de cambio en función del tiempo, por lo que es posible, analizar el sistema en todos los puntos de interés; mientras que, en un modelo de simulación discreta, aparecen fenómenos aleatorios que solo se representan en términos probabilísticos, por lo que, el sistema se observa en algunos puntos.

El software *Vensim* se fundamenta en la metodología de dinámica de sistemas continuos donde, se utilizan funciones matemáticas para la representación del comportamiento del proceso. Este software permite analizar los modelos desarrollados por medio de diagramas causales y bucles de retroalimentación [23]. Mientras que, con el software *Flexsim* se logra una adecuada representación del modelo orientado a objetos, usa tecnología de imágenes de procesamiento de computadora en 3D [24]. A continuación, se explican los pasos considerados para la realización de la simulación discreta y continua en cada uno de los programados mencionados.

Pasos para desarrollar la simulación discreta y continua

Para proceder con el análisis de los casos prácticos desarrollados se utilizó la metodología para análisis

Tabla 1. Etapas desarrolladas en cada sesión del taller.

	Objetivo	Reforzamiento de conocimiento	Actividad	Resultados
Sesión 1	Evaluación de control 1			
	Analizar un sistema de producción continuo.	Generalidades y conceptos básicos de indicadores, modelado y sistemas productivos. Sistemas discretos y continuos. Metodología de dinámica de sistemas.	Ejercicio práctico 1: entorno de simulación <i>Vensim</i> .	Modelo y simulación de un proceso básico de producción en el software <i>Vensim</i> .
Sesión 2	Analizar caso de estudio 1 bajo el entorno de simulación <i>Vensim</i> .	Metodología de dinámica de sistema y entorno de simulación <i>Vensim</i> .	Definición de variables claves del proceso, construcción del modelo, incorporación de ecuaciones en el software <i>Vensim</i> .	Modelo del proceso de caso de estudio 1.
Sesión 3	Establecer escenarios de mejora en el entorno <i>Vensim</i> . Conocer el entorno de simulación <i>Flexsim</i> .	Entorno de simulación <i>Flexsim</i> , sistema productivo discreto y escenarios de simulación.	Ejercicio práctico 2: planteamiento de escenarios de simulación y gráficas de análisis. Ejercicio práctico 3: entorno de simulación <i>Flexsim</i> .	Escenarios de simulación continua. Modelo de procesos básicos en el software <i>Flexsim</i> .
Evaluación de control 2				
Sesión 4	Desarrollar ejercicios prácticos en el entorno de <i>Flexsim</i> .	Metodología de sistemas discretos en <i>Flexsim</i> .	Ejercicio práctico: entorno de simulación <i>Flexsim</i> . Definición de variables claves del proceso del caso de estudio 2, construcción del modelo en <i>Flexsim</i> .	Modelo y simulación del proceso de caso de estudio 2.
Sesión 5	Conocer el alcance de la aplicación de los softwares <i>Vensim</i> y <i>Flexsim</i> en casos reales.	Análisis de indicadores claves de desempeño y construcción de <i>dashboard</i> .	Ejercicio práctico: <i>Dashboard</i> de caso de estudio 2. Presentación de 4 casos aplicados.	Escenarios de simulación de caso de estudio 2. Reflexión de aplicación de los softwares de simulación.
Evaluación de control 3				

de sistemas continuos y discretos, los cuales se presentan en Figura 1(a) y Figura 1 (b).

La etapa 1 de ambos softwares corresponden a comprender el proceso y dar respuesta a las siguientes interrogantes ¿qué se analizará?, ¿Cuál es el estado actual del proceso?, definir el objetivo ¿Qué se espera del modelo a desarrollar? y definir los límites del modelo ¿Cuál es el punto de inicio y finalización del modelo a desarrollar?

En la etapa 2, es necesario definir qué aspectos del sistema serán representados en el modelo y cuáles no, en este punto resulta muy útil idear un bosquejo del sistema a modelar (es recomendable utilizar la simbología propia del software). En esta etapa también se definen las variables de análisis de acuerdo con el objetivo del proceso de modelación,

es necesario reflexionar cuáles son las variables representativas de interés ya que, al involucrar demasiada información es posible convertir un modelo sencillo en uno complejo.

En la etapa 3, formalización, para el software *Vensim*, consiste en la construcción del modelo en su entorno de simulación e incorporar las ecuaciones de las variables, las cuales son representadas por son ecuaciones diferenciales de primer orden en el tiempo. La etapa 3 y 4, recolección, procesamiento de datos y construcción del modelo, para el software *Flexsim*, involucra que, una vez definidas las variables, es necesario determinar cómo se van a representar en el modelo a desarrollar, en este punto resultan de gran utilidad las diferentes distribuciones estadísticas; posteriormente, estos valores son introducidos en los recursos del entorno gráfico del software.

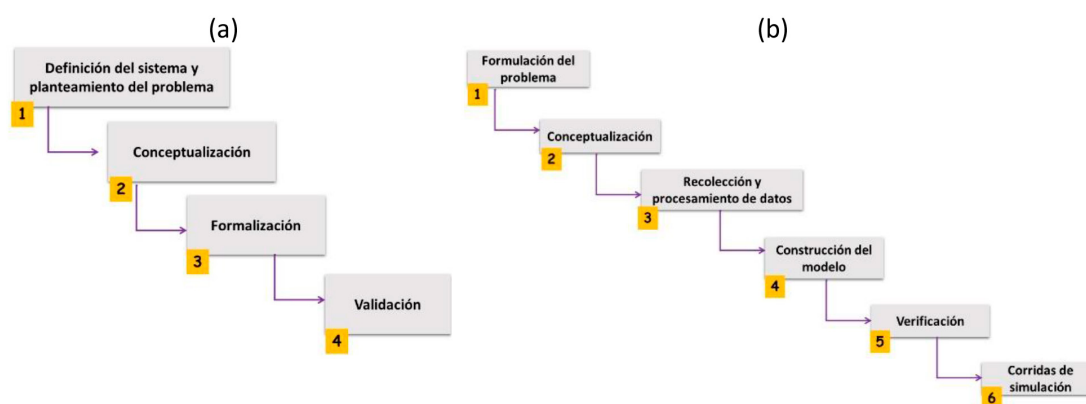


Figura 1. Metodología empleada para el análisis de sistemas (a) sistemas continuos-programa de simulación Vensim y (b) sistemas discretos-programa de simulación Flexsim.

La etapa 4, validación para el software *Vensim*, y la etapa 5, verificación para el software *Flexsim*, consisten en analizar si el modelo desarrollado está bien construido y si éste involucra todas las variables anteriormente definidas. Aquí es importante verificar las unidades de medidas y ecuaciones integradas.

La última etapa para ambos softwares, involucra analizar si el modelo desarrollado es una adecuada representación del sistema analizado, esto se logra a través de diferentes corridas de simulación.

Evaluación del desempeño de la didáctica empleada

Con el objetivo de evaluar el desempeño del taller se realizó un análisis descriptivo, ya que éste permite establecer que, a partir de datos y su procesamiento se puede obtener información del objeto de estudio, en este caso, el método de enseñanza del taller. Esto implica que se tiene que recolectar datos, organizarlos, medirlos, verificarlos y finalmente desarrollar una caracterización del objeto de estudio [25]. Este tipo de análisis puede ser abordado bajo el enfoque cualitativo o cuantitativo y puede incluir múltiples o una sola variable para su análisis [26].

La metodología propuesta para hacer un análisis descriptivo consiste inicialmente en definir el objetivo del estudio, establecer el diseño de la investigación, considerar cuál es el tamaño de la población o muestra a seleccionar, establecer las técnicas de recolección de información que es en donde se debe diseñar el instrumento de medición y tener especificado el tipo de variables a considerar

ya sea cualitativa o cuantitativa y por último, realizar una verificación o caracterización del objeto de estudio [27-29].

Tomando en cuenta esta secuencia de pasos, se procedió con el análisis partiendo de que el objetivo principal es evaluar la didáctica de impartición del taller en modalidad virtual. La población del estudio son los 47 participantes que asistieron a las 5 sesiones de 3 horas, a dichos participantes se les solicitó realizar 3 evaluaciones diferentes a partir de cuestionarios de control para establecer su percepción en la enseñanza del taller didáctico.

El cuestionario de control comprende la recolección de variables cuantitativas y cualitativas que van desde determinar el porcentaje de participación de acuerdo al área de especialidad, hasta establecer el nivel de percepción de los participantes en explicación y aplicación de los diferentes programas de simulación, nivel de dificultad presentada para desarrollar los programas de simulación y nivel de importancia de las características que determinan el desempeño del taller como: ritmo de trabajo, resolución de dudas a tiempo, facilidad de comunicación, entre otras.

Evaluar estas variables permitirá establecer en grado de importancia las características principales para un adecuado desempeño del taller y también determinar la complejidad en el desarrollo de casos prácticos de acuerdo al tipo de programa de simulación utilizado, aquí radica la importancia de conocer la percepción de familiarización de los participantes con las herramientas desarrolladas en el taller.

El instrumento de medición utilizado consistió en tres cuestionarios de control estructurados de acuerdo con el objetivo de cada sesión. El cuestionario de control 1 se elaboró con el objetivo de conocer el nivel de conocimiento previo de los participantes, en esa medida fue posible estructurar la profundidad de los temas en las sesiones siguientes. El objetivo del cuestionario de control 2 se enfocó a evaluar la didáctica de enseñanza en los aspectos teóricos y consideraciones a tomar en cuenta para poder iniciar con el proceso de análisis de los casos prácticos, por ejemplo, la dificultad en el manejo de los softwares y grado de importancia del manejo de datos que se incorporan al modelo. Por último, el cuestionario de control 3 permitió evaluar la didáctica del taller en función al cumplimiento del objetivo general, el cual consiste en lograr desarrollar un modelo que permita analizar el comportamiento de los procesos y una representación de la realidad.

A partir del establecimiento del cumplimiento de cada objetivo que debe de considerar cada herramienta de control, se estructuraron cada uno de los ítems, para su escala de medición se consideró la metodología de Likert la cual establece redactar oraciones que expresaban claramente actitudes favorables o desfavorables hacia el constructo [2,7].

Los ítems están planteados para que los integrantes clasifiquen su opinión en una de las siguientes opciones:

- Para las preguntas de percepción se consideraron los apartados: excelente, muy bueno, bueno, regular o malo y específicamente para evaluar la percepción de familiarización se consideró los apartados de: muy alta, alta, regular o no es necesario.
- Para evaluación del grado de dificultad y grado de importancia: se consideró la escala numérica del 1 al 10, estableciendo que el 10 es la calificación más elevada

En esta medida para los ítems en donde el participante opine “no es necesario” o “malo”, con una oración expresa una opinión desfavorable. Mientras que, en la calificación numérica, para un valor de 10, el participante está opinando que la característica es de suma importancia o que es altamente relevante.

Una vez aplicados los 3 cuestionarios de control se procesaron los datos, para las variables cuantitativas se tomó de referencia el valor más frecuente en su representación; mientras que, para la variable

cualitativa se tomó de referencia la frecuencia simple, a modo de conteo de los eventos en cada categoría. Los datos fueron tabulados, agrupados y presentados en gráficos para facilitar la explicación de los principales hallazgos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se explican las fases empleadas para el desarrollo del taller, desde los pasos empleados para el análisis de los casos prácticos como los modelos obtenidos por los participantes. Finalmente se presenta la experiencia por parte de los participantes al evaluar el desempeño del taller.

Casos prácticos desarrollados

Los casos prácticos desarrollados fueron seleccionados para que cumplieran las características de un sistema productivo continuo y discreto con el objetivo de profundizar en las particularidades que ofrece cada software para la adecuada representación de los sistemas.

La dinámica para el análisis de los casos prácticos consistió, primeramente, en observar un video del proceso en el cual se presentan las características de los mismos y, por medio de una lluvia de idea con todos los participantes, establecer un bosquejo del modelo que se quiere analizar; posteriormente, se definen e interpretan las variables de interés, se discute su forma de representación y por último se establecen los escenarios de simulación. En este último punto se realiza nuevamente una lluvia de ideas para incorporar las variaciones en el modelo originalmente desarrollado. En la Tabla 2 y Tabla 3 se explican los modelos empleados durante el taller.

El caso de estudio 1 corresponde a una práctica desarrollada por los alumnos: Delgado León Jorge, Flores Galindo Ana Isabel, López Facundo Ana Marisa, López Facundo Rebeca, Montenegro Cajusol Oscar Bruno, Zúñiga Pérez Libera Stelle y Ambris Sánchez Fernando Román en el laboratorio de Ingeniería Industrial, UAM-Azcapotzalco. Año 2019, en donde simulan una línea de ensamble de un conector galvanizado.

El objetivo del caso de estudio 2, ver Tabla 3, corresponde a analizar los flujos de producción para identificar acumulación de inventario en proceso,

Tabla 2. Caso de estudio 1.

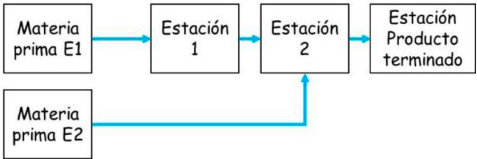
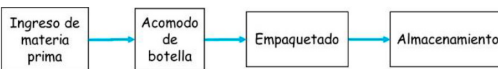
Caso 1: Ensamble de conectores	Descripción del caso
	El caso 1 consiste en el proceso de ensamble de conectores, para esto, se cuenta con dos operadores encargados del ensamble, dos operadores que surten material a las estaciones de trabajo y una estación de inspección y control de entrega de material. La línea de ensamble cuenta con una distribución lineal de dos estaciones.
Bosquejo	Variables de interés
	• Flujo de producción entre estaciones. • Flujo de resurtimiento de materia prima. • Acumulación de inventario en proceso. • Capacidad de producción.

Tabla 3. Caso de estudio 2.

Caso 2: Línea semiautomática de empaque de productos de limpieza	Descripción del caso
	El caso 2 consiste en el proceso de empaque de productos de limpieza en una línea semiautomática. La distribución de la línea involucra el acomodo de botellas proveniente de una banda transportadora, agrupamiento por lote, empaquetado y colocación de caja en estante de almacenamiento
Bosquejo	Variables de interés
	• Tiempo de entrega por lote • Cuello de botella

esto para determinar el impacto de la estación cuello de botella en la línea de ensamble y determinar la capacidad real de producción. Debido a que, las cantidades producidas, así como el resurtimiento de material presentan cambios continuos a lo largo del tiempo, la mejor opción de simulación es con el software *Vensim*.

El objetivo del caso de estudio 2 corresponde a analizar el tiempo de entrega por lote de los productos de limpieza, así como el cuello de botella que se presentan en las estaciones de trabajo. Una

característica de un sistema de producción por lote es que los cambios se presentan en ciertos instantes de tiempo, por lo tanto, no es necesario un monitoreo constante y la mejor representación se puede lograr con ayuda del software *Flexsim*.

Modelos y simulación desarrollados (escenarios de simulación)

A continuación, en Figura 2 y Figura 3 se presentan los modelos desarrollados durante el taller en el software *Vensim* y *Flexsim* respectivamente.

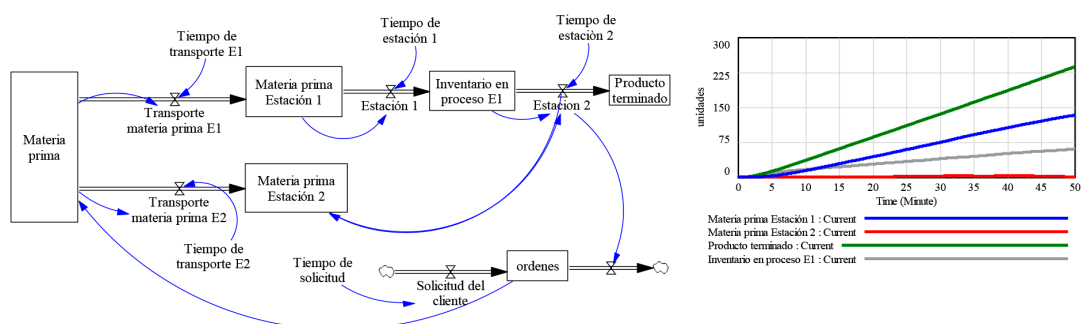


Figura 2. Modelo desarrollado en el software Vensim.

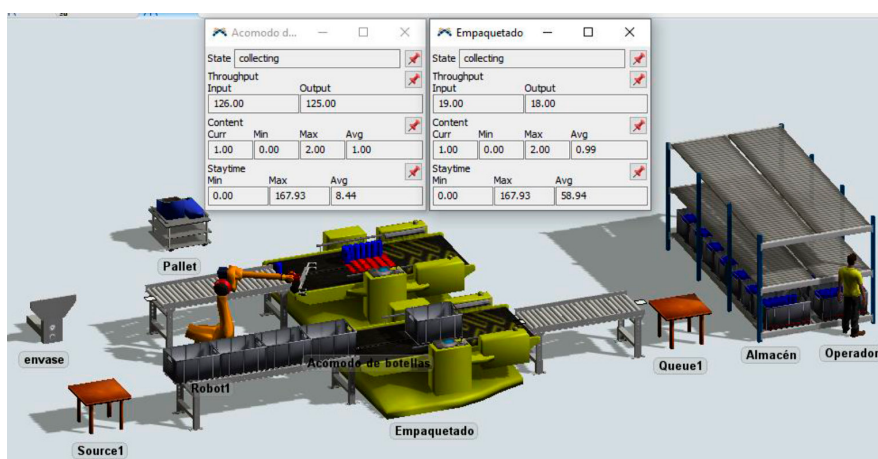


Figura 3. Modelo desarrollado en el software Flexsim.

El modelo desarrollado en el software *Vensim*, ver Figura 2, consistió en cinco variables de flujo que involucra el tiempo de transporte de materia prima, tiempo de estación y el tiempo del requerimiento del cliente, por otro lado, las variables de nivel indican la acumulación de inventario en proceso, materia prima y producto terminado, los cuales son monitoreados a través de una gráfica a lo largo de una escala de tiempo.

En el caso de la Figura 3, se presenta el modelo desarrollado en el software *Flexsim* en un entorno más gráfico, donde es posible apreciar la acumulación de material y el flujo de éste a lo largo del proceso

Evaluación de desempeño del curso

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de 47 participantes de acuerdo con las preguntas de control establecidas a lo largo de las sesiones.

El objetivo del taller está enfocado al análisis de sistemas productivos y a pesar de que, la optimización de procesos es un objetivo común para los ingenieros, esta temática resultó de ser de mayor interés para los ingenieros industriales. En la Figura 4 se observa que el 70% (33 participantes)

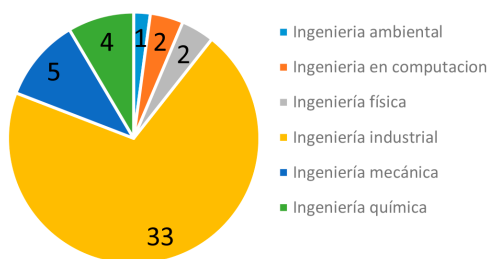


Figura 4. Licenciatura a la que pertenecen los 47 participantes del taller de modelado y simulación.

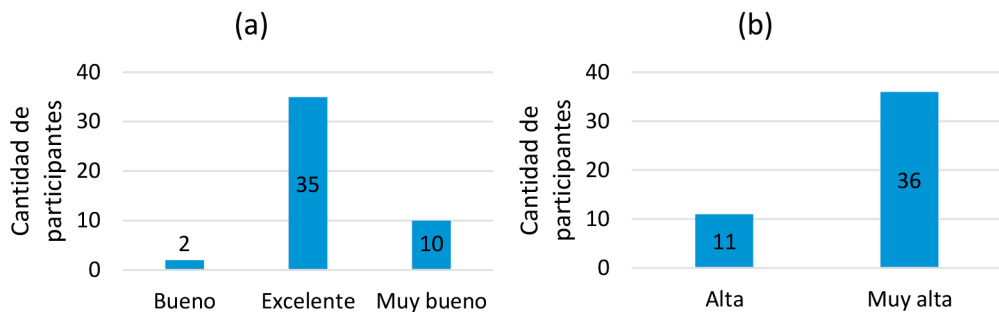


Figura 5. (a) explicación y aplicación de los diferentes programas de simulación y (b) grado de importancia de la recopilación de datos para la simulación.

pertenecen a la carrera de ingeniería industrial, el siguiente nivel de participación, representado por un 10% (5 participantes) pertenecen a la carrera de ingeniería mecánica.

En la Figura 5 (a) se presentan los resultados a la pregunta: *¿En qué medida considera usted que la explicación y aplicación de los diferentes programas de simulación le permitieron ampliar sus conocimientos previos?* Tomando en consideración que, hay cierto grado de conocimiento por parte de los participantes en lo que se refiere a sistemas de producción y que, el enfoque de reforzamiento teórico, así como la aplicación de los programas de simulación están enfocados para el complemento de dicho conocimiento.

Al observar la gráfica se observa que la mayoría de los participantes, aproximadamente un 75%, consideran que tanto la explicación y aplicación de los programas fue excelente y a pesar de que la mayoría de los participantes estableció al inicio del curso que no conocían nada del tema de simulación, el curso les permitió ampliar dichos conocimientos. Esto también permitió precisar que era necesario iniciar con el curso desde las bases teóricas, reforzadas con el sustento práctico de los casos desarrollados, algo que ayudó a mejorar la didáctica del taller.

En la Figura 5 (b) se evalúan los resultados a la pregunta: *¿En qué grado de importancia considera usted que la recopilación de datos (registro de tiempos) es fundamental para desarrollar una adecuada simulación del proceso de producción?* Debido a que, una de las variables principales analizadas durante los casos desarrollados en

el curso fue el tiempo del proceso, se indagó con las participantes la importancia de contar con un adecuado registro del mismo. El 75% de los participantes determinaron que el grado de importancia es muy alta. Esto pone en evidencia que, es necesario contar con información pertinente para el análisis del comportamiento del proceso y que el éxito de un adecuado análisis del comportamiento de un proceso radica también en la recopilación de los datos, procesamiento e ingreso de éstos al modelo. El 25% restante de los participantes opinó que el grado de importancia fue alta, esto quizás está relacionado con la técnica que fue utilizada en esta sesión para analizar los datos, la cual se trabajó de manera grupal.

En la Figura 6 (a) se presentan las opiniones de los participantes en cuanto a la facilidad del uso de ambos programas de simulación. En el desarrollo del curso se pusieron en práctica 2 programas de simulación, *Flexsim* y *Vensim*, ambos con diferente complejidad. Por un lado, *Flexsim* ofrece un entorno más gráfico y amigable, donde la incorporación de las variables no requiere de un desarrollo matemático como es el caso del software *Vensim*. Estas características se evidencian en las opiniones de los participantes donde la gran mayoría concuerdan que *Flexsim* es un programa más amigable para desarrollar la simulación, en el caso de *Vensim* hubo una opinión negativa al respecto, esto se le atribuye al desarrollo matemático que se requiere realizar incorporar los dato al modelo, analizar la interrelación de las variables y analizar el comportamiento del proceso.

Una gran mayoría de participantes, 89%, opinaron que la facilidad del programa *Flexsim* es alta y muy

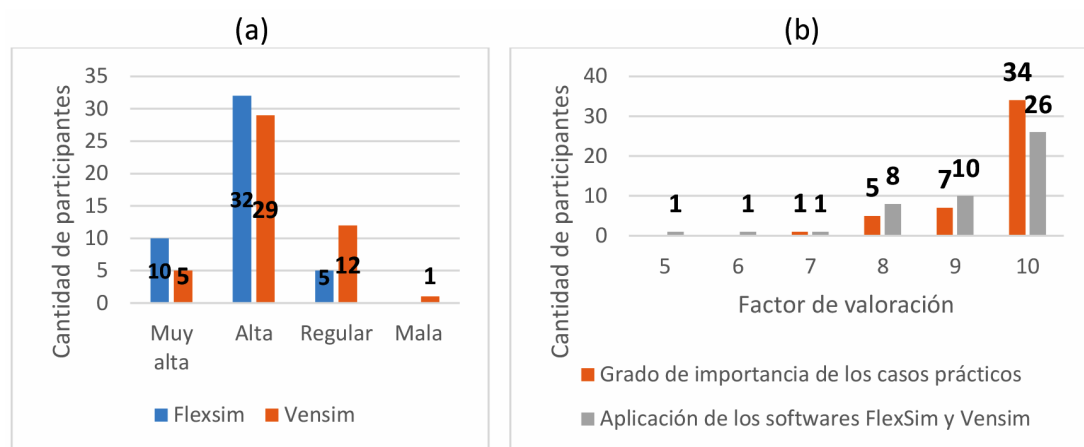


Figura 6. (a) facilidad de familiarización y desarrollo de la simulación en los dos programas de simulación utilizados y (b) grado de importancia y aplicación de los softwares de simulación.

alta, contrario a un 72% que opinan lo mismo para el programa *Vensim*. Esta información permite establecer el nivel de complejidad del caso práctico a analizar y aprovechar las características de cada programa a utilizar, por ejemplo, si se requiere hacer un análisis más visual se recomendaría establecer un caso práctico en donde el objeto de interés sea, por ejemplo, el flujo de material entre estaciones, pero si lo que se requiere es evaluar el impacto de la variabilidad de los tiempos en el proceso y cumplimiento de capacidad de producción, se podría considerar el software *Vensim*.

En la Figura 6 (b) se evalúa el grado de importancia que establecen los participantes en relación a los casos prácticos desarrollados durante el curso y el grado de importancia de la aplicación de ambos programas de simulación en la representación de procesos reales. La escala valorativa fue considerada del 1 al 10, donde 10 es la escala de mayor importancia. En esta medida, el 55% de los participantes opinan que en gran medida que la aplicación de los softwares para representar casos reales es muy alta, lo cual se ve reflejado en el alto grado de aprobación para los casos prácticos, donde un 72% opina que en gran medida los casos prácticos desarrollados ayudaron a una adecuada representación del comportamiento de procesos.

Esto refuerza el planteamiento que, mediante la interpretación de casos prácticos se puede ampliar el reforzamiento de aprendizaje de la simulación

de procesos y sobre todo que se cumplió el objetivo del taller ya que, la mayoría de los participantes si lograron hacer una adecuada representación de los procesos por medio de los programas empleados.

En la Figura 7, se presenta la opinión de los participantes en relación al grado de dificultad de los programas utilizados, donde 10 representa el grado de complejidad más alta. Aproximadamente el 50% de los participantes evaluaron el nivel de dificultad de ambos programas (*Flexsim* y *Vensim*) en una escala del 1 al 4, esto significa que, a pesar de la complejidad que representa cada programa, los participantes establecen que su grado de dificultad no fue un impedimento para desarrollar el modelo. Sin embargo, un 31% de los participantes consideraron

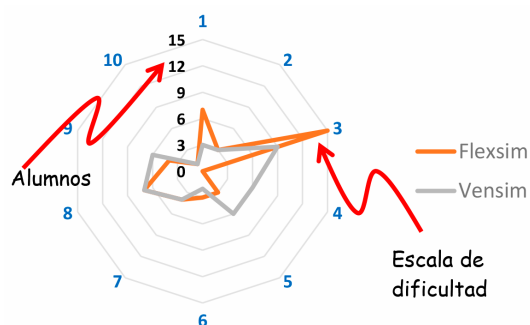


Figura 7. Valoración del nivel de dificultad para el desarrollo de la simulación en los programas Flexsim y Vensim.

un nivel de dificultad nivel 3 para *Flexsim* y un 19% para *Vensim* en esa misma escala, por otro lado, un 14% de los participantes evaluaron en igual medida, un nivel de dificultad 8 para ambos softwares. Por lo que podemos asumir que, al menos el 50% de los participantes consideran que los programas utilizados no representan una dificultad mayor para su desarrollo y análisis de casos prácticos.

En la Figura 8, se muestra el resultado de la consulta realizada a los participantes respecto la metodología general empleada a lo largo del curso. En esta Figura se presentan las características consideradas en la didáctica de impartición, lo que permitió definir cuáles fueron determinantes para el cumplimiento de los objetivos del taller.

El ritmo de trabajo no fue significativo ya que la calificación de importancia está dispersa, predominando una calificación baja esto significa que el tiempo asignado para cada una de las sesiones fue el adecuado, por otro lado, la modalidad de impartición virtual del taller no fue un impedimento notable para el logro de los objetivos del taller, ya que, la experiencia en línea en el taller no tuvo una calificación predominante por parte de los participantes.

La facilidad de comunicación entre los participantes e instructores fue muy bien calificada ya que un 63% (30 participantes) opinó que efectivamente se mantuvo una adecuada interacción a lo largo del curso, esto se complementa con el hecho de que, el 72% de los participantes (34) opinó que

hubo una resolución de dudas oportuna las cuales fueron atendidas de manera individual, grupal y en tiempo real. Al final esto se traduce en que, el 75% de los participantes (35) opinan que hubo una adecuada impartición de conocimientos por parte de los expositores, por lo que se puede asumir que hubo dominio del tema.

La evaluación proporcionada por los 47 participantes puso en evidencia el nivel de complejidad con el que ellos perciben el desarrollo de los casos prácticos en cada uno de los programas utilizados, así mismo se estableció que es determinante el contar con información precisa y oportuna para un adecuado análisis de comportamiento de los procesos. A pesar de que en su gran mayoría la explicación de los fundamentos teóricos, desarrollo de casos prácticos y utilización de los programas de simulación fue catalogada como excelente, fue notorio que para los participantes fue más fácil familiarizarse con el programa *Flexsim*.

En cuanto a las características importantes para un adecuado desempeño del taller, es necesario tomar en cuenta que es importante destinar el tiempo necesario al desarrollo de cada actividad, sobre todo si la modalidad de impartición es virtual en la que, la interacción con los participantes con los instructores es menos personalizada y se requiere brindar retroalimentación de manera oportuna. Finalmente, la preparación de los instructores y dominio del tema establecen un punto a favor para el cumplimiento de los objetivos del taller

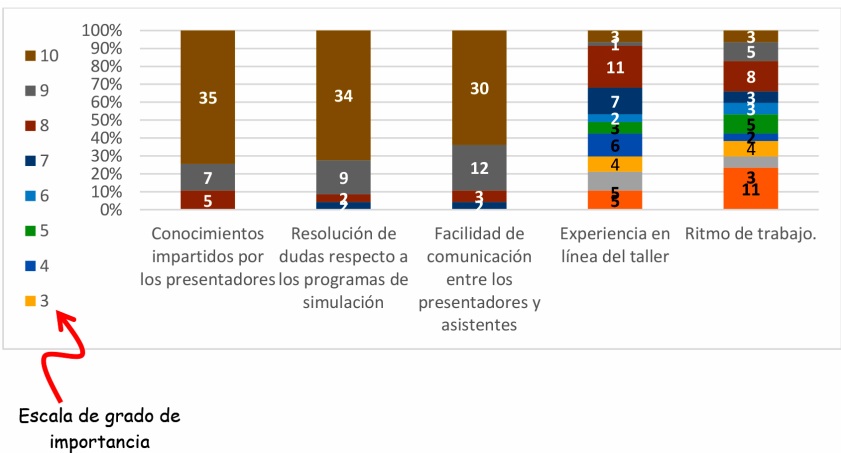


Figura 8. Valoración del desempeño del taller.

CONCLUSIONES

El objetivo del taller se logró satisfactoriamente, ya que los participantes lograron comprender los conceptos teóricos para desarrollar los procesos de simulación y, por otro lado, los instructores fueron partícipes de las bondades y complicaciones de impartir un taller en forma virtual, en donde, se evidencia que, se puede tener un proceso de enseñanza aprendizaje con la aplicación de las herramientas tecnológicas en un entorno virtual.

El desarrollo del taller se llevó a cabo en un entorno multidisciplinar en donde se contó con la participación de alumnos de diferentes ingenierías, esto contribuyó notablemente al enriquecimiento del desarrollo de los modelos y análisis de escenarios por medio de la simulación. El contenido y la estructura del taller permitió reforzar los conocimientos teóricos de algunos participantes, por otro lado, el análisis de información y registro de datos es muy importante porque permitió a los participantes entender el comportamiento del proceso, mientras que, de los softwares utilizados, *Flexsim* tienen un entorno gráfico y amigable lo que facilitó la didáctica de las actividades del taller y ayudó a una adecuada comprensión y desarrollo de los casos prácticos presentados en el taller, y por otro lado, los instructores se dieron cuenta de la dificultades y bondades de la enseñanza virtual.

Como área de oportunidad dentro de la didáctica del taller se detectó que es necesario emplear casos con un grado de complejidad un poco más alto y que permitan usar más herramientas de análisis dentro de la utilidad de los programas de simulación también considerando el tiempo que esto implicaría.

Los participantes concuerdan que, los temas de modelado y simulación son de gran importancia para implementar mejoras en los procesos productivos, analizar cambios de escenarios y de esta manera evaluar el impacto económico y productivo. Este estudio es de significancia dado que permite evaluar la transmisión de conocimientos y el aprendizaje de los receptores mediante métodos cualitativos y cuantitativos.

La evaluación puso en evidencia que si se establecen los tiempos adecuados para cada actividad no se presentará impedimento para el desarrollo del

taller en modalidad virtual, un factor de interés importante que es necesario tomar en cuenta para un buen desempeño de este tipo de actividad, es la retroalimentación continua sobre todo porque la interacción entre participantes e instructores se lleva a cabo a distancia. El grado de complejidad en los programas utilizados por parte de los participantes, permite establecer que es necesario trabajar con diferentes niveles de complejidad en cada caso práctico, aprovechando las ventajas y desventajas de cada programa de simulación.

Una de las principales limitaciones que se presentaron para llevar a cabo la didáctica fue el desarrollar un análisis comparativo de programas de simulación con el mismo caso práctico, esto permitiría establecer un indicador común en la determinación del grado de complejidad requerida.

Como trabajo a futuro se destaca importante poder evaluar el aprendizaje de los participantes a lo largo de las diferentes etapas de la sesión y no únicamente al inicio, en donde se estableció el nivel de conocimiento y a partir de ahí se definió el alcance de cada sesión.

REFERENCIAS

- [1] A. Abarzúa y C. Cerda. "Integración curricular de TIC en educación. Parvularia". Revista de Pedagogía. Vol. 32 Nº 90, pp. 13-43. 2011. ISSN: 0798-9792. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65920055002>
- [2] M. Cruz, J. Sandí y I. Víquez. "Diseño de situaciones educativas innovadoras como estrategia didáctica para fortalecer el proceso de enseñanza –aprendizaje". Didasc@lia: Didáctica y Educación. Vol. 8 Nº 2, pp. 99-116. 2017. ISSN: 2224-2643. URL: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61270>
- [3] World Economic Forum. "The Future of Jobs", pp. 19-71. 2016. Fecha de consulta: 26 de junio de 2021. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- [4] D. Puente, M.A. Ballesteros y A. Palazón. "E-learning-teleformación diseño, desarrollo y evaluación de la formación a través de Internet". Gestión 2000, pp. 178. Barcelona, España. ISBN: 8480886978. 2002. URL: https://www.researchgate.net/publication/234007830_E-learning-

- Teleformacion_Disenio_desarrollo_y_evaluacion_de_la_formacion_a_traves_de_internet
- [5] R. Casales, J. Rojas y G. Paulí. “Algunas experiencias didácticas en el entorno de la plataforma Moodle”. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*. Vol. 5 N° 1, pp. 1-10. 2008. ISSN: 1667-8338. URL: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/articulos.htm>
- [6] M. Sánchez, O. Vidal y O. García. “Experiencias en la docencia universitaria de ambientes virtuales apoyados en las tecnologías de información”. *Revista Electrónica ANFEI Digital*. Vol. 3 N° 6, pp. 1-10. 2017. ISSN: 2395-9878. URL: <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/359>
- [7] R. González, R. Polanco y E. Peñalosa. “Desarrollo de una escala de actitudes hacia el uso de las Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC) en la actividad docente”. *Revista de la Educación Superior*. Anuies. Vol. 50 N° 197, pp. 97-116. 2021. e-ISSN: 2395-9037. URL: <http://189.254.1.230/ojs/index.php/resu/article/view/1581>
- [8] E. Crisol, L. Herrera y R. Montes. “Educación virtual para todos: una revision systemática”. *Education in the Knowledge Society*. Vol. 21 N° 197, pp. 15.1-15.13. 2020. e-ISSN: 2444-8729. DOI: 10.14201/eks.23448.
- [9] C. Fredes, J. Hernández y D. Díaz. “Potencial y Problemas de la Simulación en Ambientes Virtuales para el Aprendizaje”. *Formación universitaria*. Vol. 5 N° 1, pp. 45-46. 2012. ISSN: 0718-5006. DOI:10.4067/S0718-50062012000100006.
- [10] D. Ríos, S. Ríos, J. Martín y A. Jiménez. “Simulación: Métodos y aplicaciones”. Alfaomega Grupo Editor. Segunda edición, pp. 230. México. ISBN: 847897895X. 2008.
- [11] H. González, F. Echeverry y A. Zuluaga. “Enseñanza de logística con lúdica en universidades de Medellín, Colombia”. *Plumilla Educativa*. Vol. 26 N° 2, pp. 103-125. 2020. e-ISSN: 2619-1733. DOI: 10.30554/pe.2.4041.2020.
- [12] G. Contreras y P. Carreño. “Simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza”. *Ingenium*. Revista de la Facultad de Ingeniería. Vol. 13 N° 25, pp. 107-119. 2012. ISSN: 0124-7492. URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038479>
- [13] N. Monjelat y G. Rodríguez. “Repensando la programación como formación práctica en Ingeniería: Un estudio de caso en primer año”. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*. Vol. 26 N° 1, pp. 172-183. 2018. ISSN: 0718-3305. DOI: 10.4067/S0718-33052018000100172.
- [14] J. Giraldo, C. Toro y F. Jaramillo. “Aprendiendo sobre la Secuenciación de Trabajos en un Job Shop mediante el Uso de Simulación”. *Formación Universitaria*. Vol. 6 N° 4, pp. 27-28. 2013. ISSN: 0718-5006. DOI: 10.4067/S0718-50062013000400004.
- [15] E. Durán, R. Costaguta y M. Gola. “El modelo B-learning implementado en la asignatura simulación. RIED”. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. Vol. 14 N° 2, pp. 149-166. 2011. ISSN: 1138-2783. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331427215008>
- [16] Y. Forero-Páez y J. Giraldo. “Simulación de un Proceso de Fabricación de Bicicletas: Aplicación Didáctica en la Enseñanza de la Ingeniería Industrial”. *Formación Universitaria*. Vol. 9 N° 3, pp. 39-50. 2016. ISSN: 0718-5006. DOI: 10.4067/S0718-50062016000300006.
- [17] C. Gómez. “Uso de APA como trabajo colaborativo en ambiente multicampus en modelo educativo por competencias”. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, pp. 1-9. Colombia. 2020. URL: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/743>
- [18] F. García, A. Corell, V. Abella y M. Grande. “La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19”. *Education in the Knowledge Society*. Vol. 21 N° 12, pp. 12-13. 2020. e-ISSN: 2444-8729. DOI: 10.14201/eks.23013.
- [19] F. García. “Evaluación online del aprendizaje: Reflexiones en tiempos de la COVID-19”. *Zenodo*. 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3921801.
- [20] H. Fardoun, C. González, C. Collazos y M. Yousef. “Estudio exploratorio en Iberoamérica sobre procesos de enseñanza-aprendizaje y propuesta de evaluación en tiempos de pandemia”. *Education in the Knowledge*

- Society. Vol. 21 N° 17, pp. 17.1-17.9. 2020. e-ISSN: 2444-8729. DOI: 10.14201/eks.23537.
- [21] R. Ruiz, J. Framián, M. Crespo y A. Muñoz. "Simulación continua y discreta de un sistema de producción con inventario en proceso constante". IV Congreso de Ingeniería de Organización. Sevilla, España. 13-14 de septiembre de 2001. URL: <http://hdl.handle.net/11441/46671>
- [22] A. Tako and S. Robinson. "The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context". Decision Support System. Vol. 54 N° 4, pp. 802-815. 2012. DOI: 10.1016/j.dss.2011.11.015.
- [23] M. Jahangirian, T. Eldabi, A. Naseer, L. Stergioulas and T. Yung. "Simulation in manufacturing and business: A review". European Journal of Operational Research. Vol. 203 N° 1, pp. 1-13. 2010. DOI: [org/10.1016/j.ejor.2009.06.004](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.004).
- [24] M. Díaz, M. Román y R. Zárate. "Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba". Científica. Vol. 22 N° 2, pp. 97-104. 2018. ISSN: 1665-0654. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458109002>
- [25] J. Pinto. "Metodología de la investigación social: Paradigmas: cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario". Ediciones de la U. Colombia. ISBN: 9789587628609. 2018.
- [26] J.L. Abreu. "Hipótesis, método & diseño de investigación". Daena. International Journal of Good Conscience. Vol. 7 N° 2, pp. 187-197. 2012. ISSN: 1870-557X.
- [27] M. Rendón, M. Villasis y M. Miranda. "Estadística descriptiva". Revista Alergia México. Vol. 63 N° 4, pp. 397-407. 2016. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>
- [28] C. Dios y L. Pérula. "Factores relacionados con el manejo inefectivo del régimen terapéutico en pacientes crónicos de consulta de enfermería". Index de Enfermería. Vol. 21 N° 1-2, pp. 14-17. 2012. DOI:10.4321/S1132-12962012000100004.
- [29] J. Mira, V. Pérez, S. Lorenzo, J. Aranaz y J. Vitaller. "La investigación cualitativa: una alternativa también válida". Atención Primaria. Vol. 34 Issue 4, pp. 161-166. 2004. DOI:10.1016/S0212-6567(04)78902-7.