

Edición Digital Nro. 1
Noviembre 2020

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Martin Mayori Machicado	RECTOR a.i.
Ing. Felix Manzaneda Delgado	VICERRECTOR a.i.
Ing. Alberto Arce Tejada	SECRETARIO GENERAL
Ing. Freddy Gutierrez Barea	DECANO INGENIERÍA a.i.
Ing. Marcos Montesinos Montesinos	VICE DECANO INGENIERÍA a.i.
Ing. Franz Zenteno Benitez	DIRECTOR INGENIERÍA INDUSTRIAL

REVISTA INDUSTRIAL 4.0
EDICIÓN DIGITAL N° 1 NOVIEMBRE 2020

COMITE EDITOR

Ing. Monica Lino
Ing. Mario Zenteno Benitez
Ing. Oswaldo Terán Modregon

DISEÑO VERSIÓN IMPRESA & WEB
Ing. Enrique Orosco Crespo

WEB
<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>

EMAIL
revistaindustrial4.0@umsa.bo

DIRECCION CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175 Plaza Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
industrial.umsa.bo
ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com

TELEFONOS
2205000 - 2205067 int. 1402

La Paz - Bolivia

LABORATORIOS 4.0

Digitalización del proceso de enseñanza

Juan Pablo Fernández Rocha, ORCID: 0000-0002-1650-8963
Ingeniería Industrial, Universidad Mayor de San Andrés
jpfernandez3@umsa.bo

Recibido: 24 de julio de 2020; Aprobado: 21 de septiembre de 2020

Resumen

La iniciativa de Laboratorios 4.0, pretende utilizar algunas de las herramientas de la Industria 4.0, para complementar la formación de los estudiantes de la Carrera, a través de un proceso de investigación – acción, donde los estudiantes son los artífices del diseño y desarrollo de sus propios medios virtuales de aprendizaje, bajo un concepto de trabajo colaborativo abierto que permita perfeccionar dichos medios virtuales en el tiempo, y ser utilizados por toda la comunidad de estudiantes de Ingeniería Industrial.

En el presente artículo, se mencionarán las características que tienen los Laboratorios 4.0, el rol fundamental de los estudiantes en el proceso de digitalización de la enseñanza.

Palabras clave: 1. Industria 4.0; 2. Trabajo colaborativo; 3. Investigación – Acción; 4. Medios virtuales de aprendizaje; 5. Laboratorios 4.0

Abstract

The Laboratories 4.0 initiative aims to use some of the tools of Industry 4.0, to complement the training of the students of the Career, through a process of research - action, where the students are the architects of the design and development of their own virtual learning media, under a concept of open collaborative work that allows

perfecting these virtual media over time, and be used by the entire community of Industrial Engineering students.

In this article, the characteristics of Laboratories 4.0, the fundamental role of students in the digitization process of teaching, will be mentioned.

Key words: 1. Industry 4.0; 2. Collaborative work; 3. Research - Action; 4. virtual learning media; 5. Laboratories 4.0

1. Introducción

La actual pandemia vivida a nivel mundial, sin duda trajo cambios significativos en la manera que la sociedad desarrolla todas sus actividades. El ámbito académico no fue la excepción, siendo una de las actividades donde mayores cambios se tuvieron que realizar. Si bien el uso del internet y los medios virtuales ya forman parte de los medios de apoyo más importantes en la formación académica en nuestro medio, todavía no se obtiene el mayor provecho, siendo que su uso básicamente se limita a plataformas educativas, videoconferencias, servicios de mensajería y redes sociales.

Aunque el uso de dichos medios virtuales ya se constituye en un gran avance en la digitalización del proceso de enseñanza, las características tecnológicas de la Carrera de Ingeniería Industrial, obligan a complementar aún más el proceso de enseñanza – aprendizaje, empleando recursos virtuales acordes a la exigente formación académica impartida en la Facultad Ingeniería, y a las tendencias tecnológicas aplicadas en la industria nacional e internacional. En este sentido, el internet de las cosas, y los pilares de la Industria 4.0, representan una mega tendencia tecnológica que brinda acceso a una gran cantidad de recursos que pueden ser utilizados para complementar la formación de los estudiantes, tanto en una modalidad presencial, así como en una virtual.

La iniciativa de Laboratorios 4.0, pretende utilizar algunas de las herramientas de la Industria 4.0, para complementar la formación de los estudiantes de la Carrera, a través de un proceso de investigación – acción, donde los estudiantes son los artífices del diseño y desarrollo de sus propios medios virtuales de apoyo, bajo un concepto de trabajo colaborativo abierto que permita perfeccionar dichos medios

virtuales en el tiempo, y ser utilizados por toda la comunidad de estudiantes de Ingeniería Industrial.

En la presente publicación, no se ahondará en los conceptos de la Cuarta Revolución Industrial, simplemente se reflejará cómo se implementaron algunas de sus herramientas en los laboratorios de Ingeniería de Métodos y Manufactura Esbelta, durante la gestión 2019.

Bajo este contexto, en una primera etapa de la iniciativa de Laboratorios 4.0, se buscaron los siguientes objetivos:

Objetivos

○ Objetivo general

Digitalizar el proceso de enseñanza – aprendizaje del laboratorio de Ingeniería de Métodos y Manufactura Esbelta de la Carrera de Ingeniería Industrial.

○ Objetivos Específicos

- ✓ Desarrollar instrumentos virtuales para el auto aprendizaje de herramientas tecnológicas digitales.
- ✓ Diseñar instrumentos digitales de apoyo al desarrollo de prácticas de laboratorio presenciales y virtuales.
- ✓ Desarrollar instrumentos digitales de apoyo a la gestión y ejecución de prácticas empresariales

2. Metodología

○ Problemática

La Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés, se caracteriza por vincular a sus estudiantes con instituciones del sector público y privado, desde sus primeros semestres de formación, dando la posibilidad de generar espacios donde los estudiantes puedan contrastar la teoría con la práctica

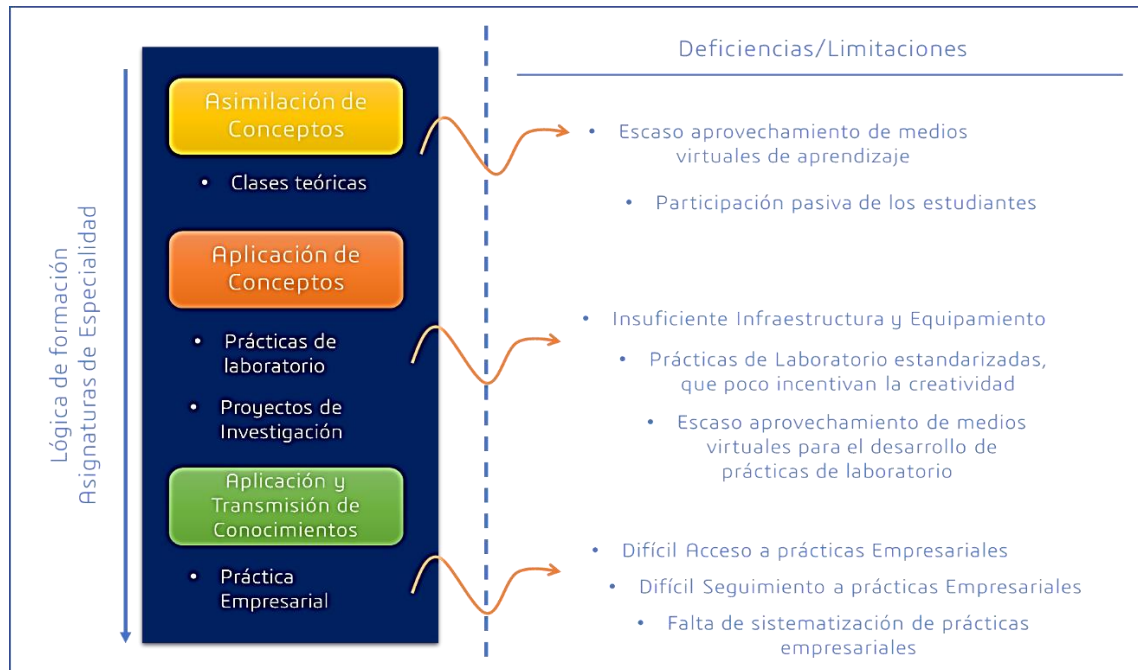
y contribuir de manera significativa en la búsqueda de soluciones a problemas que aquejan a dichas instituciones.

Para esta importante labor, gran parte de las asignaturas de especialidad en la Carrera, fueron diseñadas bajo una lógica de formación que inicia con la asimilación de conceptos, a través de las clases magistrales desarrolladas en aula, continuando con la puesta en práctica de dichos conceptos, mediante las prácticas de laboratorio y proyectos de investigación, culminando en la interacción con el sector privado y público, dado por la práctica empresarial que realizan todos los estudiantes de la Carrera. Esta lógica de formación, exige que los estudiantes asimilen rápidamente los conceptos y principalmente que sean capaces de llevarlos a la práctica en entornos reales, desde sus primeros semestres de formación.

De manera personal, se considera que esta lógica de formación es muy beneficiosa para los estudiantes, así como para las empresas, considerando que como fruto de la interacción estudiante – empresa, se generan importantes propuestas de mejora y transmisión de conocimientos entre los involucrados.

A lo largo de la experiencia como Docente de la Carrera de Ingeniería Industrial, se ha venido utilizado esta misma metodología de formación, con muy buenos resultados, aunque al mismo tiempo evidenciando también algunas deficiencias y limitaciones durante este proceso de formación. En la siguiente figura, se presenta esquematizada la lógica de formación en asignaturas de especialidad y las deficiencias y limitaciones identificadas.

Figura 1: Deficiencias y Limitaciones en el proceso de enseñanza en asignaturas con Laboratorio y Práctica Empresarial



Fuente: Elaboración propia con base en guía académica 2015, Ingeniería Industrial - UMSA

- **Escaso aprovechamiento de medios virtuales:** La situación actual dada por la pandemia, de alguna manera contribuyó a que los docentes adopten diversas herramientas virtuales, estableciendo nuevos mecanismos de interacción entre docentes y estudiantes. Estos nuevos mecanismos deben continuar, y potenciarse para obtener un mayor provecho de la tecnología que se tiene al alcance.
- **Participación pasiva de los estudiantes:** A pesar del gran talento que tienen los estudiantes de la Carrera, en muchas ocasiones se puede apreciar que no están acostumbrados a tener un rol protagónico en el proceso de enseñanza-aprendizaje, limitándose a cumplir las exigencias del docente evitando ser parte activa del desarrollo de la asignatura.
- **Insuficiente infraestructura y equipamiento:** Sin duda, en los últimos años la Carrera hizo un esfuerzo extraordinario para mejorar las condiciones de infraestructura y equipamiento, pero será muy difícil que pueda ir al mismo ritmo del crecimiento de la población estudiantil, significando que siempre existirán ciertas limitaciones para atender de manera adecuada a todos los

estudiantes que requieren hacer uso de los ambientes y equipos, en especial de los laboratorios.

- ***Prácticas de laboratorio estandarizadas, que poco incentivan la creatividad:*** De manera general, los laboratorios cuentan con una guía que proporciona instrucciones detalladas de cómo realizar la práctica de laboratorio, y cuáles son los resultados que se deben alcanzar. Esta modalidad de práctica, si bien es efectiva a la hora de reforzar los conceptos teóricos, limita bastante la creatividad de los estudiantes.
- ***Escaso aprovechamiento de medios virtuales para el desarrollo de prácticas de laboratorio:*** Las características de los laboratorios y el elevado costo de software especializado, hacen que en la actualidad los laboratorios sean los componentes con menor grado de digitalización, dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje. La actual pandemia, reflejó una escasa utilización de entornos virtuales específicos para el desarrollo de prácticas de laboratorio, afectando la calidad académica brindada en la Universidad.
- ***Difícil acceso a prácticas empresariales:*** Un número importante de asignaturas de la Carrera, cuentan con el requisito de práctica empresarial, siendo que cada estudiante es responsable de gestionar una empresa para realizar su práctica. Especialmente en los primeros semestres de la Carrera, se hace difícil el acceso a prácticas empresariales, ya que los estudiantes todavía no cuentan experiencia y conocen muy pocas empresas para hacer las gestiones respectivas.
- ***Difícil seguimiento de prácticas empresariales:*** La cantidad de estudiantes inscritos en cada asignatura, dificulta bastante al docente realizar el seguimiento respectivo a los estudiantes, en el avance y correcta conclusión de la práctica empresarial. Al no existir mecanismos establecidos en la carrera, para el seguimiento y control de la práctica empresarial, la responsabilidad recae exclusivamente en el docente.
- ***Falta de sistematización de prácticas empresariales:*** Los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, realizan prácticas empresariales hace más de dos décadas, sin embargo, no se cuenta con ningún registro de las mismas. Es evidente, que las prácticas empresariales son apreciadas por los

empresarios, pero lamentablemente no existe ninguna evidencia sistematizada que demuestre el aporte que hacen los estudiantes de la Carrera.

○ Desarrollo del Modelo

La iniciativa de Laboratorios 4.0, pretende ser un modelo disruptivo frente a las prácticas de laboratorio tradicionales, fundamentando su funcionamiento en la participación activa y colaborativa de la comunidad estudiantil, bajo una orientación y coordinación del docente. El modelo propuesto, exige al estudiante usar al máximo su creatividad y a través de un proceso de investigación – acción, ser capaz de reflexionar sobre su propia práctica, planificarla e introducir mejoras progresivas. En la siguiente figura, se puede apreciar el funcionamiento de los laboratorios 4.0 y cuales las metas planteadas con su implementación:

Figura 2: Metas del Modelo de Laboratorios 4.0



Fuente: Elaboración propia

- **Generación de material virtual de autoaprendizaje:** Existe una gran cantidad de herramientas tecnológicas que no son abordadas en los contenidos curriculares de las asignaturas de la Carrera, significando que los estudiantes deben acceder por un medio distinto a la Universidad a dichas herramientas. La generación de material virtual de autoaprendizaje pretende

facilitar el acceso a herramientas tecnológicas, a través de las plataformas virtuales de la Carrera y el trabajo colaborativo de los estudiantes.

- **Desarrollo de instrumentos digitales para la realización de prácticas de laboratorio:** A partir del proceso de autoaprendizaje y el trabajo colaborativo de los estudiantes, será posible que en los laboratorios, los estudiantes cuenten con instrumentos digitales de apoyo generados por ellos mismos, simplificando su tarea y garantizando una correcta ejecución de la práctica.
- **Desarrollo de entornos virtuales para la realización de prácticas de laboratorio:** Uno de los grandes retos para la iniciativa de laboratorios 4.0, es la de generar entornos virtuales para el desarrollo remoto de prácticas de laboratorio. La cantidad creciente de estudiantes y los recursos disponibles para la ampliación de infraestructura y equipamiento, siempre serán una dificultad para cualquier Carrera, los entornos virtuales pueden generar una experiencia similar de aprendizaje, pero a un costo mucho menor. En una etapa inicial de la iniciativa de los laboratorios 4.0, el desarrollo de entornos virtuales no fue considerado, ya que implica la inversión en equipamiento, que se espera pueda ser adquirido próximamente.
- **Desarrollo de instrumentos digitales para la gestión y ejecución de prácticas empresariales:** Si bien las prácticas empresariales no son consideradas como prácticas de laboratorio, ambas actividades se encuentran íntimamente ligadas, ya que el estudiante básicamente replica en la empresa lo que hace en el laboratorio. En este sentido, se hace necesario contar con instrumentos adecuados para la gestión, ejecución y control de prácticas empresariales, permitiendo de manera simple, documentar y sistematizar el trabajo desempeñado por los estudiantes en su práctica empresarial.

○ Experimento

La etapa inicial de prueba del modelo de Laboratorios 4.0, consideró solamente a los laboratorios de Ingeniería de Métodos y Manufactura Esbelta, ya que cuentan con características similares en el desarrollo de sus prácticas de laboratorio,

además de contemplar una práctica empresarial, donde los estudiantes tienen la posibilidad de replicar en la empresa, la experiencia generada en el laboratorio.

Durante la gestión 2019, se desarrolló la etapa inicial de prueba del modelo de laboratorios 4.0, siendo que durante dicho periodo, se trató de profundizar en el proceso de investigación – acción, el trabajo en equipo, la planificación y la incorporación de mejoras progresivas en cada práctica de laboratorio, empleando como soporte tecnológico los pilares de la Industria 4.0.

De manera general, las herramientas de Industria 4.0 incorporadas en las prácticas de laboratorio, se centraron en 6 de los 9 pilares de la Industria 4.0:

- Simulación 3D
- Sistemas de Integración Horizontal y vertical
- Internet de las cosas
- La Nube
- Big Data
- Realidad aumentada y Realidad Virtual

3. Análisis y evaluación de los resultados obtenidos

A continuación, se presentarán los resultados alcanzados más relevantes en la etapa inicial de prueba del modelo de Laboratorios 4.0.

Meta 1: Generación de material virtual de autoaprendizaje

Resultados Alcanzados: R1. Generado un curso virtual de modelado 3D
 R2. Generado un curso virtual de simulación 3D

- R1. Generado un curso virtual de modelado 3D

Principales Características del curso	
<i>Denominación del curso:</i>	Modelado 3D aplicado en Ingeniería e Industria
<i>Carga Horaria:</i>	100 horas
<i>Estructura:</i>	3 módulos – (Inicial – Intermedio – Avanzado)
<i>Material de apoyo:</i>	83 videos en formato MP4 3 guías multimedia en formato HTML (1 guía por cada módulo)
<i>Disponibilidad:</i>	El curso se encuentra abierto a los estudiantes de la Carrera, a través de la plataforma CLASSROOM.



Fig. 1. Presentación del curso



Fig. 2. Formato de video de apoyo

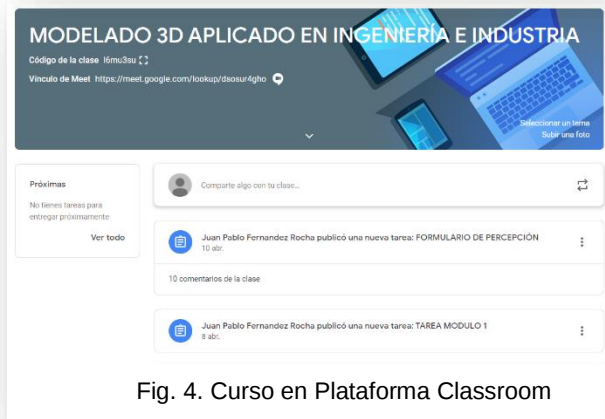
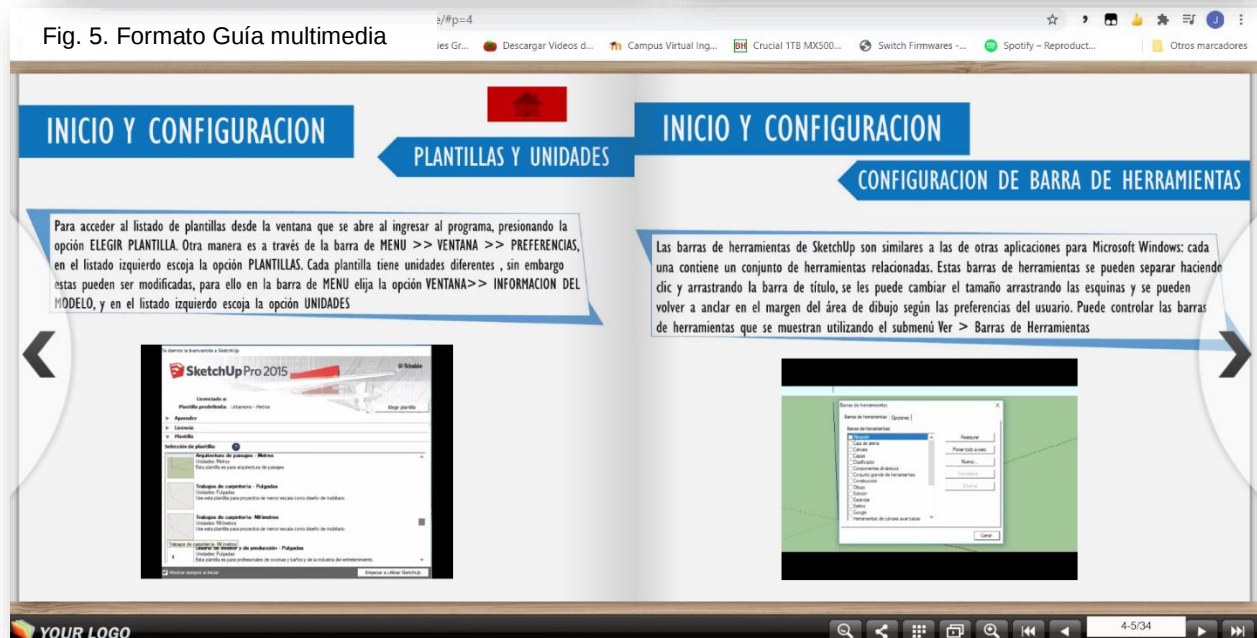


Fig. 4. Curso en Plataforma Classroom



Fig. 5. Estudiantes inscritos en curso virtual (64)



▪ R2. Generado un curso virtual de simulación 3D

Principales Características del curso	
Denominación del curso:	Simulación 3D aplicada al análisis de procesos de manufactura y servicios
Carga Horaria:	100 horas
Estructura:	4 módulos – (Inicial – Intermedio)
Material de apoyo:	98 videos en formato MP4 4 guías multimedia en formato HTML (1 guía por cada módulo)
Disponibilidad:	El curso se encuentra abierto a los estudiantes de la Carrera, a través de la plataforma MOODLE, dentro la materia de Ingeniería de Métodos.



Fig. 1. Presentación del curso

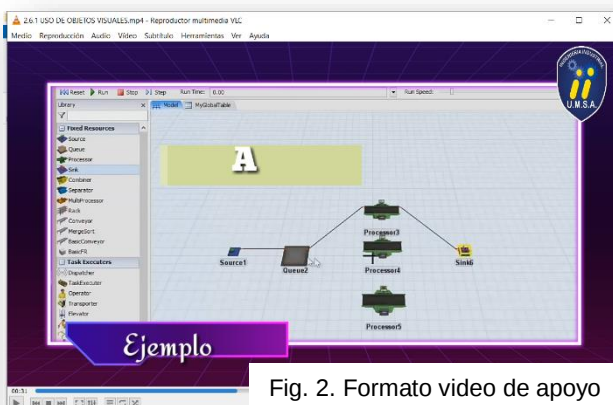


Fig. 2. Formato video de apoyo

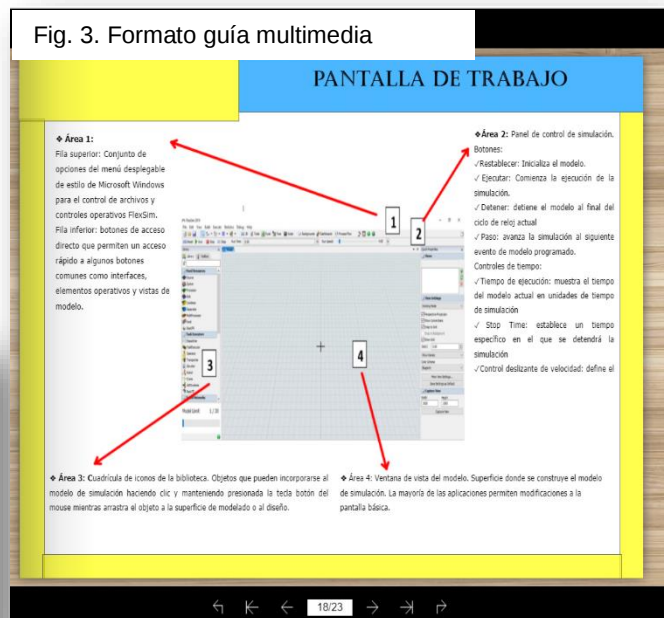


Fig. 3. Formato guía multimedia



Fig. 4. Curso en plataforma MOODLE



Fig. 5. Estudiantes inscritos en curso virtual (79)

Meta 2: Desarrollo de instrumentos digitales para la realización de prácticas de laboratorio

Resultados Alcanzados: R3. Generado un asistente virtual para el desarrollo de prácticas de laboratorio de Ingeniería de Métodos

R4. Generadas aplicaciones Android para la realización de prácticas de laboratorio de Manufactura Esbelta

- R3. Generado un asistente virtual para el desarrollo de prácticas de laboratorio de Ingeniería de Métodos

Principales Características del Asistente	
<i>Denominación de la aplicación:</i>	Asistente virtual de laboratorio "METHODIX"
<i>Plataforma:</i>	Android

Principales Características del Asistente	
<i>Prácticas contempladas en el asistente virtual:</i>	• Conformación Equipos de trabajo • Factory Simulation – OPT • Medición del desempeño • Diagramas de proceso • Mapeo de la cadena de valor • Medición del trabajo • Teoría de restricciones
<i>Función principal de la aplicación:</i>	Apoyar al estudiante en el correcto registro de datos, durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio.
<i>Disponibilidad:</i>	Aplicación proporcionada a todos los estudiantes de Ingeniería de Métodos

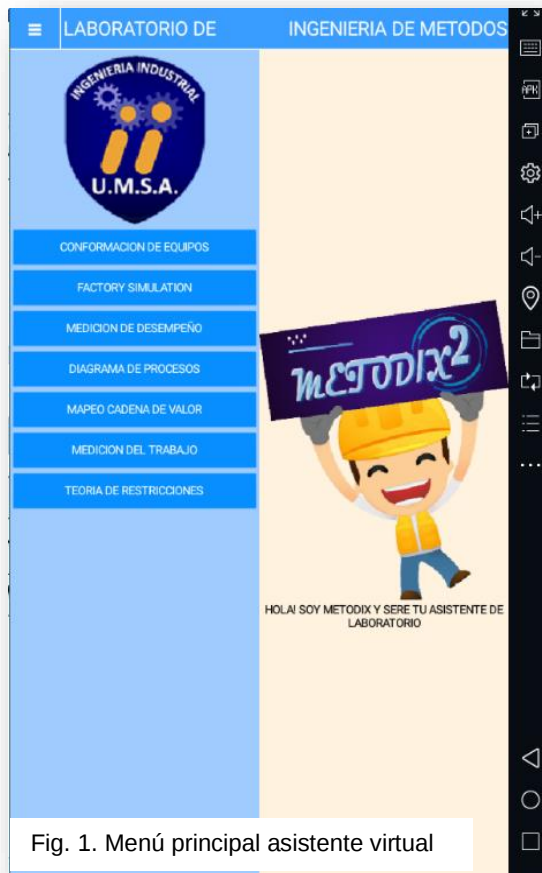


Fig. 1. Menú principal asistente virtual



Fig. 2. Menú laboratorio OPT



Fig. 3. Menú laboratorio medición del desempeño

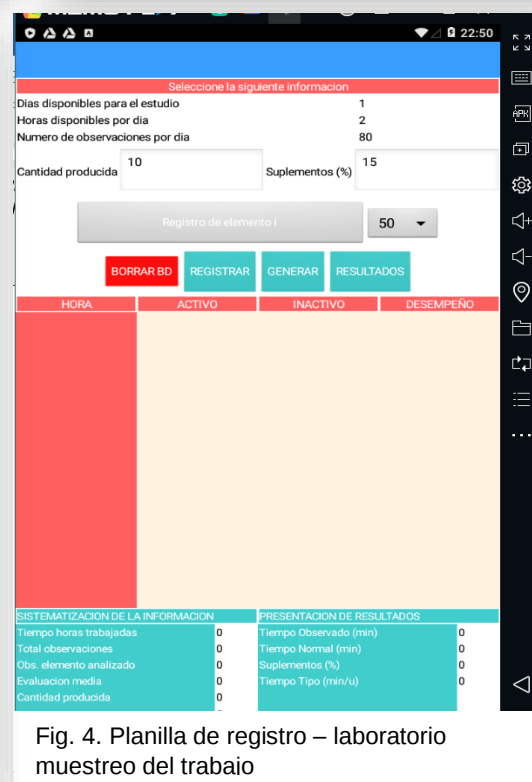


Fig. 4. Planilla de registro – laboratorio muestreo del trabajo

- R4. Generadas aplicaciones Android para la realización de prácticas de laboratorio de Manufactura Esbelta

Principales Características	
<i>Finalidad:</i>	Generar herramientas digitales a medida, para optimizar la producción empleando las técnicas de manufactura esbelta.
<i>Metodología de trabajo:</i>	Cada equipo de laboratorio necesariamente debía desarrollar sus propias aplicaciones y mejorarlas de manera progresiva a lo largo del semestre.
<i>Plataforma:</i>	Android
<i>Principales Funciones:</i>	Integración del sistema simulado en laboratorio Tarjetas digitales Kanban Señales Andon

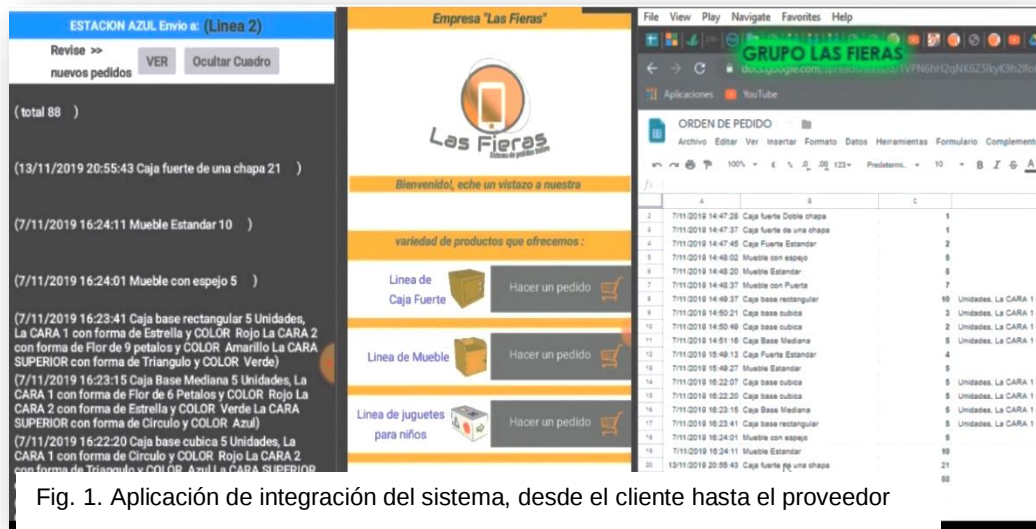


Fig. 1. Aplicación de integración del sistema, desde el cliente hasta el proveedor

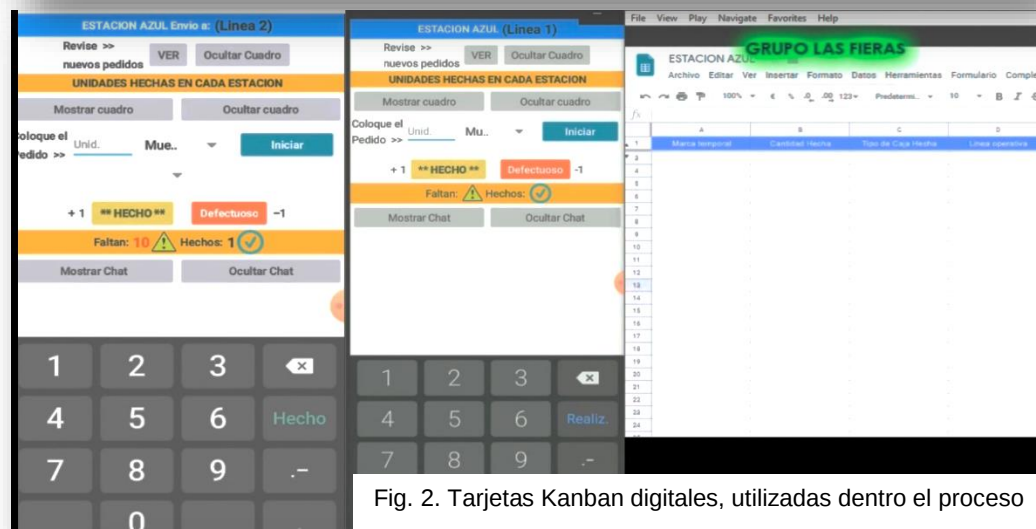


Fig. 2. Tarjetas Kanban digitales, utilizadas dentro el proceso



Fig. 3. Señales Andon, utilizadas en cada estación de trabajo

Meta 3: Desarrollo de instrumentos digitales para la gestión y ejecución de prácticas empresariales

Resultados Alcanzados: R5. Generada una planilla parametrizada para la realización de un plan de mejora durante la práctica empresarial de Ingeniería de Métodos

R6. Desarrollado un sistema de seguimiento y monitoreo de prácticas empresariales

- R5. Generada una planilla parametrizada para la realización de un plan de mejora durante la práctica empresarial de Ingeniería de Métodos

Principales Características de la planilla	
Denominación de la planilla:	Plan de Mejora V.2.0
Finalidad:	Estandarizar la estructura del plan de mejora a realizar en la práctica empresarial
Plataforma:	Windows – Planilla elaborada en MS Excel
Disponibilidad:	Planilla proporcionada a todos los estudiantes de Ingeniería de Métodos

Fig. 1. Planilla Plan de Mejora

Fig. 2. Manual de usuario Planilla Plan de Mejora

- R6. Desarrollado un sistema de seguimiento y monitoreo de prácticas empresariales

Principales Características del sistema	
<i>Denominación:</i>	Sistema de Seguimiento y Monitoreo de Prácticas Empresariales
<i>Finalidad:</i>	Facilitar el control y sistematización de prácticas empresariales
<i>Plataforma:</i>	Android - Windows
<i>Disponibilidad:</i>	Aplicación disponible para el docente y los estudiantes designados para el registro en bases de datos
<i>Confidencialidad de la información:</i>	La información registrada es de uso estrictamente académico, y de uso exclusivo de la Universidad, a fin de mejorar la formación de los estudiantes y brindar mejores servicios de asistencia técnica a las empresas.



Fig. 1. Menú principal sistema de seguimiento y monitoreo

Fig. 2. Registro de Empresas

Fig. 3. Base de datos Módulo Estudiantes

Fig. 4. Reporte desempeño Estudiantes

Fig. 5. Base de datos Módulo Estudiantes

Fig. 6. Reporte Empresas

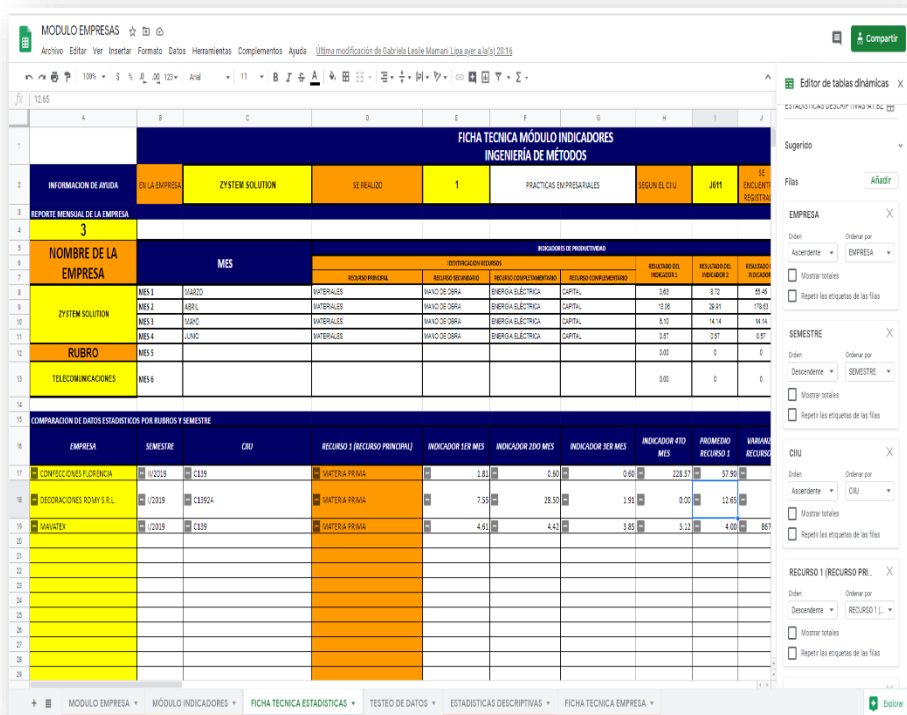


Fig. 7. Reporte de estadísticas

4. Conclusiones

Durante la gestión 2019, se llevó adelante la etapa inicial de prueba del modelo de Laboratorios 4.0, en el marco de las actividades académicas programadas en los laboratorios de Ingeniería de Métodos y Manufactura Esbelta. A continuación, se presentarán las principales conclusiones del trabajo realizado en dicha actividad académica:

- A lo largo de la gestión 2019, participaron alrededor de 40 estudiantes en la generación de las herramientas digitales de apoyo a los laboratorios de Ingeniería de Métodos y Manufactura Esbelta, demostrando de manera contundente que los estudiantes pueden asumir un rol protagónico y participativo en el proceso de digitalización de la enseñanza.
- El trabajo colaborativo abierto, orientado por la mejora continua, se constituye en uno de los pilares más importantes del modelo de laboratorios 4.0, demostrando que esta iniciativa puede ser sostenible en el tiempo y ser replicada y mejorada de semestre a semestre.



Fig. 8. Encuesta de Evaluación a los estudiantes por parte de la empresa

- El modelo de laboratorios 4.0 puede ser fácilmente replicado en otras asignaturas de la Carrera, y no solamente en las asignaturas que cuentan con laboratorios, ya que usando la misma lógica, las asignaturas teóricas podrían complementar la formación con herramientas a medida que incentiven la creatividad y participación activa de los estudiantes.
- Las herramientas digitales desarrolladas durante la gestión 2019, actualmente son utilizadas en la asignatura de Ingeniería de Métodos, representando un gran apoyo para el docente y principalmente para los estudiantes.
- Por primera vez en la Carrera de Ingeniería Industrial, se cuenta con un sistema de seguimiento y monitoreo de prácticas empresariales, el cual brinda al docente en tiempo real información sobre el desempeño del estudiante en su práctica empresarial.
- La sistematización de prácticas empresariales, permite conocer de manera cualitativa y cuantitativa las falencias y necesidades de las empresas, posibilitando el diseño de estrategias efectivas para que las prácticas empresariales se constituyan en un verdadero beneficio para las empresas que abren sus puertas a los estudiantes de la Carrera.

5. Bibliografía

- Bauselas, E. "Docencia a través de la investigación - acción". *Revista Iberoamericana de Educación* (Enero 2004). Recuperado de "<https://rieoei.org/historico/deloslectores/682Bausela.PDF>"
- Joyanes, L. (2017). "Industria 4.0, la cuarta revolución industrial". México. *Alfaomega*
- Ingeniería Industrial – UMSA. (2015). "Plan de estudios 2015, Guía académica, Grado Ingeniería Industrial". Bolivia



*CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ACREDITADA AL SISTEMA
ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO*



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INDUSTRIALES



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMAZÓNICAS



*INSTITUTO NACIONAL UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN
EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL*



UNIDAD DE POSGRADO INDUSTRIAL



UNIDAD DE SISTEMAS INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIDAD DE GESTIÓN DE LA CALIDAD



Carrera de Ingeniería Industrial

Todos los derechos reservados, 2020