





Competencias digitales para la industria 4.0. Efectividad del proceso de virtualización de un laboratorio de Metrología en la carrera de Ingeniería Mecánica.

Digital skills for industry 4.0. Effectiveness of the virtualization process of a Mechanical Engineering Metrology Lab

 César Garrido¹; cgarrido@ubiobio.cl

 Andrea Garrido²; andrea.garrido@ucsc.cl

 Patricio Álvarez¹; palvarez@ubiobio.cl

 Sergio Vargas¹; svargas@ubiobio.cl

Resumen

El escenario actual ha limitado fuertemente la realización de actividades presenciales, por lo que una parte significativa del quehacer docente ha sido soportado en base a diversas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), generando además un espacio para explorar e innovar en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Bajo este contexto, en este trabajo se propone una innovación metodológica para la asignatura Metrología, que considera el uso de tecnologías virtuales para la realización de laboratorios de medición en reemplazo de los laboratorios presenciales. Para ello se diseñó e implementó una experiencia piloto con 22 estudiantes y se evaluó la efectividad del uso de herramientas virtuales. Para la evaluación se implementó una encuesta cuyos resultados mostraron que los estudiantes valoran positivamente el uso de instrumentos virtuales y el apoyo con plataformas educacionales para alcanzar los resultados de aprendizaje, pero manifiestan como desventaja los problemas de conectividad y la ausencia del contacto social con los profesores y demás estudiantes. Se espera que en un futuro las herramientas virtuales puedan ser incorporadas en forma definitiva en el programa de asignatura como un complemento de las actividades presenciales, y además puedan ser replicadas transversalmente en los planes de estudio de ingeniería.

Palabras clave: Educación en línea, Laboratorios virtuales, Metrología, Instrumentos virtuales, Ingeniería.

Abstract

The current scenario has dramatically constrained, face-to-face activities. Because of this, ICTs become very important in the innovation of the teaching-learning process, mainly in institutions of higher education. In this context this work seeks to innovate in the teaching-learning process of the Metrology subject, through the use of virtual technologies to measurement activities in laboratories to replace physical specialty laboratories. For this, a pilot experience was designed and implemented with 22 students and the effectiveness of its implementation was evaluated through a survey with closed and open questions. The results showed that the students value the use of virtual instruments and the support of educational platforms to achieve the learning results, but they show as a disadvantage the connectivity problems and the absence of social contact with teachers and other students. It is expected that in the future the virtual tools can be definitively incorporated into the subject program as a complement to face-to-face activities, and can also be transversely replicated in the engineering study plans.

Keywords: Online Education, Virtual laboratories, Metrology, Virtual instrument, Engineering.

¹ Universidad del Bío Bío (Chile)

² Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile)

1. INTRODUCCIÓN.

Desde el siglo XIX el mundo ha estado permanentemente en estado de transformación tecnológica. Según Weller (2020), estas transformaciones fueron fundamentales para el desarrollo económico de los siglos XIX y XX, desarrollo que trajo como consecuencia marcados aumentos de la productividad de la industria y una significativa obsolescencia en los puestos de trabajo. Según datos recientes (CEPAL 2017), las transformaciones económicas observadas hoy, se caracterizan por la aparición de tecnologías basadas en los avances en las ciencias de la computación y las ciencias de los materiales (Vidal, Carnota y Rodríguez, 2019; Cabrol y Severin, 2010), y al igual que en las transformaciones anteriores, existen brechas entre las cualificaciones requeridas por los sistemas productivos (Weller, 2020), y la formación adquirida en los sistemas de educación (Gontero y Zambrano, 2018). Lo anterior es particularmente relevante en Latinoamérica, no solo por las características de su industria, sino que además por su elevado índice de desempleo juvenil (Weller, 2017). Por otro lado, no se puede desconocer que estas nuevas tecnologías podrían permitir a Latinoamérica dar un salto en desarrollo económico, que la acerque a su frontera de producción, sin tener necesariamente que competir en áreas dominadas por tecnologías tradicionales (Weller, 2020). En la captura de estas oportunidades, el sistema de educación puede jugar un rol crítico, sin embargo, la evidencia señala que a pesar que se habla hace más de dos décadas de la incorporación de las TIC (Castell, 2000), estos procesos de alfabetización digital no han sido suficientemente efectivos, debido principalmente a que los sistemas educativos no han sido capaces de adaptar su estructura y funcionamiento a las características de sus estudiantes y las demandas del mercado laboral y la sociedad (Cabrol y Severin, 2010). En este sentido, el diagnóstico del sistema de educación superior evidencia importantes brechas en programas educativos flexibles; insuficiente uso de tecnologías disruptivas, un evidente desfase en la difusión de la ciencia y la tecnología e importantes dificultades para integrar diferentes disciplinas (Zúñiga et al, 2020). En lo fundamental, brechas que se proyectan hacia el sistema desde su unidad más fundamental, el académico.

Reconocer esta realidad y adaptar e innovar tempranamente en educación es entonces en una ventaja competitiva, una oportunidad para diversificar recursos y por ende una oportunidad para participar en los mercados que se abren el contexto de la conectividad (Siemens, 2004), además del desarrollo de nuevas habilidades de procesamiento y desarrollo cognitivo (Coll y Monereo, 2008). En lo sustancial, una mejor preparación de la población para enfrentar el cambio permanente, el manejo de la incertidumbre, la autoorganización para hacer realidad la promesa del desarrollo humano y económico. Las nuevas tecnologías nos han traído una serie de posibilidades para la formación, tales como: aumentar la oferta informativa que es puesta a disposición de la persona, la creación de entornos más flexibles para el aprendizaje, la potenciación de una formación multimedia, el favorecer el aprendizaje independiente y colaborativo, romper los clásicos escenarios formativos limitados a las instituciones escolares, ofrecer nuevas posibilidades para la orientación de los estudiantes, y facilitar una formación permanente (Cabero y Llorente, 2007)

Al considerar los cambios en la educación, no podemos perder de vista por un lado aquello que es propio y disciplinar, y por otro lado aquellas tecnologías que han alcanzado la madurez suficiente para instalarse y penetrar de forma importante en el mercado laboral. El aprendizaje en comunidades virtuales, el uso de redes de información, los recursos educativos abiertos y



las redes sociales como blogs, wiki o vídeos, entre otros, comparten una importante característica; se trata de procesos continuos que ocurren a través de conexiones entre comunidades especializadas, basadas en relatos y experiencias de terceros, extrínsecos al individuo, donde eventualmente no es posible experimentar y adquirir el conocimiento por medio de experiencias presenciales y personales (Rebolledo, et al., 2014). Esto último representa una cuestión fundamental en ingeniería y tiene que ver con cómo construir conocimiento y experiencias personales que mejoren la calidad del aprendizaje aun cuando no se interactúe física o presencialmente con los objetos de aprendizaje (Yang, et al., 2005). Este proyecto hace foco en esta última pregunta, estudiando el problema de la virtualización de experiencias de laboratorio en programas de ingeniería, las cuales se caracterizan por ser intensivas en el manejo presencial de herramientas y equipos además del permanente apoyo y guía del profesor.

En este trabajo se describe la adaptación del curso de Metrología de la carrera de Ingeniería Mecánica, mediante el uso de herramientas virtuales de laboratorio como una alternativa a la impracticabilidad de la experiencia de laboratorio presencial. Para ello, se considera relevante precisar dos conceptos que se utilizaron en la implementación del proyecto, por un lado el de laboratorio virtual y por otro el concepto de simulación. Respecto al primero, éstos se entienden como representaciones realizadas a través de software que muestran en una interfaz un objeto que imita las características físicas y el desempeño de objetos reales como aproximaciones de la realidad experimentada en laboratorios presenciales (Aldrich, 2005). En cuanto al segundo concepto, la simulación se entiende como una representación parcializada de la realidad, dado que no se pueden cubrir todos los aspectos de un elemento físico en su totalidad, ni romper la barrera de lo tangible en términos de disponer de la sensación de utilizar una herramienta que cubra todas las sensaciones sensoriales de una persona. En otras palabras, se define la simulación como un modelo de situación y fenómeno, en el que aparecen los aspectos que se consideran importantes para el analista, despreciando así los que son secundarios o accesorios (Delval, 1986).

En particular, la investigación busca responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la efectividad de una metodología basada en el uso intensivo de herramientas virtuales en términos de resultados formativos de las competencias declaradas en el programa de actividad curricular?
- ¿Cuáles son las barreras y los aspectos positivos percibidos por los estudiantes en cuanto a la enseñanza virtualizada?

Estas preguntas orientaron hacia la definición del siguiente objetivo de investigación: Evaluar la efectividad de una metodología para la implementación de herramientas virtualizadas de laboratorio en la asignatura de Metrología, perteneciente al plan de estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Bío-Bío.

2. MÉTODOS

La metodología de trabajo se estructuró en cuatro etapas: Diseño de la experiencia, implementación de la experiencia, evaluación de la experiencia y análisis de resultados. Estas fases se describen en detalle a continuación:

2.1. Diseño de la Experiencia

En esta etapa se aborda la planificación y diseño de la incorporación de las herramientas virtuales al laboratorio de la asignatura. Esta etapa se subdividió en tres fases:

Fase 1: Selección, planificación y organización de las actividades de laboratorios a virtualizar, focalizando en actividades relacionadas con el manejo e interpretación de instrumentos de medición de magnitudes dimensionales. En esta etapa se seleccionaron dos instrumentos de medición para ser virtualizados, el pie de metro y el micrómetro exterior.

El pie de metro es un dispositivo de medición de magnitud longitud, comúnmente utilizado en la industria. Sus principales características son la facilidad en su utilización e interpretación de resultados. Dispone de dos sistemas de medición, Sistema Internacional y/o el Sistema Inglés y las resoluciones disponibles son 0.02 mm., 0.05 mm., 0.001" y 1/128".

Por otro lado, el micrómetro exterior es un dispositivo de medición de longitud, también muy utilizado en la industria, dispone en unidades del Sistema Internacional y/o en Sistema Inglés, sus resoluciones pueden ser de 0.01 mm., 0.001 mm., 0.001" y 0.0001".

Fase 2: Selección de una herramienta web para implementar la virtualización de los instrumentos de medición mencionados. Para ello se identificaron alternativas y se compararon fortalezas y debilidades. Particular énfasis se puso en la facilidad para integrarlas al aula virtual de la universidad (ADECCA), la facilidad de uso, y la flexibilidad para ser utilizada de forma sincrónica y asincrónica por parte de los estudiantes.

Fase 3: Actualización del programa de actividad curricular de la asignatura de acuerdo a las nuevas metodologías y formato de evaluación on line.

2.2. Implementación de la Experiencia

En la segunda etapa se aborda el problema de la implementación de la herramienta virtual para el uso dentro del aula virtual, considerando las siguientes directrices:

- Utilización de metodologías activas centradas en el estudiante, con uso de contenido interactivo que combina imágenes y animaciones bidimensionales.
- Complementariedad de métodos individuales y grupales.
- Fortalecimiento de las actividades asincrónicas, con énfasis en el auto-aprendizaje.

2.3. Evaluación de la Experiencia

Esta etapa considera la evaluación de los resultados de aprendizaje, así como también la evaluación de la efectividad de la metodología de enseñanza-aprendizaje aplicada. Esta etapa se divide en dos fases:

Fase 1: Diseño de instrumentos para evaluar el logro de los resultados de aprendizaje. En el diseño se consideró mantener la misma lógica de la metodología de aprendizaje, es decir, las evaluaciones fueron en línea y utilizando la misma de interfaz gráfica utilizada en clases (imágenes bidimensionales).

Fase 2: Diseño y aplicación de un instrumento de evaluación de la percepción de la efectividad de la metodología empleada. Para ello se optó por la aplicación de una encuesta a los estudiantes, la cual contaba con alternativas de selección y con preguntas abiertas. Cabe señalar que de todos los participantes sólo algunos tenían experiencia en la utilización de plataformas educativas virtuales, y ninguno había trabajado en un contexto 100% virtual.

2.4. Recolección de datos y análisis de resultados.

Finalmente, para el análisis de los datos recolectados en las encuestas se utiliza una metodología mixta cuanti-cualitativa, utilizando un diseño no experimental, de tipo transaccional con alcance exploratorio. La metodología combinada permite aumentar la posibilidad de obtener interpretaciones más fiables. Como se mencionó anteriormente, para la recolección de datos se eligió la encuesta por su utilidad para indagar el comportamiento del grupo de manera directa (Martín, 2011).

La encuesta contiene preguntas con alternativas predefinidas y preguntas abiertas como parte del mismo instrumento, y se aplicó en línea al finalizar el curso, mediante plataforma docs.google.com. Las preguntas apuntaron a conocer la opinión de los estudiantes respecto de la experiencia educación virtual, considerando tanto los aspectos positivos como negativos de la experiencia. En la encuesta, se indaga sobre cuatro dimensiones que tributan a los objetivos de aprendizaje y percepciones respecto de la metodología de enseñanza implementada. Las dimensiones consideradas son las siguientes: Dimensión I: Resultados de aprendizaje (programa de asignatura); Dimensión II: Proceso de Aprendizaje enseñanza online (recursos y medios, sensación de confort o comodidad en el uso de herramienta virtuales, herramienta virtual como favorecedora de competencia social); Dimensión III: Metodología de Evaluación Virtual y finalmente la Dimensión IV: Barreras del proceso. Cabe destacar que se consideró para la dimensión dos, una adaptación de la propuesta de Mallo et al (2011) debido a su pertinencia y aplicabilidad a este estudio.

La encuesta fue ejecutada una vez terminada la asignatura en su totalidad, con resultados académicos ya entregados. Lo anterior para no sesgar el análisis y opinión en las diferentes dimensiones que fueron planteadas en la encuesta.

Los datos recolectados se analizaron cuantitativamente (Hernandez-Sampieri, 2018) y cualitativamente (Olabuénaga, 2012; Flores, 2009). Se realizó un análisis estadístico centrado en medidas de tendencia central (moda), dispersión y forma de la función de distribución de

frecuencia de las respuestas para cada una de las dimensiones de interés. Por otro lado, en el caso de las preguntas abiertas, se utilizó el enfoque de análisis de categorías de texto de tipo inductivo. Esto implica la comparación de datos cuantitativos por dimensión y la triangulación de éstos con datos cualitativos con el fin de lograr una interpretación más exhaustiva de los mismos y aportar validez a la investigación. El resultado de ambos procesos se analizó primero de manera independiente y luego de manera complementaria.

3. RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes. En primer lugar, se presentan los resultados cuantitativos de las preguntas utilizando la escala Likert (1 a 5), y se analiza la frecuencia observada según dimensión. Posteriormente se realiza un análisis cualitativo de las respuestas a las preguntas abiertas, para finalmente concluir con la triangulación de ambos registros.

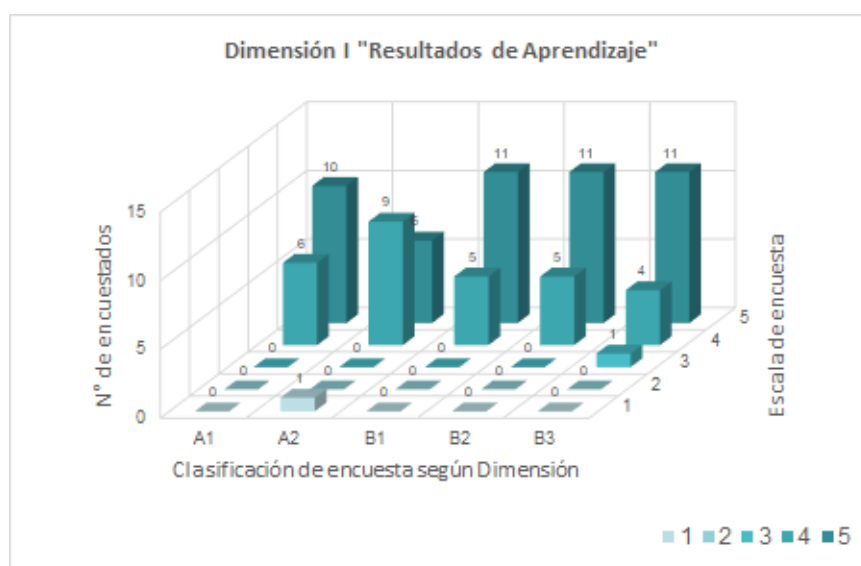
3.1. Análisis de Resultados por Dimensión.

3.1.1. Dimensión I: Resultados de Aprendizaje

En esta primera dimensión, el instrumento aplicado busca evaluar directamente el logro de los objetivos de la asignatura. Esta evaluación es muy relevante puesto que mide directamente el grado de cumplimiento del programa de la asignatura, y en consecuencia tiene directa relación con el logro del perfil profesional comprometido por la universidad.

Las preguntas en esta dimensión tienen que ver con la aplicación de técnicas disciplinares específicas, el conocimiento de normas de medición, la interpretación de resultados obtenidos en una medición, el uso de diferentes referencias o paradigmas de medición, y finalmente, en qué grado se logran las competencias transversales del perfil profesional. La Figura 1 muestra la frecuencia de respuestas para cada pregunta en esta dimensión.

Figura 1. Frecuencia de Respuestas Dimensión Resultados de Aprendizaje.

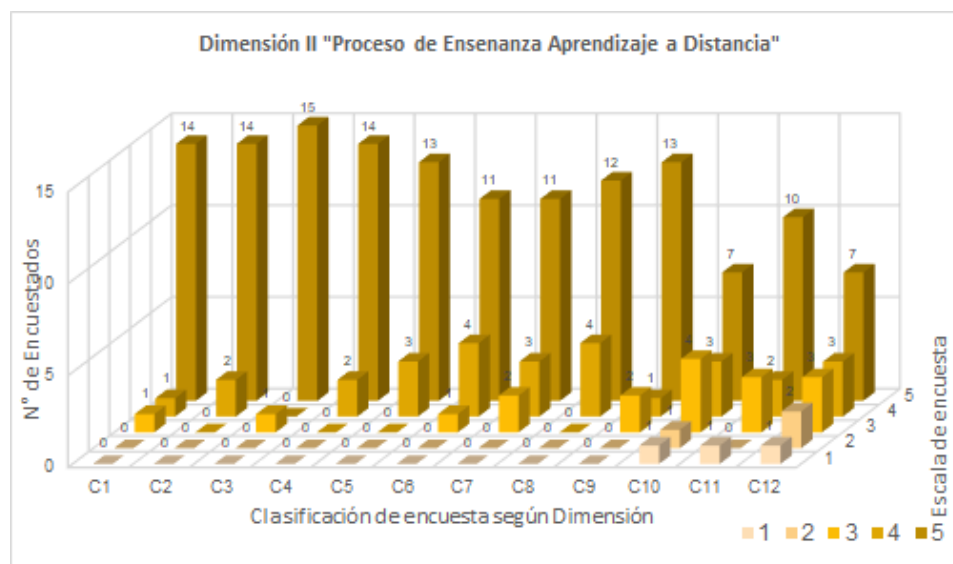


En cuanto a los resultados, más allá de cada pregunta individual, se observa una notoria prevalencia de altos puntajes, con una moda muy marcada en 5 (muy de acuerdo), y baja dispersión. Esto es indicativo de una muy satisfactoria correlación entre los resultados obtenidos por la innovación metodológica y el compromiso establecido en el programa de la asignatura. Por otro lado, llama la atención el comportamiento de la pregunta A2, referida específicamente al conocimiento de normas de calidad y su aplicación en entornos productivos. En esta pregunta se observa un patrón diferente, donde en términos relativos baja la moda a 4 y aumenta la dispersión. Este es un resultado de alguna manera esperado puesto que la pregunta establece una relación directa con un entorno productivo “real” que es difícil de virtualizar debido al sinnúmero de elementos que configuran la experiencia real de medir en terreno.

3.1.2. Dimensión II: Proceso de Aprendizaje Enseñanza On-Line

En esta segunda dimensión el foco de la consulta apunta a evaluar la pertinencia de los recursos didácticos utilizados, la percepción de los estudiantes de su comodidad en el contexto de la propuesta implementada y la percepción de la relación que los estudiantes establecen entre ellos en este nuevo paradigma educativo. La Figura 2 muestra la frecuencia de respuestas de cada pregunta asociada a la Dimensión II.

Figura 2. Frecuencia de Respuestas Dimensión Proceso de Aprendizaje Enseñanza On-Line



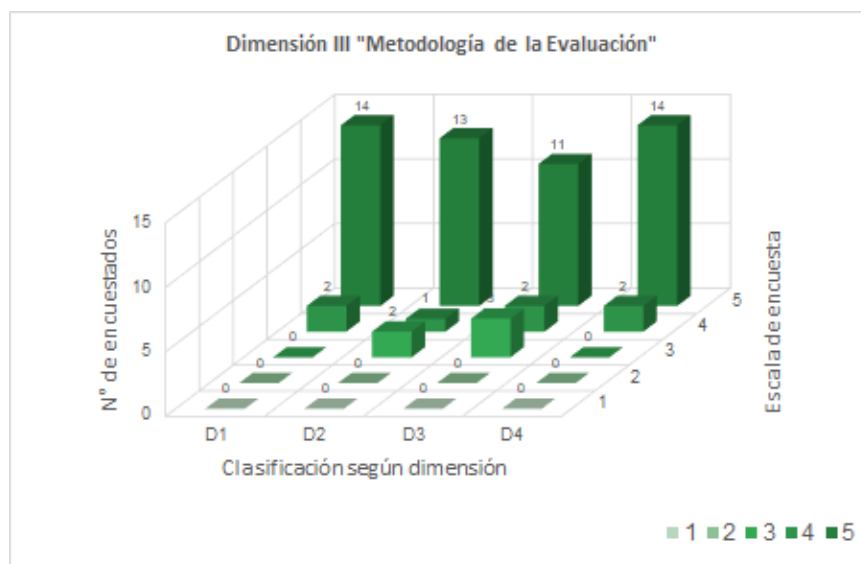
En este caso hay un significativo aumento en el número de preguntas, agrupadas en sub-dimensiones según se describió en el párrafo anterior. En general, al igual que en la Dimensión I, se observa una marcada moda en 5, pero con disímil comportamiento desde el punto de vista de la dispersión de las respuestas según la sub-dimensión considerada. Nuevamente, este alto valor de la moda muestra un satisfactorio nivel de logros en términos de la pertinencia de los recursos, la percepción de los estudiantes de sí mismos y de sus relaciones con otros pares. Adicionalmente, estos resultados describen una interesante capacidad por parte de los estudiantes para adaptarse académica y socialmente a nuevos paradigmas educativos y constituyen una señal potente para perseverar en la búsqueda de nuevas e innovativas formas de concebir la docencia universitaria.

Por otro lado, respecto de la dispersión, destaca el notorio aumento de la variabilidad en las respuestas a las preguntas C10, C11 y C12 comparado con otras preguntas en esta dimensión. Al explorar en detalle estas preguntas se observa que estas tienen relación con la interacción social y académica entre pares. En otras palabras, es evidente que la percepción de los estudiantes es más diversa cuando se trata de evaluar interacción social. Esto puede justificarse debido a que el aislamiento de algunos estudiantes puede verse acentuado al verse forzados a permanecer en casa prescindiendo de los valiosos espacios de interacción social que de forma natural provee el campus, y la convivencia universitaria. Este resultado es particularmente interesante pues apunta a una dimensión del paradigma enseñanza aprendizaje de la asignatura que no necesariamente está en el centro de la planificación de la docencia universitaria.

3.1.3. Dimensión III: Metodología de Evaluación

La tercera dimensión evaluada corresponde a la percepción de la metodología empleada en la evaluación de la asignatura. Para ello se formularon preguntas relativas a la coherencia entre lo enseñado y la evaluación aplicada, cantidad de evaluaciones, variedad de los instrumentos utilizados y el aporte de las evaluaciones formativas. La Figura 3 muestra la frecuencia de respuestas de las preguntas asociadas a la Dimensión III: Metodología de Evaluación.

Figura 3. Frecuencia de Respuestas Dimensión Metodología de Evaluación.



La tendencia muestra una alta valoración en cada una de las preguntas planteadas, con una moda de 5 y baja dispersión, situación muy satisfactoria puesto que la evaluación es siempre un tema muy sensible al momento de consultar la opinión de los estudiantes, particularmente cuando se está innovando metodología. Por otro lado, más allá de la tendencia de la muestra, se observa un ligero aumento de la dispersión en las preguntas relativas a cómo los instrumentos de evaluación efectivamente representan una oportunidad para mostrar el dominio de los contenidos evaluados (D2 y D3). Esto puede explicarse por la diversidad de estilos de aprendizajes, lo cual eventualmente sitúa a algunos estudiantes en un entorno incómodo para demostrar sus avances en el desarrollo de sus competencias. Esto no es distinto a lo observado cuando se aplican esquemas de evaluación tradicional en contexto presencial, lo cual subraya la necesidad de considerar explícitamente la diversidad de estilos de

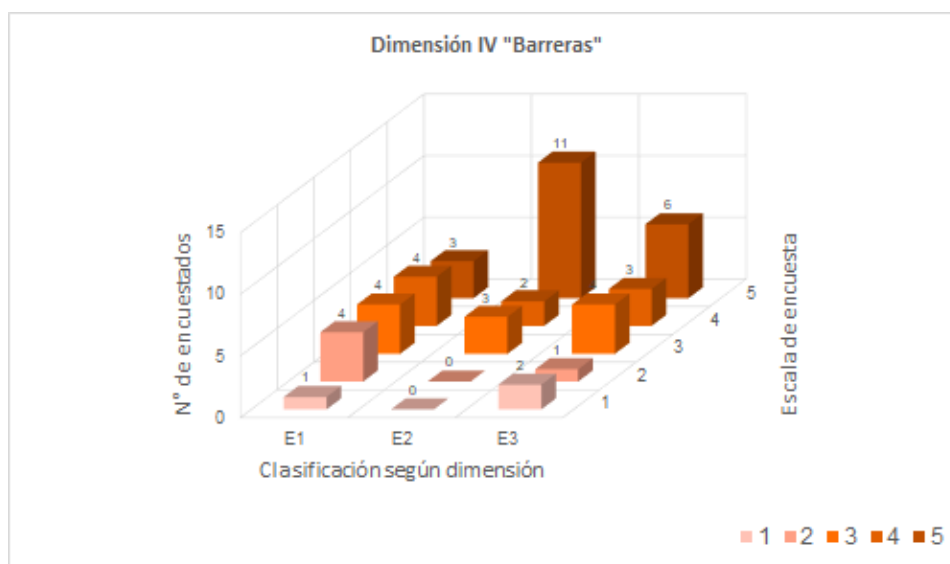
aprendizaje al momento de planificar las asignaturas, particularmente en la evaluación, considerando especialmente la importancia que esta dimensión representa para los estudiantes.

3.1.4. Dimensión IV: Barreras de Implementación

Finalmente se evaluó la percepción de los estudiantes respecto de barreras que se presentaron durante la implementación de la metodología. Estas barreras dicen relación con elementos tecnológicos como calidad de la conexión a internet o disponibilidad de equipos computacionales, y por otro lado con barreras de tipo cultural como la afinidad entre aquello que es conocido y habitual para los estudiantes y la propuesta de innovación en cuestión.

La Figura 4 muestra las frecuencias asociadas a las preguntas de la Dimensión IV: Barreras de Implementación.

Figura 4. Frecuencia de Respuestas Dimensión Barreras de Implementación.



Esta es tal vez la dimensión más interesante desde el punto de vista de los hallazgos, primero porque deja en evidencia las variadas experiencias de los estudiantes desde el punto de vista de la conectividad y por otro lado el conflicto o resistencia cultural generado producto de la implementación de la propuesta a distancia.

La distribución de frecuencia de las respuestas se asemeja a una distribución uniforme sin medida de tendencia central clara y con una significativa dispersión. Si bien el problema de la conectividad (E.1) se conocía con anterioridad a la implementación de la propuesta y que se puede explicar por la ruralidad de algunos estudiantes o la mala calidad de servicio de las TelCo (Empresas de Telecomunicaciones), llama la atención la magnitud del problema y su implicancia en términos de equidad en el acceso a los contenidos de la asignatura. Por otro lado, también es llamativa la alta variabilidad observada en el tema cultural (E.4), resultado que se contrapone a lo observado anteriormente en las dimensiones de resultados de aprendizaje, proceso de aprendizaje enseñanza online y metodología de evaluación. Las respuestas en dichas dimensiones dejaban entrever una relativa transparencia a las tecnologías utilizadas, sin embargo en los resultados de esta dimensión se observa un aumento en la cantidad de

estudiantes que expresan resistencia o rechazo al uso de tecnologías virtuales. Es posible que estas respuestas están influenciadas por otros aspectos o experiencias al interior del núcleo familiar y que directa o indirectamente reflejan un sesgo negativo en la percepción del uso de nuevas tecnologías en reemplazo de las actividades presenciales.

3.2. Resultados de Análisis cualitativos

En esta sección se presentan los resultados del análisis cualitativo de las respuestas abiertas contenidas en la encuesta. Se considera un análisis tanto de los aspectos positivos como negativos, terminando con una triangulación de la información respecto de las respuestas obtenidas en las preguntas cerradas.

3.2.1. Aspectos positivos

Tabla 1. Aspectos Positivos Identificados en Preguntas Abiertas

Categorías	Data	Hallazgos
Valoración del rol docente	<ul style="list-style-type: none"> - “una excelente disposición del profesor al realizar cada una de las clases virtuales e instrumentos” (E.2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiantes otorgan valor a la disposición del docente en el desarrollo de cada una de las clases del semestre.
Valoración de instrumentos virtuales en el aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> - “que eran fáciles de entender y estaban bien ejemplificados” (E.6) - “te permite obtener un mayor grado de conocimiento de cómo es y cómo funciona sin tenerlo a la mano” (E.10) - “Aprendí a ocupar cada instrumento de mediciones que realizamos en clases ya que también disponía de algunos” (E.12) - “Al practicar con los simuladores por nuestra cuenta, podríamos saber si nos equivocamos al instante, ya que estos nos entregan el resultado de la medición” (E.16) 	<ul style="list-style-type: none"> - Valoración del uso de soporte virtual en el aprendizaje del contenido. - Facilidad en su utilización. - Son valorados como antesala de la manipulación de instrumentos tangibles o reales. - Proporcionan conocimiento del instrumento real, permiten práctica continua y autocorrección inmediata del uso).
Valoración de la asincronía en la docencia	<ul style="list-style-type: none"> - “El poder ver la clase grabada, consultar o preguntar sin miedo al qué dirán” (E.4) - “Al ser una página de uso público, se podía ingresar cuantas veces quisiera a practicar y/o estudiar” (E.7) - “La grabación de la clase es muy buena, ya que cualquier duda se puede volver a revisar” (E.11) - “el aspecto más positivo es que con la plataforma adecca se puede dar mucho más el aprendizaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Se da valor al tipo de software ocupado para el aprendizaje de instrumentos virtuales en cuanto al acceso y a la calidad. - Se da valor a los videos, como recursos de uso asincrónico. - Valoración del tiempo de trabajo autónomo del estudiante bajo la modalidad asincrónica (uso de plataforma). - La asincronía como la posibilidad de aprender desde el anonimato, sin temor a la exposición pública.

Categorías	Data	Hallazgos
	<p>autónomo, es decir, que yo a cualquier hora podía ver una clase o un documento y ponerme a estudiar, no así con las clases presenciales” (E.14)</p>	

3.2.2. Aspectos Negativos

Tabla 2. Aspectos Negativos Identificados en Preguntas Abiertas

Categoría	Data	Hallazgos
Virtualización como complemento	<ul style="list-style-type: none"> - “Al ser virtual, solo se desarrolla la lectura del instrumento, sin la práctica no se desarrolla el procedimiento completo a la hora de realizar una medición de alguna pieza o elemento” (E.3) - “no permite que uno profundice lo suficiente ya que el tacto te permite ver que tanta diferencia se genera realmente ya que virtual el margen de error crece” (E.10) - “Al no tener el instrumento de forma física, no podemos llevar a cabo las mediciones reales, con las respectivas variaciones producidas por cómo ve cada individuo la medida, por lo que no podemos prepararnos de forma 100% real para lo que tendremos que hacer cuando trabajemos” (E.8) - “lo negativo sería no conocer en persona los instrumentos medidores” (E.9) - “la falta de laboratorios, o estar con los instrumentos de medición tangibles” (E. 11) - “Respecto al aprendizaje para el que no conoce el instrumento se le haría más complicado resolver la medición, pero con un poco de práctica se puede realizar, respecto a la distancia se podrían hacer talleres presenciales de a pocas personas para conocer más los 	<ul style="list-style-type: none"> - El uso de instrumentos virtuales se visualiza como actividad complementaria al trabajo en el laboratorio presencial. - Existencia de procesos en los que el uso de instrumentos físicos no se puede suplir con virtualización (margen de error, desarrollo del proceso completo, manipulación de los instrumentos).

Categoría	Data	Hallazgos
	instrumentos y sus partes que es importante saber” (E.12)	
Conectividad insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> - “La conexión a Internet, ya que hay alumnos que habitan en zonas rurales, y el acceso a la web, de vez en cuando era un poco inestable” (E.4) - “en mi caso, Adecca fue mi único aspecto negativo virtualmente” (E.9) 	<ul style="list-style-type: none"> - La conectividad es vista como un problema a resolver para el buen funcionamiento del aprendizaje virtual, también en un caso el funcionamiento de la plataforma.
Contacto social limitado	<ul style="list-style-type: none"> - “un aspecto negativo es que no existe esa relación con los profesores y compañeros de cordialidad y buena onda que se da en el cara a cara” (E.14) 	<ul style="list-style-type: none"> - El contacto social de las actividades sincrónicas es percibido de manera distante.

3.2.3. Triangulación de datos

A partir de la comparación entre el análisis cuantitativo (preguntas cerradas) y el análisis cualitativo (preguntas abiertas), se observa que existe coherencia entre ambos resultados. Por una parte los estudiantes describen una alta valoración del uso de los instrumentos virtuales para la obtención de los resultados de aprendizaje del curso, así como el uso de una plataforma educativa de apoyo, en forma asincrónica, para el trabajo individual autónomo y complementario situación que también se observa en el análisis de las preguntas C.1, C.2 y C.3.

Por otro lado los estudiantes también describen afinidad y motivación en el uso de este tipo de herramientas (preguntas C.6 y C.7) al permitirles intentar y repetir muchas veces la experiencia sin miedo a equivocarse o ser mal evaluado (C.11), lo que refuerza el aspecto positivo de valoración de los instrumentos virtuales y la asincronía del trabajo.

En el aspecto negativo, se aprecia que existe coherencia en la información obtenida en ambos tipos de preguntas. Si bien los estudiantes consideran que los instrumentos virtuales permiten abordar los resultados de aprendizaje (C.10), lo ven como un buen complemento de la actividad presencial, no descartando totalmente esta última.

Lo anterior también se ve reflejado al contrastar las preguntas C.10 y E.1 donde las respuestas son más dispersas, evidenciándose que hay estudiantes que evidenciaron problemas de conectividad y que consideran como negativo la ausencia de contacto social con los profesores y demás estudiantes, por lo que los instrumentos virtuales no reemplazarían totalmente a la actividad presencial de laboratorio.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó, implementó y evaluó una experiencia piloto de utilización de herramientas virtuales en la asignatura de metrología, específicamente en reemplazo de los laboratorios presenciales. La implementación de estas herramientas permitió identificar nuevas oportunidades en el proceso de aprendizaje- enseñanza y nuevas prácticas educativas que aprovechan el potencial de estas tecnologías. En particular, para el docente de la asignatura se constituyó en un desafío el desarrollar una propuesta metodológica intensiva en recursos tecnológicos (búsqueda y diseño de herramientas virtuales y adecuación de plataforma educativa de apoyo) para implementar esta experiencia piloto dentro de la Carrera de Ingeniería de Ejecución en Mecánica con miras a su ampliación a otras asignaturas y otras carreras.

La evaluación de la experiencia indica que en general los estudiantes dan cuenta de una percepción positiva del uso de estas herramientas, valorando fuertemente el uso de herramientas virtuales, así como la afinidad y motivación en el uso de este tipo de herramientas y el uso de una plataforma educativa asincrónica de apoyo para el trabajo autónomo. Sin embargo, si bien en general se obtienen respuestas positivas, un porcentaje importante considera esta alternativa como complementaria a las actividades presenciales, considerando como aspecto muy negativo la falta de conectividad y la ausencia del contacto social con el profesor y el resto de los estudiantes. Estos resultados, son valiosos para el diseño de una segunda etapa investigativa donde se pueda incorporar explícitamente el análisis del rendimiento académico de los estudiantes en comparación con la metodología tradicional de laboratorio.

La aplicación de herramientas virtuales también supone para los docentes mantenerse al día con el uso de nuevas tecnologías que hoy son habituales para los estudiantes y a su vez delegar en los estudiantes mayor responsabilidad y compromiso en su autoaprendizaje y construcción de conocimiento significativo, lo que significa para el docente dejar su rol protagónico por el de un facilitador tecnológico de dichas herramientas. Por lo anterior, se sugiere, una vez que el uso de esta tecnología pueda ser masificada, realizar un estudio que permita medir también la percepción de los docentes respecto de la incorporación del uso de estas tecnologías en otras asignaturas.

Finalmente se concluye que el uso de herramientas virtuales constituye un desafío para su incorporación definitiva en los programas de actividades curriculares y una oportunidad para fortalecer las competencias digitales en carreras de ingeniería en el contexto de la industria 4.0, presentando una serie de ventajas al utilizarlas con propósitos educativos. Sin embargo, parece necesario junto con promover, potenciar y masificar su uso en los procesos aprendizajes-enseñanza, la superación de las barreras de conectividad desde la institución universitaria o incluso a nivel país, además de la capacitación docente en herramientas digitales que permitan abordar la distancia social percibida por los estudiantes como debilidad, instancia que a partir de la contingencia de pandemia se han multiplicado durante este periodo.

5. AGRADECIMIENTOS

Los/a autores/a agradecen al Proyecto Ingeniería 2030, "World- class Engineering at regional state universities in the central-south of Chile", código 14ENI2-26866, por el apoyo al desarrollo de esta publicación.

6. REFERENCIAS

- Aldrich, C. (2005). *Aprender haciendo: una guía completa de simulaciones, juegos de computadora y pedagogía en e-learning y otras experiencias educativas*. John Wiley & Sons.
- Cabero, J., & Llorente, M. del C. (2007). *Propuestas de colaboración en educación a distancia y tecnologías para el aprendizaje*. Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa, (23), a073. <https://doi.org/10.21556/edutec.2007.23.492>
- Rebolledo, M. Á., Buzón, O., Pérez, R., & Barragán, R. (2014). *Aprendizaje colaborativo a través de las TIC: potencial pedagógico de las comunidades virtuales: En metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías* (Vol. 178). Ediciones Universidad de Salamanca.
- Cabrol, M., y Severin, E. (2010). *TICs en educación: una innovación disruptiva*. Aportes, 2, 1-2. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/TICS-en-Educación-Una-Innovación-Disruptiva.pdf>
- Castell, M. (2000). *Globalización, sociedad y política en la era de la información*. Bitácora Urbano Territorial, 1(4), 42-53. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18812>
- CEPAL, N. (2017). Informe de la Primera Reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41843/S1700587_es.pdf. Consulta: noviembre 20, 2020.
- Coll, C. y Monereo, C. (2008). *Psicología de la educación virtual*. Madrid. Morata.
- Delval, J. (1986). *Niños y máquinas. Los ordenadores y la educación*. Madrid. Alianza.
- Flores, R. (2009). *Observando observadores: una introducción a las técnicas cualitativas de investigación social*. Santiago. Ediciones UC.
- Gontero, S. y Zambrano, M. J. (2018). *La construcción de sistemas de información sobre el mercado laboral en América Latina*. Serie: Macroeconomía del Desarrollo No.199 88 p.
- Hernández-Sampieri, R. y Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación*. (Vol. 4). México ED. F DF. McGraw-Hill Interamericana.



- Mallo, A., Domínguez, M. B. y Laurenti, L. L. (2011). *Uso de foros en la educación virtual: su impacto en el proceso educativo*. Revista de Investigación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2(3), pp. 29-35.
- Martín, F. A. (2011). *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. (Vol. 35). CIS.
- Olabuénaga, J. I. R. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. (Vol. 15). Universidad de Deusto.
- Siemens, G. (2004). *Conectivismo: Una teoría del aprendizaje para la era digital*.
https://www.comenius.cl/recursos/virtual/minsal_v2/Modulo_1/Recursos/Lectura/conectivismo_Siemens.pdf. Consulta: Septiembre 15, 2020.
- Vidal Ledo, M. J., Carnota Lauzán, O. y Rodríguez Díaz, A. (2019). *Tecnologías e innovaciones disruptivas*. Educación Médica Superior, 33(1). <http://ref.scielo.org/5wt7y6>
- Weller, J. (2017). *Las transformaciones tecnológicas y su impacto en los mercados laborales*.
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/42089>.
- Weller, J. (2020). Las transformaciones tecnológicas y el empleo en América Latina: oportunidades y desafíos. *Revista CEPAL*.
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45422>.
- Yang, TC, Yu, H., Fei, MR y Li, LX, (2005) *Sistemas de control en red: una revisión histórica y un tema de investigación actual*. Medida y control, Vol. 38, pp. 12-16.
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/002029400503800101>
- Zúñiga et al. (2020). *El nuevo enfoque de participación docente ante los retos y desafíos tecnológicos de la cuarta revolución industrial* [Doctoral dissertation, Secretaría de Educación Pública, Sistema de Universidad Virtual, Universidad de Guadalajara].
<https://revistaespacios.com/a20v41n11/a20v41n11p24.pdf>

Para citar este artículo:

Garrido, C., Garrido, A., Álvarez, P., y Vargas, S. (2021). Competencias digitales para la industria 4.0. Efectividad del proceso de virtualización de un laboratorio de Metrología en la carrera de Ingeniería Mecánica. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (76), 197-211.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.1923>

