

**USO DE LABORATORIOS REMOTOS EN LA ENSEÑANZA DE CARRERAS DE  
INGENIERÍA: UNA REVISIÓN ACTUAL**

**USE OF REMOTE LABORATORIES IN THE TEACHING OF ENGINEERING CAREERS: A  
CURRENT REVIEW**

***Fernando Montalvo Quizhpi, Mgtr.***

Universidad Tecnológica ECOTEC, Samborondón, Ecuador.

fmontalvo@ecotec.edu.ec

***Oswaldo Vanegas Guillén, Mgtr.***

Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

oswaldo.vanegasg@ug.edu.ec

**ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

Recibido: 23 de octubre de 2020

Aceptado: 24 de junio de 2022

**RESUMEN**

El objetivo de este artículo es analizar el uso de los laboratorios remotos como una alternativa en el proceso de aprendizaje en las carreras técnicas de ingeniería. A lo largo de este proceso de aprendizaje en las carreras de ingeniería el paradigma dominante ha sido el uso de laboratorios tradicionales, como una estrategia para consolidar la integración de la teoría con la práctica. Esta integración ha permitido de manera satisfactoria alcanzar el conocimiento requerido y proyectar este conocimiento aprendido a situaciones reales fuera de los laboratorios. Sin embargo, la tecnología en general (electrónica, software, computación, de la información y comunicación) ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas, lo cual ha permitido acceso a diversas formas de aprendizaje que no necesariamente son los laboratorios tradicionales y que permiten mayor flexibilidad al momento de aprender. Tecnologías tales como los laboratorios virtuales, permiten la virtualización de la experiencia, pero lamentablemente no permiten la manipulación ni la observación real del fenómeno a estudiar. Surge también la idea de manipular el experimento de manera remota a partir del uso de los llamados laboratorios remotos, de tal manera que se puede participar de una experiencia prácticamente real sin necesidad de estar en el lugar que ocurre la experimentación.

Palabras clave: experimentación, laboratorios virtuales, laboratorios remotos



## ABSTRACT

The aim of this article is to explore the use of remote laboratories as an alternative in the learning process in technical engineering careers. Throughout this learning process in engineering careers, the dominant paradigm has been the use of Hand-on laboratories, as a strategy to consolidate the integration between theory and practice. This integration has allowed in a satisfactory condition to achieve the required knowledge and take this knowledge to real situations outside laboratories. However, technology (electronics, software, computers, information and communication) has grown exponentially in the last decades, and this has led to different ways of learning, which is not necessarily Hand-on laboratory and this allow greater flexibility in learning process. Technologies such as virtual laboratories permit the virtualization of the experience, but unfortunately, they do not allow the manipulation or the real observation of the phenomenon. The idea of manipulating the experiment remotely comes from the use of remote laboratories, because this is a way to participate in a real experience without be in the place where the experimentation occurs.

Keywords: experimentation, virtual laboratories, remote laboratories.

## INTRODUCCIÓN

Poco a poco y a lo largo de la última década se ha podido observar la consolidación del paradigma tecnológico en el cual la humanidad se encuentra inmersa desde el siglo pasado. Sin embargo, el crecimiento que ha tenido el desarrollo tecnológico hasta la actualidad no ha sido suficiente como para poder establecer situaciones de confianza en determinadas áreas que, aunque ya cuentan con el soporte tecnológico desarrollado, no han terminado de afianzarse.

Esto se debe en parte a la forma en que la gente se encuentra acostumbrada a recibir estos servicios y en general a su miedo a romper paradigmas; es decir, las personas realizan sus actividades normales y para ellos es difícil romper su esquema habitual de hacer dichas actividades, pues en algunos casos les parece muy complejo y en otros poco necesario.

Sectores como la medicina, la educación, y todo aquello en que intervenga interacciones con otros seres humanos en las que tradicionalmente el servicio ha necesitado el contacto físico con otras personas, han sido reacios a estos cambios por las situaciones antes explicadas; sin embargo, sectores como el entretenimiento y el comercio electrónico han tenido un crecimiento importante en los últimos años no solo logrando la consolidación a nivel local

sino también a nivel global, ya no parece extraño jugar a través de internet con alguien que se encuentra al otro lado del mundo, tampoco parece extraño comprar bienes a través de Amazon o Alibaba; esto puede deberse a varios factores, entre ellos el bajo riesgo que se tendría en el caso de que falle algún equipo o alguien sea perjudicado a través de un fraude en una compra. Con la finalidad de minimizar el riesgo las empresas han adoptado medidas de seguridad importantes como es el caso servicios con altas prestaciones de seguridad para los pagos y en el caso de entretenimiento desarrollos hardware y software para establecer mejoras de conexión y hacer la experiencia de mayor calidad.

Por otro lado, la pandemia actual de Covid -19 que actualmente vive el mundo ha traído consigo la oportunidad de explorar aquellas áreas que antes por temor al cambio o por limitaciones tecnológicas no fueron exploradas ni explotadas. De esta manera durante el confinamiento en esta pandemia ha sido realmente importante contar con servicios tecnológicos de calidad que permitan generar confianza en el cliente.

El mundo se vio forzosamente obligado a incursionar de manera súbita en áreas que por lo pronto no se habían pensado, tales como la telemedicina y el aprendizaje remoto. Es en este último en el que se centrará este artículo y concretamente en el área de las carreras técnicas de ingeniería debido a su inherente necesidad de desarrollar aspectos netamente prácticos como un cimiento importante en la evolución del aprendizaje técnico. De hecho, la experimentación a través de laboratorios ha jugado y juega un rol trascendental en la educación de las ingenierías técnicas, dado que este tipo de aprendizaje permite al estudiante lograr la manipulación y el entendimiento de su futuro ambiente de trabajo logrando una fusión del conocimiento teórico y práctico.

Los laboratorios de experimentación cumplen los siguientes objetivos (Antsaklis et al. 1999):

- Comparar los resultados teóricos con el mundo real, con la finalidad de validar la teoría y justificar analíticamente los conceptos.
- Introducir factores del mundo real, los cuales son usualmente ignorados en las soluciones analíticas.
- Ampliar el enfoque de los estudiantes en temas secundarios del diseño tales como selección de hardware, implementación y aspectos económicos.
- Proveer a los estudiantes la oportunidad de experimentar técnicas profesionales y prácticas como por ejemplo bitácoras de mantenimiento, informes técnicos, lluvia de ideas, trabajo en equipo y pensamiento crítico para resolver problemas.

A lo largo de la historia en la enseñanza de las carreras técnicas de ingeniería se ha utilizado la experiencia de aprendizaje tradicional; es decir, el estudiante se encuentra en espacios en los cuales está en contacto directo con los equipos; sin embargo, esta solución tradicional, envuelve altos costos de implementación de equipos, espacio personal especializado y mantenimiento periódico.

Debido a lo anteriormente explicado, el interés de la comunidad académica y científica en el uso de laboratorios no tradicionales (laboratorios diferentes a los convencionales en donde el alumno asiste a realizar las prácticas) ha ido en aumento en la presente década. (Heradio et al. 2016):

Algunos autores han estudiado la evolución de los laboratorios no tradicionales con la finalidad de obtener información sobre los procesos de aprendizaje en este tipo de sistemas de laboratorio, y acorde a dichos autores estos laboratorios han demostrado que son comparables a los laboratorios tradicionales (Brinson, 2015).

Por otro lado, una de las desventajas de los laboratorios no tradicionales radica en la necesidad de una gestión informática, lo cual implica desde que el usuario pueda manipular la tecnología necesaria; es decir, poseer un mínimo de capacidades informáticas desarrolladas hasta una infraestructura tanto a nivel de hardware como de software que permita tener el acceso con la mayor calidad posible.

Sin embargo, y a pesar de lo explicado en los párrafos anteriores, el uso de estos tipos de laboratorio se ha ido incrementando debido a la necesidad del uso de laboratorios y a los desarrollos tecnológicos que han permitido mayores niveles de conectividad.

Este trabajo se realiza a partir de una investigación documental de publicaciones existentes en el campo de los laboratorios remotos. Se busca obtener enfoques cuantitativos o cualitativos que permitan establecer una conclusión de cuál es el impacto actualmente estudiado del uso de los laboratorios remotos en la educación de carreras técnicas de ingeniería.

La investigación documental se genera a partir de la búsqueda de fuentes bibliográficas tanto nacionales como internacionales. Como fuente primaria se han buscado publicaciones de agencias que se encuentran inmersas en el campo de estudio y que han realizado investigaciones relacionadas. Dentro de este campo de fuentes primarias también se han revisado publicaciones científicas, publicaciones de congresos y tesis para la consecución de títulos en las diferentes universidades nacionales e internacionales.

**REVISIÓN TEÓRICA**

La idea del uso de los laboratorios no tradicionales fue inicialmente introducida por la Fundación Nacional de Ciencias y por la Sociedad de Sistemas de Control en un taller denominado “Nuevas Direcciones en la Educación de Ingeniería de Control”, que se realizó en la Universidad de Illinois en el año 2000. (Heradio et al. 2016)

Al inicio del nuevo siglo, los científicos se enfocaron principalmente en los siguientes tópicos:

- La necesidad de clasificar y caracterizar los laboratorios.
- La definición de un lenguaje común.
- Los nuevos desarrollos necesarios para garantizar el uso de laboratorios no tradicionales en la educación STEM.

Con respecto al punto 1, el primero que trató de clasificar y caracterizar los laboratorios fue Bencomo (Romagnoli et al. 2020), quien propuso una clasificación que usa como variables el “acceso al recurso” y la “naturaleza del recurso”, en la cual definió 4 casos por combinación de acceso local o remoto al recurso y también por su propia naturaleza real o simulada. La clasificación que propuso Bencomo quedó:

- Acceso local –recurso real
- Acceso local –recurso simulado
- Acceso remoto–recurso real
- Acceso remoto –recurso simulado

La figura 1 muestra los diferentes ambientes de experimentación, acorde a las diferentes combinaciones propuestas por Bencomo.

**Figura 1.**

*Ambientes de experimentación*

		<b>NATURE OF THE RESOURCE</b>	
		<b>Real</b>	<b>Simulated</b>
<b>ACCESS TO THE RESOURCE</b>	<b>Local</b>	Hands-on lab	Mono-user virtual lab.
	<b>Remote</b>	Remote lab.	Multi-user virtual lab.

Fuente: Bencomo, D (2002).

La primera combinación que representa Acceso local – Recurso Real, representa la práctica tradicional de laboratorio en la que el estudiante se encuentra trabajando dentro del laboratorio tomando las respectivas mediciones para llevar a cabo la práctica deseada.

La segunda combinación, Acceso local – Recurso simulado, en la que todo el ambiente es software y la interfaz de experimentación funciona sobre un recurso de carácter simulado, virtual, físicamente no existente, y que junto con la interfaz forma parte de la computadora.

La tercera combinación Acceso remoto–recurso real, representa el acceso a un laboratorio de equipamiento en un planta o universidad a través de Internet. El usuario puede operar y controla de forma remota los equipos de un laboratorio a través de un interfaz de experimentación. Este enfoque se denomina laboratorio remoto, o tele operación a través del Internet.

La cuarta combinación, Acceso remoto –recurso simulado, se refiere un modelo similar al anterior, pero en este caso un modelo reemplaza el sistema físico de los equipos del laboratorio. El alumno trabaja con su interfaz de experimentación en un sistema virtual al que se accede a través de internet. Varios alumnos pueden operar simultáneamente el mismo sistema virtual.

De las diferentes formas de acceso a los recursos de experimentación, la forma remota está teniendo una mayor demanda en la actualidad a través del internet y se vuelve más interesante aún el control de los sistemas reales; es decir, operar estos recursos mediante medios telemáticos es lo que realmente permite acceder a un laboratorio desde la casa, pues es posible experimentar de manera remota desde cualquier lugar y época del año.

Por otro lado, el experimentar de manera remota no necesariamente debe centrarse en el ámbito educativo, pues existen otros espacios que son nichos potenciales de estas necesidades actuales a través de internet. El área industrial está abierta a este tipo de desarrollo tecnológico, debido a su buena relación costo-beneficio.

Adquirir los equipos para realizar pruebas y experimentos puede estar acompañado de un alto costo, no solo en los equipos sino en la infraestructura en donde se alojen dichos equipos, en la supervisión y además en el mantenimiento periódico que deben recibir tales equipos para su funcionamiento óptimo.

Para que este tipo de laboratorio remoto sea un éxito Bencomo (2002), realiza las siguientes recomendaciones:

- Instalación y uso sencillos: Los entornos de experimentación deben ser intrínsecamente fáciles de instalar y usar. Esto no debe impedir que el alumno trabaje con precisión y detalle. El entorno debe proporcionar los medios necesarios para suplir la ausencia de tutor.
- Acceso a través de Internet: El acceso a entornos remotos debe realizarse exclusivamente a través de Internet. Este aspecto unido al punto anterior hace que un navegador en internet sea la única herramienta de software necesaria que el alumno necesitará a la hora de realizar una práctica.
- Libre de pagos: Los estudiantes no necesitan adquirir ningún software adicional. El único gasto que tendrán será el acceso a través de Internet, y cuando trabajen en la sala de computación del centro de estudios no tendrán gastos.
- Interactividad y realismo: Los entornos deben promover el interés y la motivación de los estudiantes cuando obtienen respuestas reales y coherentes independientemente de si están utilizando una planta real o simulada. El dinamismo del sistema es importante para que el entorno reaccione en tiempo real ante cualquier acción del alumno.
- Disponibilidad total. No debe haber ninguna restricción de tiempo en lo que respecta al uso de los entornos. La única limitación debe ser la creada por el otro usuario cuando ocupa el entorno de experimentación o cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

Por otro lado, Potkonjak et al. (2016) indican que el interés primordial es en los laboratorios virtuales totalmente basados en software. Debido a esto, en este punto se deben especificar las ventajas de un laboratorio virtual sobre el físico, independientemente de si este último se utiliza para trabajo en sitio o remoto. También se señalarán los posibles inconvenientes y problemas que surgen con los laboratorios virtuales.

*Primero sobre las ventajas:*

- Beneficio de los ahorros: los sistemas virtuales proporcionan una forma rentable para que las escuelas y universidades organicen el trabajo de laboratorio de alta calidad en las disciplinas de ciencia, tecnología e ingeniería.
- Flexibilidad: diferentes experimentos virtuales (simulación) que involucran diferentes componentes (aparatos virtuales) que se pueden crear fácilmente.
- Acceso múltiple: varios alumnos pueden utilizar el mismo equipo virtual al mismo tiempo.

- Cambio en la configuración del sistema: es posible modificar parámetros que a menudo no se pueden cambiar en un sistema real; en un ejemplo robótico, un usuario puede cambiar los enlaces del robot, reemplazar los motores, etc.
- Resistencia al daño: en un ejemplo robótico virtual, se permite la colisión con el entorno; También se permite la sobrecarga; en este caso, el brazo del robot colapsará y, después de que el usuario reemplace los motores con algo más fuerte, el robot se elevará nuevamente y continuará trabajando. Entonces, el "daño" está permitido en el mundo virtual, lo que abre la posibilidad de aprender de los errores.
- Hacer que lo "invisible" se vea: la mayoría de los dispositivos de laboratorio reales tienen una cubierta para protegerlos del polvo, etc. en la mayoría de los casos, la cubierta no se puede quitar, al menos no con facilidad. Con el equipo virtual, las cubiertas pueden simplemente quitarse o hacerse transparentes para revelar la estructura interna; en un ejemplo robótico, esto permite la posibilidad de abrir el brazo y revelar los motores y las cajas de engranajes y observar y aprender sobre el rotor, el estator, los engranajes y otros componentes de transmisión (como correas y husillos).

Ahora sobre problemas e inconvenientes de los laboratorios virtuales:

- El primer problema se deriva de las solicitudes impuestas a los recursos informáticos. El modelado dinámico y el modelado CAD 3D de objetos pueden ser bastante complejos y exigentes, especialmente si los objetos están integrados en un mundo virtual que respalda el concepto de ambiente. Los modelos dinámicos de propósito general (a menudo llamados "motores de física"), como el software denominado Bullet, pueden resolver una amplia clase de los sistemas, pero su configuración suele llevar mucho tiempo. Los modelos dinámicos dedicados basados en la mecánica analítica y coordinada generalizada son más rápidos, pero su carácter específico de problemas puede causar problemas en situaciones donde una variedad de interacciones entre objetos es esperada.
- El siguiente inconveniente surge de la propia naturaleza de un sistema virtual. El sistema en realidad no existe y, por lo tanto, no puede salir nada realmente malo. Este hecho a veces crea ciertas características en la actitud de un estudiante específico: falta de seriedad, responsabilidad y cuidado; los estudiantes pueden sentir que están jugando un videojuego. Ilustremos esto con un ejemplo. No es posible tener una experiencia equivalente cuando uno mira una simulación virtual de una máquina, en



comparación con estar de pie delante y ver una máquina de dos metros de altura en movimiento. Una situación similar es cuando un robot pesado realiza una manipulación rápida de una carga útil de 500 kg. La experiencia real inmediatamente hace al estudiante más serio, responsable y cuidadoso.

- Por último, es un hecho que la etapa final del entrenamiento generalmente requiere equipo real; la única forma de adquirir estas excelentes habilidades es a menudo a través de la experiencia práctica real.

J. Ma y J. Nickerson (2006), manifiestan que los investigadores han argumentado de manera convincente que la tecnología de la información ha cambiado drásticamente el panorama de la educación en el laboratorio.

La naturaleza y las prácticas de los laboratorios han sido modificadas por dos nuevas automatizaciones intensivas en tecnología: laboratorios simulados (McAteer et al. 1996) y laboratorios remotos (Aburdene et al. 1991); como alternativas a los laboratorios tradicionales. Cada tipo de laboratorio se ha discutido desde diferentes perspectivas. Sin embargo, no hay una respuesta concluyente a la pregunta clave: ¿Puede la tecnología en la actualidad promover el aprendizaje de los estudiantes? Algunos como Ertugrul (1998), ven las dos formas de laboratorio como facilitadores educativos. Rara vez se explora la efectividad relativa de los nuevos laboratorios en comparación con los laboratorios tradicionales.

J. Ma y J. Nickerson (2006), se han dedicado a investigar artículos y revistas sobre el campo de laboratorios remotos e indican que, dentro de la ingeniería, hay un desglose en ingeniería eléctrica, mecánica, experimental y aeronáutica, y por otro lado en las ciencias naturales, hay artículos que se centran en la física, la química y la biología.

Los mismos autores establecen tres observaciones que a continuación se proceden a detallar:

**Observación I: la mayoría de los laboratorios analizados pertenecen al dominio de la ingeniería.**

Para proporcionar una visión clara de lo que tratan los artículos, se divide la literatura en tres categorías temáticas separadas: ingeniería, ciencias naturales y otras. La mayor parte de la literatura se centra en los laboratorios de ingeniería, en contraposición a los laboratorios de disciplinas de ciencia pura. La ingeniería contenía la mayor parte de los estudios de laboratorio.

¿Por qué podría ser esto? Los profesores de ciencias pueden ver los laboratorios como una forma de confirmar creencias y enseñar métodos científicos. Los profesores de ingeniería también pueden considerar que los laboratorios están conectados a empleos futuros (Faucher 1985). En otras palabras, la ingeniería es una ciencia aplicada y los laboratorios son un lugar para practicar la aplicación de conceptos científicos. Además, los educadores en las disciplinas de ingeniería pueden tener más probabilidades de tener las habilidades técnicas necesarias para crear laboratorios enriquecidos con tecnología. Si bien hay algunos simuladores comerciales disponibles para ciertos temas relacionados con la ingeniería y la ciencia, hasta donde se sabe, no hay sistemas de laboratorio remotos disponibles en el mercado y, por lo tanto, es probable que los profesores que los deseen los desarrollen ellos mismos si tienen los requisitos necesarios. habilidades. Alternativamente, el ímpetu para la creación de un laboratorio remoto puede provenir del deseo de un ingeniero de construir algo.

**Observación II: No existe un criterio estandarizado para evaluar la efectividad de un laboratorio remoto.**

Dado que la literatura se extiende a través de tantas disciplinas, no es sorprendente que no se observara algún acuerdo sobre las convenciones para evaluar la eficacia educativa del trabajo de laboratorio. Incluso las definiciones de laboratorios prácticos, laboratorios simulados y laboratorios remotos son inconsistentes y confusas. Por ejemplo, los laboratorios remotos se denominan web-labs, laboratorios virtuales o laboratorios de aprendizaje distribuido en diferentes estudios realizados por diferentes autores.

Como resultado, no se ha establecido una base común para evaluar la efectividad del trabajo de laboratorio (Psillos y Niedderer 2002). En 1982, Hofstein y Lunetta realizaron un análisis crítico de la educación de laboratorio y veinte años después publicaron otra revisión (2004), examinando la literatura publicada de manera provisional. No hubo cambios significativos. Muchos problemas discutidos en 1982 siguen sin resolverse, como la ausencia de medidas de evaluación acordadas del aprendizaje de los estudiantes y tamaños de muestra insuficientes en los estudios cuantitativos.

En 1972, Lee y Carter (1972) encuestaron a 20 universidades británicas en busca de cambios recientes en el trabajo de laboratorio e informaron que los objetivos mal definidos del trabajo de práctica de pregrado estaban poniendo la educación de laboratorio en una situación precaria. Argumentaron que se necesitan objetivos claros para evaluar los resultados del aprendizaje de laboratorio.

Se han adoptado diferentes enfoques para asociar objetivos y resultados de laboratorio. Por ejemplo, Fisher (1977) propuso que la varianza entre los objetivos ideales y los resultados reales debería utilizarse como criterio de evaluación para evaluar los resultados del aprendizaje de laboratorio, mientras que otros (Boud 1973; Cawley 1989; Rice 1975] trataron de desarrollar una lista de verificación de diferentes objetivos de aprendizaje para la educación de laboratorio y poner diferentes pesos a cada uno de ellos. La efectividad de los laboratorios fue luego evaluada por el desempeño en diferentes objetivos, así como también en sus respectivos valores de ponderación.

Hegarty (1978), argumentó que el papel del laboratorio tradicional debería cambiarse y la capacidad de realizar investigaciones científicas debería abordarse como el objetivo principal en la educación de laboratorio. Más recientemente, se han publicado cuatro revisiones para examinar el trabajo práctico mediado por la tecnología.

Ertugrul (2000), encuestó a los laboratorios basados en labVIEW con respecto a los laboratorios simulados y remotos; Amigud et al. (2002) cubrieron 100 laboratorios virtuales en un intento de establecer los criterios para evaluar los laboratorios virtuales. Cada uno de estos artículos proporciona información valiosa sobre el estudio de los laboratorios, pero solo dentro de su tema central.

Los tres tipos de laboratorios a veces se comparan entre sí, mientras que en otros casos los laboratorios se fusionan. El programa integrado de enseñanza y aprendizaje de la Universidad de Colorado en Boulder brindó un ejemplo de cómo combinar la práctica con la experiencia de simulación y la experimentación remota.

Algunos de los artículos evaluados de laboratorios remotos en comparación con laboratorios tradicionales o laboratorios virtuales mostraron que los laboratorios tradicionales eran más efectivos que los simulados; sin embargo, se observó que el dominio real del problema, por ejemplo, la colocación de un catéter intravenoso por estudiantes de enfermería, podría razonablemente esperar por una capacitación práctica.

El consenso general de estos estudios de comparación, con la excepción de Engum et al. (2003), Es que no existe una diferencia significativa y consistente entre los laboratorios tradicionales, virtuales y remotos según lo medido por los resultados de los informes o pruebas de laboratorio. En su mayor parte, los estudios comparativos son a pequeña escala.

Hay muchas razones por las que este es el caso. La investigación en todos los formatos presenta desafíos específicos. Los estudios aleatorizados a gran escala solo pueden realizarse con un gran número de estudiantes que asisten a una clase. Esto tenderá a limitar dichos experimentos a cursos de nivel introductorio que se comparten en muchas concentraciones diferentes; tales cursos pueden no ser los lugares deseados para probar un nuevo aparato o dispositivo especializado. Además, diferentes tecnologías sugieren diferentes usos; por ejemplo, los instructores pueden diseñar un experimento de simulación que use el color para mostrar la temperatura de una manera que sea imposible de replicar en un laboratorio tradicional. Esto puede producir una enseñanza más eficaz, pero dificulta la comparación.

**Observación III: Hay defensores y detractores para cada tipo de laboratorio.**

Debido a la falta de precisión en la evaluación de la efectividad de la educación en el laboratorio remoto; los argumentos que existen sobre los diferentes tipos de laboratorios también son inconsistentes, ambiguos y no concluyentes. En esta parte del artículo se analizan las opiniones a favor y en contra que se discuten con respecto a los diferentes tipos de laboratorios.

Laboratorio tradicional: los laboratorios tradicionales implican un proceso de investigación físicamente real. Dos características distinguen al laboratorio tradicional de los otros dos laboratorios: (1) Todo el equipo necesario para realizar el laboratorio está configurado físicamente; y (2) los estudiantes que realizan el laboratorio tradicional están físicamente presentes en el laboratorio. Los defensores argumentan que los laboratorios tradicionales brindan a los estudiantes datos reales y "choques inesperados", la disparidad entre la teoría y los experimentos prácticos la cual es esencial para que los estudiantes comprendan el papel de los experimentos. Tales experiencias faltan en los laboratorios virtuales o simulados.

Por otro lado, los experimentos tradicionales se consideran demasiado costosos. Los laboratorios tradicionales exigen mucho espacio, tiempo del instructor e infraestructura experimental, todo lo cual está sujeto a costos crecientes [Farrington et al. 1994; Hessami y Sillitoe 1992; Philippatos y Moscato 1971]. Se ha observado una disminución continua en los cursos dados en laboratorio tradicionales. La ASEE (American Society for Engineering Education) en 1987 sugirió que "hacer uso de los avances en la tecnología de la información" podría ser un "enfoque rentable" para economizar los cursos de laboratorio.

Debido a la limitación de espacio y recursos, los laboratorios tradicionales no pueden satisfacer algunas de las necesidades especiales de los estudiantes discapacitados y usuarios distantes. Las evaluaciones de los estudiantes sugieren que los estudiantes no están satisfechos con los laboratorios tradicionales actuales [Cruickshank 1983; Dobson y col. 1995; Magin y Reizes 1990].

**Laboratorios virtuales o simulados:** Los laboratorios virtuales son imitaciones de experimentos reales. Toda la infraestructura requerida para los laboratorios no es real, sino que se simula en computadoras. Los defensores de los laboratorios virtuales argumentan que no solo son necesarios, sino valiosos. Primero, los laboratorios simulados se ven como una forma de lidiar con los crecientes gastos de los laboratorios tradicionales. Las simulaciones supuestamente reducen la cantidad de tiempo que se necesita para aprender.

Además, los laboratorios virtuales se consideran al menos tan efectivos como los laboratorios tradicionales [Shin et al. 2002] en el sentido de que “los estudiantes que utilizan un simulador pueden 'detener el mundo' y 'salir' del proceso simulado para revisarlo y comprenderlo mejor” [Parush et al. 2002]. También se adaptan para crear un modo activo de aprendizaje de tal manera que mejora el rendimiento de los estudiantes [Faria y Whiteley 1990; Smith y Pollard 1986; Whiteley y Faria 1989].

Los detractores argumentan que la exposición excesiva a la simulación resultará en una desconexión entre el mundo real y el virtual [Magin y Kanapathipillai 2000]. Los datos de los laboratorios simulados no son reales y, por lo tanto, los estudiantes no pueden aprender mediante prueba y error [Grant 1995]. Otra preocupación acerca de la simulación es su costo. Algunos señalan que el costo de la simulación no es necesariamente menor que el de los laboratorios tradicionales [Canizares y Faur 1997].

Las simulaciones realistas requieren una gran cantidad de tiempo y dinero para desarrollarse y aún pueden fallar en modelar fielmente la realidad [Papathanassiou et al. 1999]. La teoría del aprendizaje tradicional sugiere que lo que los estudiantes aprenden de las simulaciones es principalmente cómo ejecutar simulaciones.

**Laboratorios remotos:** Los laboratorios remotos se caracterizan por la realidad mediada. Al igual que los laboratorios tradicionales, requieren espacio y dispositivos. La característica que los diferencia de los laboratorios tradicionales es la distancia entre el experimento y el experimentador. En laboratorios tradicionales, el equipo puede estar mediado a través del control por computadora, pero ubicado en el mismo sitio del equipo.

Por el contrario, en los laboratorios remotos, los experimentadores obtienen datos controlando equipos separados geográficamente. En otras palabras, la realidad en los laboratorios remotos está mediada por la distancia. Los laboratorios remotos son cada vez más populares [Fujita et al. 2003; Gustavsson 2002; Shaheen y col. 1998; Yoo y Hovis 2004]. Tienen el potencial de proporcionar datos experimentales reales asequibles mediante el intercambio de dispositivos experimentales con un grupo de escuelas [Sonnenwald et al. 2003; Zimmerli y col. 2003].

De manera adicional, un laboratorio remoto puede ampliar la capacidad de un laboratorio tradicional. Su flexibilidad permite incrementar la cantidad de veces y lugares en los que un estudiante puede realizar experimentos [Canfora et al. 2004; Hutzal 2002].

Los estudios comparativos muestran que los estudiantes están motivados y dispuestos a trabajar en laboratorios remotos [Cooper et al. 2000b]. Algunos estudiantes incluso piensan que los laboratorios remotos son más efectivos que trabajar con simuladores [Scanlon et al. 2004]. Sin embargo, incluso a medida que los laboratorios remotos se vuelven más populares, se cuestiona su efectividad educativa. Keilson et al. En 1999 señalaron que la equivalencia entre el experimento de laboratorio tradicional y su implementación remota es condicional y limitada.

Argumentan que es probable que los estudiantes se distraigan y se impacienten con las computadoras, lo que a su vez perjudicará su participación en el experimento.

Vaidyanathan y Rochford (1998) también informan que algunos estudiantes dudan del valor de los experimentos remotos. Nedic et al. [2003] sugieren que los estudiantes no consideran realistas los laboratorios remotos, por lo tanto, afirman que los sentimientos de los estudiantes hacia los laboratorios simulados y remotos son los mismos, independientemente del hecho de que los laboratorios remotos proporcionen datos reales.

## **DISCUSIÓN**

En la actualidad todavía es difícil establecer a partir de las investigaciones realizadas y citadas en este artículo, si los laboratorios virtuales y remotos están en capacidad de suministrar las mismas o similares experiencias que los laboratorios tradicionales. Como se pudo observar, todavía existen investigadores que no comparten la idea de que estos laboratorios no tradicionales, sean una manera adecuada de recibir la experimentación, debido a que sus investigaciones sugieren que los estudiantes aprenden mejor en laboratorios

tradicionales y que además estos últimos no cuentan con distractores que entorpezcan el proceso de aprendizaje. Sin embargo, aunque estos estudios se hicieron en una época en la cual el componente tecnológico ha venido desarrollándose con premura, no habían contemplado factores que podrían ser catalizadores en la implementación de la manipulación remota tal como las cuarentenas vividas en estos últimos meses por la pandemia de la enfermedad Covid 19.

Lo cierto es que la tecnología ha avanzado de una forma acelerada esta última década y la pandemia del Covid 19 ha sido ese factor catalizador que ha llevado a transparentar una nueva relación entre los seres humanos a través de interacción social de manera virtual. Si bien esta interacción ya existía, la pandemia demostró que en las épocas de encierro incluso las relaciones laborales podían manejarse en la nueva normalidad en línea, creando un nuevo espacio para desarrollos alrededor de esta necesidad. Dentro de estos nuevos desarrollos mencionados seguro existirán espacios para la manipulación remota y para los laboratorios remotos y sus respectivos desarrollos.

En cuanto a nuestra realidad como Ecuador, los avances en este tipo de tecnología todavía son insipientes; sin embargo, ha comenzado a tomar fuerza en el área de la ingeniería de control. En nuestro país si existen proveedores que venden y capacitan en esta tecnología remota, pero en el área especificada al inicio de este párrafo. Todavía a nivel de ensayos y sistemas mecánicos, su adaptabilidad a la educación ecuatoriana es baja.

## **CONCLUSIONES**

En la actualidad la tecnología se ha desarrollado de manera considerable, por lo cual es posible pensar que las enseñanzas en las diversas carreras de ingenierías se están enfrentado a un cambio de paradigma en cuanto al aprendizaje con laboratorios.

La pandemia actual de Covid 19, ha transparentado la necesidad de uso de nuevas tecnologías de aprendizaje asociadas a la manipulación virtual o remota, pues una de las áreas menos afectadas en esta pandemia es la educación universitaria, la cual se ha permitido seguir bajo estas condiciones en modalidad on line.

El uso de laboratorios tradicionales para la enseñanza de la ingeniería, sin duda alguna hasta la actualidad es uno de los procedimientos más potentes para asociar el conocimiento adquirido en las aulas de clase a los procesos reales.

Los laboratorios virtuales permiten flexibilidad en el proceso de aprendizaje en las carreras de ingeniería a partir de la simulación de experimentos que conllevan a que el estudiante comprenda de mejor manera el comportamiento de las variables analizadas y los resultados obtenidos.

Los laboratorios virtuales no proveen al estudiante una visión completa de la realidad al no estar asociados a la manipulación y conexión de materiales reales, por lo tanto, su limitación se basa en que el estudiante puede comprender el fenómeno, pero no termina conociendo los agentes que intervienen en el fenómeno.

Los laboratorios remotos constituyen un avance importante en este nuevo paradigma del aprendizaje. Permite que el estudiante conozca a los agentes que intervienen en el fenómeno estudiado y por lo tanto asocia el fenómeno a la realidad, pero conociendo todos los factores que intervienen en el experimento. También proveen flexibilidad al permitir la manipulación de equipos reales de manera remota.

Se visualiza un incremento progresivo en el uso de laboratorios remotos en el tiempo, pues las tecnologías subyacentes al desarrollo de estos laboratorios se encuentran en una etapa de madurez tecnológica de tal forma que puede proveer el soporte suficiente para el desarrollo de este tipo de laboratorios, constituyéndose a sí en una herramienta presente y futura para un nuevo paradigma de aprendizaje on line en las carreras de ingeniería.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Bencomo, S. D. (2004). Control learning: Present and future. *Annual Reviews in Control*, 28(1), 115–136. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2003.12.002>
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>
- Garcia-Loro, F., Cristobal, E. S., Diaz, G., MacHo, A., Baizan, P., Blazquez, M., ... Lehtikangas, E. (2019). PILAR: A Federation of VISIR Remote Laboratory Systems for Educational Open Activities. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018*, (December), 134–141. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615277>



- Gravier, C., Fayolle, J., Bayard, B., Ates, M., & Lardon, J. (2008). State of the Art About Remote Laboratories Paradigms – Foundations of Ongoing Mutations. *International Journal of Online Engineering (IJOE)*, 4(1), 19–25. Retrieved from <http://www.online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/480>
- Heradio, R., de la Torre, L., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*, 42, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>
- Heradio, R., De La Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers and Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- IEEE P1876, W. G. (2019). IEEE Std 1876-2019: IEEE Standard for Networked Smart Learning Objects for Online Laboratories. In *IEEE Std 1876-2019 (Vol. 1)*. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8723446>
- Lowe, D., Yeung, H., Tawfik, M., Sancristobal, E., Castro, M., Orduña, P., & Richter, T. (2016). Interoperating remote laboratory management systems (RLMSs) for more efficient sharing of laboratory resources. *Computer Standards and Interfaces*, 43, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2015.07.004>
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories. *ACM Computing Surveys*, 38(3), 7-es. <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
- Navarro Asencio, E., Jiménez García, E., Rappoport Redondo, S., & Rappoport Redondo, B. (2017). Fundamentos de la investigación y la innovación educativa. In *Universidad Internacional de La Rioja, S. A. (Vol. 1)*. Logroño.
- Rivera, L. F. Z., & Petrie, M. M. L. (2016). Models of collaborative remote laboratories and integration with learning environments. *International Journal of Online Engineering*, 12(9), 14–21. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6129>

Rodriguez-Gil, L., García-Zubia, J., & Orduna, P. (2016). An architecture for new models of online laboratories: Educative multi-user gamified hybrid laboratories based on virtual environments. Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2016, 202–203. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.7444465>

Tawfik, M., Salzmann, C., Gillet, D., Lowe, D., Saliah-Hassane, H., Sancristobal, E., & Castro, M. (2014). Laboratory as a service (LaaS): A novel paradigm for developing and implementing modular remote laboratories. International Journal of Online Engineering, 10(4), 13–21. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v10i4.3654>