

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICA

DOCTORADO EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS EXPERIMENTALES



Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en  
Educación en Ciencias Experimentales

***Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la  
física en la UNED de Costa Rica***

Mg. Carlos Alberto Arguedas Matarrita

Director de tesis: Dra. Sonia Beatriz Concari

Lugar de realización: Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad  
Estatil a Distancia, Costa Rica

**2017**

***Dedicatoria***

*A mis padres.*

*Y mis compañeras de aventuras, Adriana, Ashley y Valeria, por todo.*

# ÍNDICE

Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	x
Abreviaturas y símbolos	xi
Resumen	xiii
Abstract	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación e interés científico y educativo	2
1.2. La educación a distancia	3
1.2.1. Conceptualización y aspectos educativos de la EaD	7
1.3. La educación a distancia en Costa Rica	9
1.3.1. El modelo pedagógico de la Universidad Estatal a Distancia	12
1.3.2. Recursos y medios de apoyo educativo en la UNED	17
1.3.2.1. Material escrito	18
1.3.2.2. Audiovisuales	18
1.3.2.3. Multimedia	19
1.3.2.4. Videoconferencias	19
1.3.2.5. Plataformas virtuales	20
1.3.3. Tipos de asignaturas o cursos ofrecidos en la UNED	21
1.3.3.1. Tradicional a distancia	21
1.3.3.2. Virtual	21
1.3.3.3. Híbrido	22
1.3.4. Población estudiantil de la UNED	23
1.4. El trabajo experimental en la enseñanza de la física	24

1.4.1. Laboratorio tradicional (hands-on)	26
1.4.2. Laboratorios Virtuales	27
1.4.3. Laboratorios Remotos	29
1.4.3.1. Inicio de la experimentación remota	31
1.4.3.2. Arquitectura de un LR	33
1.5. La experimentación en la educación STEM	34
1.6. Postura educativa para el uso de los LR en la UNED	35
1.7. El problema de investigación	36
1.8. Objetivos	37
1.8.1. Objetivo general	37
1.8.2. Objetivos específicos	37
1.9. Síntesis del capítulo	38
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>39</b>
2.1. Tipo de estudio	40
2.2. Participantes	41
2.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de información	43
2.3.1. Investigación documental	43
2.3.2. Los cuestionarios	46
2.3.3. Proceso de validación de los instrumentos	46
2.3.4. Aplicación de los instrumentos	52
2.4. Estrategias para la recepción y análisis de los datos e información	52
2.5. Síntesis del capítulo	53
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>54</b>
3.1. Resultados de la investigación documental	55
3.1.1. Virtual Instruments and Systems in Reality (VISIR)	55
3.1.2. WebLab-Deusto	58

3.1.3. RemLabNet	60
3.1.4. e-Laboratory Project	62
3.1.5. Laboratorio Remoto del Grupo Galileo	64
3.1.6. Physil@b	65
3.1.7. UNEDLabs	67
3.1.8. Remote Experimentation Laboratory (RExLab)	69
3.1.9. Laboratorio Remoto de la FCEIA	71
3.1.10. El Instituto Labshare	72
3.1.11. El proyecto Go-Lab	73
3.1.12. iLabCentral	75
3.1.13. Nuevos proyectos de LR en Latinoamérica	76
3.1.14. Características generales de los LR descritos	77
3.1.15. Tendencias actuales en los proyectos de LR	81
3.2. Resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a estudiantes	82
3.2.1. Datos generales	83
3.2.2. Acceso y conectividad	88
3.2.3. Laboratorio Remoto	92
3.3. Resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a especialistas en LR	101
3.3.1. Datos generales	101
3.3.2. Aspectos tecnológicos	103
3.3.3. Aspectos pedagógicos	111
3.4. Síntesis del capítulo	117
<b>4. PROPUESTA</b>	<b>119</b>
4.1. Necesidades tecnológicas para el LR de la UNED	120

4.1.1. Apoyos educativos	121
4.2. Integración de las actividades experimentales	122
4.3. Espacio físico para el LR	125
4.4. Adquisición del primer LR de la UNED	126
4.4.1. Proceso de diseño y desarrollo propuesto	128
4.4.1.1. Diseño del LR	128
4.4.1.2. Desarrollo del LR	129
4.5. Capacitación del equipo de trabajo	131
4.5.1. Conformación del equipo de trabajo	131
4.6. Convenios con instituciones que cuentan con LR	132
4.7. Síntesis del capítulo	132
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>133</b>
5.1. Síntesis de los resultados	134
5.2. Conclusiones	136
5.3. Recomendaciones	137
5.4. Perspectivas	137
<b>6. Bibliografía</b>	<b>139</b>
<b>7. Agradecimientos</b>	<b>157</b>
<b>Anexos</b>	<b>160</b>
Anexo 1. Ficha para la validación de los instrumentos	161
Anexo 2. Cuestionario dirigido a estudiantes	164
Anexo 3. Cuestionario dirigido a especialistas(en castellano)	170
Anexo 4. Cuestionario dirigido a especialistas (en inglés)	174
Anexo 5. Listado de comunicaciones producto de esta tesis	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Propiciadores del nacimiento y desarrollo de la EaD	4
1.2. Distribución de los CeU de la UNED	11
1.3. Modelo pedagógico de la UNED	15
1.4. El b-learning	23
1.5. Actividades que se desarrollan en los cursos de la UNED	23
1.6. Distribución de la Edad en el II Cuatrimestre para la población de la UNED	24
1.7. Arquitectura general de un LR	34
2.1. CeU en los que están matriculados los estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales	41
2.2. CeU en los que están matriculados los estudiantes de Ingeniería Industrial	42
3.1. Componentes virtualizados que conforman el LR VISIR	57
3.2. Matriz de conmutación del VISIR	58
3.3. Captura de pantalla de la experiencia del principio de Arquímedes de WebLab-Deusto	59
3.4. Arquitectura de WebLab-Deusto	60
3.5. Página de RemLabNet	61
3.6. Arquitectura RemLabNet	62
3.7. Captura de pantalla de la práctica de inducción electromagnética	63
3.8. Laboratorio Remoto Grupo Galileo	64
3.9. Arquitectura LR Grupo Galileo	65
3.10. Página de Physil@b	66
3.11. Arquitectura de PHYSILAB	67
3.12. Portal UNEDLabs	68
3.13. Arquitectura de UNEDLabs	69

3.14. Práctica de plano inclinado de RexLab	70
3.15. Arquitectura de RexLab	70
3.16. Arquitectura del LR de Física Electrónica	71
3.17. Página del Laboratorio Remoto Móvil	72
3.18. Página principal de Labshare	73
3.19. Página de inicio del proyecto Go-Lab	74
3.20. Captura de pantalla iLabCentral	75
3.21. Página inicial del Giroscopio de la UESB	76
3.22. Distribución por rango de edad para la muestra de estudiantes	83
3.23. Procedencia según la carrera de estudio	84
3.24. Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías ofrecidas en el CeU de Alajuela	86
3.25. Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías ofrecidas en el CeU de San José	87
3.26. Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías al CeU de San Isidro	88
3.27. Relación entre la frecuencia de ingreso a la plataforma virtual por el lugar de acceso	89
3.28. Percepción de la velocidad de Internet según el sitio de ingreso	91
3.29. Dispositivo con el que ingresan los estudiantes al entorno del curso	92
3.30. Relación entre el conocimiento que tenían los estudiantes de la muestra sobre lo que es un LR y el uso que han hecho antes de este recurso	93
3.31. Dificultades que tuvo o considera que puede tener al utilizar un LR	95
3.32. Características deseables para el LR de la UNED	97
3.33. Consideraciones de la muestra respecto al LR en la EaD	99

3.34. Importancia de utilizar recursos tecnológicos en el trabajo experimental en la formación universitaria	99
3.35. Países de procedencia de los especialistas	102
3.36. Lenguaje en el que ha se diseñado la aplicación web del LR	104
3.37. Respuestas a las preguntas ¿Comparte laboratorios con otras instituciones? Y ¿Exige el uso de usuarios y contraseñas?	105
3.38. Respuestas a la pregunta ¿Considera conveniente gestionar un LR a través de un LMS?	106
3.39. Aspectos que se han tenido en cuenta por parte de los especialistas al diseñar su LR	110
3.40. Apoyos educativos de los LR	111
3.41. Ventajas que ofrecen los LR en la EaD	114
3.42. Frecuencia de respuestas sobre el porcentaje de tiempo en el último año, en el que el LR no estuvo disponible	116
4.1. Modelo de enseñanza y aprendizaje experimental	123
4.2. Trabajo experimental en la UNED	124
4.3. Edificio I+D de la UNED	125
4.4. Espacio físico para asignado para el LR	126

## ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Algunos acontecimientos históricos de la EaD	6
1.2. Recursos elaborados por el VAU	20
1.3. Cantidad de recintos de laboratorio en construcción por CeU	27
1.4. Laboratorios remotos en el mundo en el año 2006	32
2.1. Categorías y dimensiones establecidas para la búsqueda de características	45
2.2. Expertos participantes en la validación de los instrumentos	47
2.3. Observaciones realizadas por expertos al instrumento para estudiantes	48
2.4. Observaciones realizadas al instrumento para especialistas en LR	50
3.1. Caracterización de proyecto de LR relevados	78
3.2. Cantidad de estudiantes que asisten a los CeU donde se brindan tutorías presenciales	85
3.3. Uso del LR en relación con la carrera que cursan	94
3.4. Dificultades que tuvo o podría tener en relación a la utilización o no de un LR previamente	96
3.5. Frecuencia de aparición de las categorías definidas	100
3.6. Grado académico de los especialistas	103
3.7. Conveniencia de gestionar el LR con un LMS según los años de trabajar en proyecto de LR	107
4.1. Características generales deseables en un LR	120
4.2. Apoyos pedagógicos para un LR en EaD	122
4.3. Previsión de LR a ser desarrollados en la UNED en los próximos tres años	127
4.4. Etapas propuestas para el diseño y desarrollo de un LR en la UNED	130

## **ABREVIATURAS Y SIMBOLOS**

<b>AMI</b>	Acuerdo de Mejoramiento Institucional
<b>BTH</b>	Blekinge Institute of Technology
<b>CeU</b>	Centro Universitario
<b>EaD</b>	Educación a Distancia
<b>GOLC</b>	Global Online Laboratory Consortium
<b>HTML</b>	Hyper Text Markup Language
<b>ICER</b>	Instituto Costarricense de Enseñanza Radiofónica
<b>ii+D</b>	Investigación, Innovación y Desarrollo
<b>LMS</b>	Learning Management System (Sistema de Gestión del Aprendizaje)
<b>LR</b>	Laboratorio Remoto
<b>LT</b>	Laboratorio Tradicional (hands-on)
<b>LV</b>	Laboratorio Virtual
<b>MEP</b>	Ministerio de Educación Pública
<b>MOOC</b>	Massive Open Online Courses
<b>MOODLE</b>	Module Object Oriented Dynamic Learning Environment
<b>PACE</b>	Programa de Apoyo Curricular y Evaluación de los Aprendizajes
<b>PAL</b>	Programa de Aprendizaje en Línea
<b>PEM</b>	Programa de Producción Electrónica Multimedial
<b>PHET</b>	Physics Education Technology Project
<b>PPMA</b>	Programa de Producción de Material Audiovisual
<b>PROMADE</b>	Programa de Producción de Material Didáctico Escrito
<b>RA</b>	Realidad Aumentada
<b>REV</b>	International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation

<b>RexLab</b>	Remote Experimentation Laboratory
<b>RMLS</b>	Remote Laboratory Management System
<b>SPU</b>	Secretaría de Políticas Universitarias
<b>STEM</b>	Science, Technology, Engineering and Mathematics
<b>TIC</b>	Tecnologías de la Información y la Comunicación
<b>UDM</b>	Unidad Didáctica Modular
<b>UNED</b>	Universidad Estatal a Distancia
<b>UNL</b>	Universidad Nacional del Litoral
<b>UNR</b>	Universidad Nacional de Rosario
<b>UTS</b>	Universidad Tecnológica de Sydney
<b>VAU</b>	Programa de Videoconferencia y Audiográfica
<b>VISIR</b>	Virtual Instrumentation Systems In Reality

## RESUMEN

El avance vertiginoso de la tecnología está impactando el proceso de enseñanza y aprendizaje, en este contexto las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se vuelven herramientas valiosas para apoyar el aprendizaje. La educación a distancia se apoya en las TIC para ofrecer procesos de enseñanza y aprendizaje más flexibles y acordes a las necesidades de esta modalidad educativa.

Hasta hace unos años pensar en la idea de realizar prácticas de laboratorio por medio de Internet era impensable, sin embargo el avance tecnológico ha hecho posible que se puedan realizar experiencias reales de laboratorio por medio de los Laboratorios Remotos (LR). Los mismos permiten que los estudiantes realicen el trabajo experimental sin la necesidad de asistir al recinto donde se ubica el laboratorio, lo que permite integrar estos recursos para el trabajo experimental, en estrategias didácticas para promover el aprendizaje de la física.

En el caso de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED), institución de educación superior pionera en esta modalidad, hasta el momento no dispone de prácticas experimentales, de acceso remoto propias, destinadas a la enseñanza de la física. En esta tesis se busca conocer las características educativas y tecnológicas de los LR existentes para la enseñanza de la física, así como las condiciones que deberían reunir los LR para su desarrollo en la UNED.

A partir de ese conocimiento, se plantea diseñar una propuesta para el desarrollo de un LR en la UNED, que reúna características educativas y tecnológicas acordes al modelo pedagógico de esta institución y al estado del desarrollo tecnológico actual, respectivamente.

El estudio se realizó bajo una metodología mixta. Para cumplir con los objetivos propuestos se realizó una investigación documental y dos estudios de indagación en muestras intencionales: uno dirigido a una población de estudiantes de la UNED, con una muestra de 172 estudiantes, estadísticamente significativa con un 95% de confianza y un 7% de

incertidumbre, y otro dirigido a especialistas en LR, en el que participaron en una muestra intencional, 40 especialistas de 17 países diferentes.

Entre los resultados se destaca la identificación y descripción de veinte proyectos que poseen prácticas experimentales de acceso remoto dirigidas a la enseñanza de la física; la población de estudiantes de la UNED en un gran porcentaje utilizan dispositivo móviles para ingresar a los entornos virtuales de los cursos; un 57% de la muestra de estudiantes no tenía conocimientos previos sobre LR; además el 87% indica que considera utilizar recursos tecnológicos en su formación universitaria.

En relación a los especialistas, estos recomiendan que los LR se deben diseñar en lenguajes que permitan la multiplataforma, y que las prácticas se deben pensar de tal forma que pueda ser útil en diferentes contextos educativos; 82% de los encuestados señalan que comparten sus LR con otras instituciones, y el 62% no solicitan usuarios para el uso de las experiencias del proyecto en el que se encuentran asociados.

Como resultado de los estudios realizados, se desarrolló una propuesta para implementar el proyecto de LR en la UNED, que incluiría experiencias de mecánica y electricidad, con las siguientes características: de fácil acceso, con objetivos educativos claros y provistos de los apoyos educativos necesarios para la enseñanza de la física en la modalidad a distancia.

Por último, para el éxito de un proyecto de esta naturaleza se requiere para su consolidación, permanencia y mejora continua, de un equipo técnico y académico que diseñe, proyecte y utilice los LR, siendo indispensable la capacitación continua de dicho equipo de trabajo.

## **ABSTRACT**

The rapid advance of technology is having an impact on the teaching and learning processes; in this context the Information and Communication Technologies (ICT) become valuable tools to support learning. Distance learning uses ICTs to offer processes of teaching and learning which are more flexible and in compliance with the needs of this type of education.

Not long ago, the idea of carrying out lab practices via Internet was just unthinkable; however technological advance has enabled the development of real experiences in a laboratory through Remote Labs (RL). These allow students to carry out experimental work without the need of attending the laboratory facilities, which makes it possible to blend these resources for experimental work, in teaching strategies to promote the learning of Physics.

In the case of Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED), a higher education institution and a pioneer in this modality, it does not have so far its own remote access experimental practices aimed at the teaching of Physics. The aim of this thesis is to know the educational and technological features of Physics, as well as the conditions that RLs should meet for their development at UNED.

From that knowledge, it is planned to design, which comprises educational and technological features that comply with the pedagogical design of this institution and with the current technological development, respectively.

The study was carried out through a mixed. In order to achieve the aims put forward a documentary research and two inquiry studies in purposive samples were developed: one of them directed to a community of students at UNED, with a sample of 172 students, statistically significant 95% confident and 7% uncertain, and another one directed to RL experts in which 40 experts from 17 different countries took part in a intentional sample.

In the results it stands out the identification and description of twenty projects containing remote access experimental practices aimed at the teaching of Physics; a large percentage of students at the UNED community uses mobile devices to access the courses on a virtual environment; 57% of the students did

not know what a RL was; besides, 87% state that they consider using technological resources in their training at university.

The specialists recommend that RL must be designed with such languages that enable multiplatform; and that practices must be thought in such a way that they turn out useful in different educational contexts; 82% of the specialists indicate that they share their RLs with other institutions, and 62% do not ask for user names to use the experiences of the project within which they are related.

As a result of the studies carried out, a proposal to develop the RL project at UNED was designed; it shall include mechanics and electricity experiences with the following features: easy access, with clear educational aims and with the necessary educational support to the remote teaching of Physics.

Finally, if success of such a project is to be achieved, then it is necessary for its consolidation, continuance and constant improvement to have a technical and academic team that design, plan and use the RLs, which makes their continuous training essential.

# 1. Introducción

En este capítulo se describe la motivación para realizar este estudio, el marco teórico, los antecedentes sobre el tema y los objetivos de la presente investigación.

### **1.1. Motivación e interés científico y educativo**

La educación está experimentando grandes cambios influenciados por el avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las que han generado recursos educativos en todas las áreas del conocimiento. En el campo específico de la enseñanza de la física uno de estos avances son los Laboratorios Remotos (LR). Los mismos permiten realizar experimentos reales a través de Internet, son herramientas que permiten apoyar la enseñanza presencial (Navarro y Tizón, 2016), y a su vez constituyen un complemento idóneo para la educación a distancia (García y otros, 2016), debido a que no se requiere el desplazamiento a un espacio físico y se puede acceder a ellos en el momento que el estudiante lo considere oportuno.

La Educación a Distancia (EaD) representa un esfuerzo para romper barreras espacio-temporales o limitaciones pedagógicas más típicas de la educación presencial y requiere de recursos que provean esa flexibilización.

Un aspecto esencial para la educación en un contexto actual es la flexibilidad educacional, entendida como las posibilidades de re-organización de la educación, en función de los diversos intereses o necesidades (Mill, 2014). En esta línea, las características de los LR se presentan como recursos educativos para fortalecer el trabajo experimental en esta modalidad educativa.

Siendo la UNED una institución de EaD, los espacios presenciales son limitados, lo que disminuye la cantidad de prácticas de laboratorio que pueden realizarse en un cuatrimestre o semestre; por esta razón se deben buscar alternativas para ampliar los espacios donde se generen oportunidades de trabajo experimental, el cual es sumamente importante en la enseñanza y aprendizaje de la física como se explicará más adelante.

Ante la búsqueda de alternativas de herramientas que permitan la experimentación real, en el año 2013 en la Conferencia Inter-Americana de Educación en Física celebrada en Ecuador, este doctorando asistió a un taller

enfocado en el uso de LR en la enseñanza de la física y surgió el interés por conocer más sobre estos recursos educativos. Ese mismo año, a partir de contactos personales iniciados con docentes investigadores de dos universidades públicas argentinas, la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y la Universidad Nacional del Litoral (UNL), se presentó un proyecto a una convocatoria de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación, para participar en un proyecto REDES para apoyar a la Universidad Estatal a Distancia (UNED) en el desarrollo de estas tecnologías en Costa Rica (Arguedas, Concari y Ureña, 2016). A partir de ese proyecto, el cual ha contado con el apoyo de las autoridades de la UNED, se propuso la presente investigación para incorporar los LR en la enseñanza de la física en esta universidad.

Si bien el LR está siendo empleado desde hace décadas en la educación superior, principalmente para la formación profesional de ingenieros, no ha sido una tecnología incorporada a programas de formación a distancia, o semipresenciales, tal como lo muestra una reciente revisión sistemática de la literatura (González, Perdomo y Pascuas, 2017).

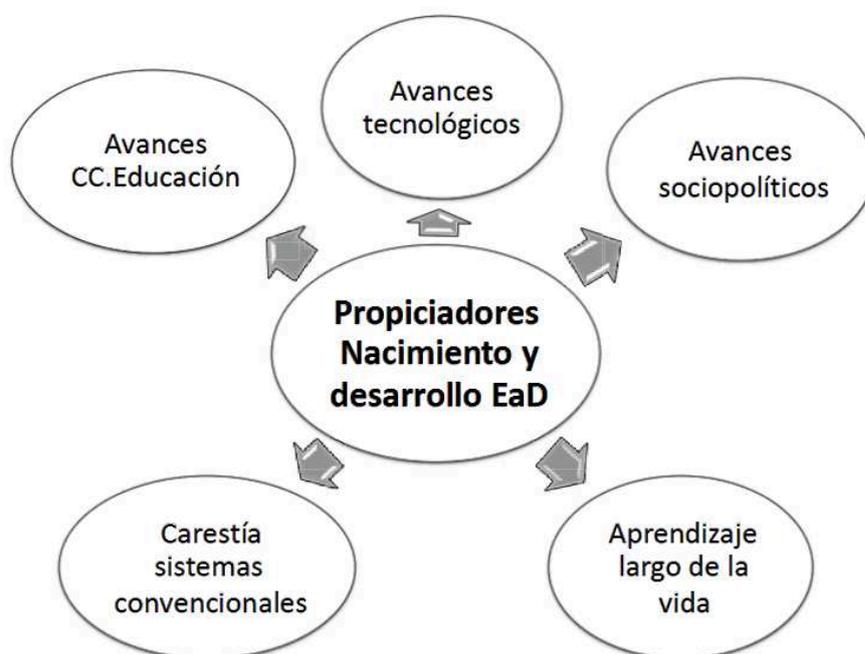
Esta investigación doctoral está dirigida a establecer una propuesta para el uso de los LR acorde a las necesidades del modelo pedagógico de la UNED de Costa Rica. La tesis pretende avanzar hacia la integración de los LR como medios educativos en la educación superior en las modalidades a distancia y semipresencial.

## **1.2. La educación a distancia**

En las últimas décadas la EaD ha ganado relevancia como modalidad educativa; prueba de ello son las diferentes universidades a nivel mundial enfocadas exclusivamente en esta modalidad. Algunas de estas instituciones son: la Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), la Open University (Inglaterra), Open University in the Netherlands (Holanda), The Open University of Japan (Japón), The Everyman's University (Israel), la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Colombia), la Universidad Abierta Para Adultos

(República Dominicana), la Universidad Abierta y a Distancia de México, siendo pioneras en América Latina la Universidad Nacional Abierta (Venezuela) y la Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica).

El origen de la EaD está asociado a la mejora en los servicios del correo postal. Su inicio como una modalidad educativa organizada se le puede atribuir a un curso que se anuncia en la Gaceta de Boston en 1728 por parte del profesor Caleb Philipps, en el cual se brindaba material autoinstructivo y la posibilidad de tutorías por correspondencia (Alfonso, 2003). En la Figura 1.1 se muestran algunos aspectos que originaron y permitieron el desarrollo de la EaD.



**Figura 1.1.** Propiciadores del nacimiento y desarrollo de la EaD (García, 2014).

Estos factores según García (2014) propiciaron y además fueron la base para el desarrollo de la EaD. A continuación describimos cada uno de estos componentes:

- Las transformaciones tecnológicas. El avance tecnológico ha permitido reducir las distancias. “Los recursos tecnológicos han venido posibilitando, mediante la metodología adecuada, suplir e incluso

superar la educación presencial, con una utilización de los medios de comunicación social” (García, 2014, p.52).

- Los avances sociopolíticos. Se generó un aumento en la demanda educativa que los centros convencionales no podían satisfacer previo a la década de los setenta, época en que los estudios superiores estaban disponibles para las clases sociales más acomodadas. En sus inicios la EaD se presentó como la posibilidad democrática de acceso a la educación para la población que estaba siendo excluida por diversas razones.
- La necesidad de aprender a lo largo de la vida. Se presenta la “necesidad de combinar educación y trabajo, con el fin de adaptarse a los constantes cambios culturales, sociales y tecnológicos, sin necesidad de abandonar el puesto laboral, pedía otra modalidad de formación que no exigiera la permanencia en el aula” (García, 2014, p.54).
- Los costos de los sistemas convencionales. La EaD se vuelve una modalidad más económica en comparación con la educación presencial, logrando una disminución de costos junto con que la atención de una mayor cantidad de estudiantes.
- Los avances en el ámbito de las ciencias de la educación. El avance en las ciencias de la educación ha posibilitado “una planificación cuidadosa de la utilización de recursos y una metodología, que privada de la presencia del profesor, potenciaba el trabajo independiente y por ello la personalización del aprendizaje” (García, 2014, p.54).

En la Tabla 1.1 se muestran algunos hitos históricos importantes en el desarrollo de esta modalidad educativa.

**Tabla 1.1.** Algunos acontecimientos históricos de la EaD.

<b>Acontecimiento</b>	<b>Año</b>
Aparece el anuncio en la Gaceta de Boston sobre un curso a distancia.	1728
En Suecia se ofrece aprender redacción por correspondencia.	1828
Se ofrecen cursos de mecanografía y estudio de las escrituras de Isacc Pitman a través del correo en el Reino Unido.	1840
En la Universidad de Chicago se crea el Departamento de Estudios por Correspondencia.	1891
Se celebra en Victoria (Canadá) la Primera Conferencia Internacional sobre la Educación por Correspondencia.	1938
Se crea en Canadá la International Council for Open and Distance Education (ICDE). En la actualidad se encuentra conformada por más de 140 países.	1938
En Francia se funda el Centro Nacional de Educación a Distancia.	1939
Se crea la primera universidad de educación a distancia, la Universidad de Sudáfrica (UNISA).	1946
Se crea el sistema Telesecundaria en México.	1968
Se crea la Primera Escuela Oficial Televisiva del Ciclo Básico Común de la Provincia de Santa Fe en Argentina.	1968
Se crea en el Reino Unido la Open University.	1969
Se crea en Canadá la Athabasca University.	1970
Se crea en España la Universidad Nacional de Educación a Distancia.	1972
Se crea en Canadá Téléuniversité de la Université du Quebec.	1972
Se crea en Israel The Everyman's University.	1973
Se crea en Venezuela la Universidad Nacional Abierta (UNA).	1977
Se crea en Costa Rica la Universidad Estatal a Distancia (UNED).	1977
Se crea en Colombia la Universidad Nacional y Abierta (UNAD).	1981
Se crea en Holanda la Open University in the Netherlands.	1981
Se crea en Irlanda la National Distance Education Centre.	1982

Se crea en Japón la Open University of Japan.	1984
Se crea en la India la Indira Gandhi National Open University.	1985
Se crea la Universidade Aberta de Portugal.	1988
Se crea en Caracas (Venezuela) el Consorcio-Red de Educación a Distancia (CREAD), conformado por instituciones de distintos países.	1990
Se crea en Argentina la Red Universitaria de Educación a Distancia Argentina (RUEDA).	1990
Se crea en República Dominicana la Universidad Abierta Para Adultos (UAPA).	1991
Se crea la Universidad Abierta y a Distancia de Panamá (UNADP)	1994
Se crea la University of the Philippines Open University (UPOU)	1995
Se crea en Suiza la International Commission on Distance Education (ICODE), que reúne a instituciones de distintos países.	1997
En la Universidad Nacional del Litoral se crea el proyecto UNL-Virtual.	1999
Se crea la Universidad Aberta de Brasil (UAB).	2005
Se crea la Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM)	2012
Se crea la Universidad de El Salvador en Línea-Educación a Distancia.	2014

Fuente: Elaboración propia, con base en García (1999) y los sitios web de las instituciones y organismos de EaD que se mencionan.

### 1.2.1. Conceptualización y aspectos educativos de la EaD

Una definición precisa y única de la EaD es una tarea compleja ya que es una modalidad que varía según el lugar y tiempo en el que se desarrolla (Chaves, 2017), sin embargo en esta tesis se entenderá la EaD de acuerdo a lo expuesto por Lorenzo García Aretio, investigador de la UNED de España. Para García (2014) la EaD “se basa en un diálogo didáctico mediado entre docentes de una institución y los estudiantes que, ubicados en espacio diferente al de aquellos, aprenden de forma independiente o grupal” (p.48). Esta definición se ha estructurado en función de tres componentes, “la visión pedagógica de logros

de aprendizajes valiosos (didáctico), el componente social plasmado en el término diálogo que refuerza el hecho de la interacción y el componente tecnológico que asume el término mediado” (García, 2014, p.48).

Por su parte Cabero (2012) menciona que esta modalidad educativa posee características distintivas. Las mismas se sintetizan a continuación:

- Separación espacial y temporal entre el profesor y estudiante.
- Formación mediada y, por tanto, apoyada en diferentes tecnologías que condicionan y matizan la relación que el profesor y el estudiante establecen con los contenidos.
- Comunicación mediada entre el profesor y el estudiante.
- Posibilidad que la comunicación sea sincrónica (teléfono, chat, videoconferencia...) o asincrónica (foros, listas de distribución, correo electrónico, cartas...).
- Por lo general, los alumnos son de más edad que los del sistema presencial.
- Existencia de una institución que organice la estructura educativa y la certificación académica. Fuerte apoyo en una estructura organizativa.
- Incorporación, en la acción educativa, de diferentes personas que garanticen su calidad: profesores, alumnos, técnicos de producción de materiales, distribuidores de materiales. El estudiante a distancia necesita un sistema de información, comunicación y apoyo más complejo que el estudiante de la formación presencial.
- Formación fuertemente tutorizada.
- Comunicación bidireccional, multicódigo y multipersonal. Bidireccional en el sentido que suele darse de ida y vuelta entre los participantes; multicódigo, ya que se utilizan diferentes tipos de ellos, desde los verbales a los impresos, visuales y audiovisuales; y multipersonal, porque se establece entre diferentes personas: profesor, alumnos, técnicos, distribuidores de materiales, evaluadores, entre otros. (p.249).

La EaD se ha visto beneficiada con el avance de las tecnologías ya que éstas han permitido un apoyo más efectivo y multidireccional del proceso

de enseñanza y aprendizaje. Por otra parte algunas instituciones de esta modalidad educativa han ampliado los espacios de formación colectiva mediante la oferta de los MOOC (Massive Open Online Course), destacándose como un nuevo espacio en la EaD (García y García, 2016).

### **1.3. La educación a distancia en Costa Rica**

En Costa Rica la EaD tiene sus orígenes con los cursos que brindaba la Hemphill Schools por correspondencia desde los Estados Unidos a partir de 1952.

En 1973 el jesuita Franz Tattenbach inaugura el Instituto Costarricense de Enseñanza Radiofónica (ICER) y un año después, mediante un convenio con el Ministerio de Educación Pública (MEP) (Molina, 2016), se inicia el denominado “Maestro en Casa” que le permitía a campesinos y adultos terminar la escuela primaria o secundaria. Como medios educativos se emitían programas de radio, la edición de libros y las tutorías presenciales (Torres y Castillo, 2009). Este programa desde el año 2005 cuenta con un sitio web en el que se pueden acceder a materiales de apoyo como prácticas virtuales, videos de apoyo, temarios de las pruebas y el calendario de pruebas y de la emisión de los diferentes programas de radio (ICER, 2017).

En el ámbito universitario en el año 1977 se crea la Universidad Estatal a Distancia (UNED), “como un proyecto para innovar en la educación superior” (Dengo, 2004, p.182) a raíz de la iniciativa del Ministro de Educación Fernando Volio Jiménez, debido a la necesidad de brindar una mayor cobertura educativa de nivel superior en Costa Rica.

Según Dengo (2004) la ley de creación de la UNED fue aprobada por la asamblea Legislativa el 22 de febrero de 1977. Con su creación Molina (2008) menciona que:

La UNED no pretendía convertirse en una competencia o en un sustituto de la educación superior tradicional sino, más bien, en un complemento barajador de soluciones para aquellos problemas específicos del sistema educativo costarricense en materia de crecimiento, infraestructura y financiamiento. (p.25).

Este centro de educación superior viene a apoyar la labor realizada por las otras universidades públicas de Costa Rica, teniendo la UNED una particularidad al ser concebida como “una institución de educación superior especializada en la enseñanza a través de los medios de comunicación social” (Molina, 2008, p.33), concepción que la ha caracterizado desde sus inicios hasta nuestros días.

En la actualidad la UNED cuenta con 37 centros universitarios (CeU), distribuidos en todo el país (ver Figura 1.2), lo que la convierte en la universidad con mayor cobertura en Costa Rica, y utilizando la tecnología como un medio para romper con la barrera espacio-temporal. Al respecto el ex rector Rodrigo Arias citado por Molina (2008) señalaba que “la tecnología permite cumplir fehacientemente con aquellos objetivos inspiradores de una institución a distancia, lo que nos convierte en la universidad más pertinente” (p.69).



**Figura 1.2.** Distribución de los CeU de la UNED.

(Fuente: <http://www.uned.ac.cr/index.php/centros-universitarios>)

En el año 2007 la UNED es declarada institución Benemérita de la Educación y la Cultura, en reconocimiento por haber cumplido con los objetivos para lo cual fue creada y además ha logrado calar en el sentir nacional y ha pasado a formar parte de la historia costarricense (Molina, 2008, p.171).

Cabe resaltar que en los últimos años la UNED, con el fin de garantizar la calidad de las carreras que ofrece, se ha sometido a procesos de acreditación por parte del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior

(SINAES), órgano encargado de la acreditación en Costa Rica. En la actualidad la UNED cuenta con veinte carreras de grado y una maestría acreditadas (SINAES, 2017). Es la institución de educación superior con la mayor cantidad de carreras acreditadas en el país (cerca del 50% de las carreras ofrecidas). Para apoyar los procesos de acreditación de las carreras de la UNED la Vicerrectoría Académica cuenta con el Instituto de Gestión de la calidad Académica (IGESCA).

### **1.3.1. El modelo pedagógico de la Universidad Estatal a Distancia**

Se concibe un modelo pedagógico “como un sistema formal cuya finalidad es relacionar a los actores educativos con el conocimiento científico para cultivarlo, conservarlo y consolidarlo en el proceso pedagógico de las organizaciones educativas” (Ortiz y otros, 2014, p.24). En este sentido el modelo pedagógico debe contener una serie de normas y criterios que deben orientar el proyecto educativo de una institución. El modelo pedagógico de la UNED representa “un conjunto de principios, normas y criterios que orienten cada una de las actividades de enseñanza y de aprendizaje que se emprenden en la ejecución práctica del proyecto de educación universitaria a distancia (UNED, 2004, p.10).

Debido a las características de la EaD y para satisfacer las necesidades de los estudiantes, este modelo pedagógico se encuentra centrado en el estudiante de tal forma que éste pueda tener “La libertad de aprovechar al máximo los recursos que se le ofrecen, de planificar el progreso de su aprendizaje y de regular, él mismo, el ritmo y la calidad de sus avances” (UNED, 2004, p.19).

Este modelo pedagógico se nutre de tres fuentes principales a saber:

1. La experiencia de la UNED, tomando como referentes los acuerdos del segundo Congreso Universitario y los Lineamientos de Política Institucional 2001-2006.
2. Las posturas teóricas de la EaD:

La enseñanza mediatizada y la responsabilidad y el protagonismo del estudiante en su aprendizaje, planteados por Wedemeyer<sup>1</sup>.

La autonomía y la independencia del estudiante en su proceso de aprendizaje, así como la importancia de las variables, estructura y diálogo en la conformación de las propuestas educativas y de los materiales didácticos, sustentadas por Michael G. Moore<sup>2</sup>.

La importancia de la planificación, especialmente en la elaboración y presentación de los materiales didácticos, sostenida por Otto Peters<sup>3</sup>.

La conversación didáctica guiada como característica fundamental de los materiales didácticos y de los programas de formación a distancia, propuesta por Borge Holmberg<sup>4</sup>.

La comunicación bidireccional, sostenida por D. Randy Garrison<sup>5</sup>, y el aprendizaje colaborativo mediante las nuevas tecnologías, propuesto por Henry<sup>6</sup> y Slavin<sup>7</sup>. (UNED, 2004, pp. 12-13).

3. Las disciplinas que nutren el estudio del conocimiento humano. Los aportes que se consideran más relevantes son los siguientes:

La teoría genética de J. Piaget<sup>8</sup> y sus colaboradores, en lo referente a las estrategias cognitivas y su epistemología constructivista, interaccionista y relativista.

Los planteamientos de la educación de adultos: (a) autoconcepto y autoestima, (b) vinculación a la situación vital, (c) integración de experiencias formativas, (d) participación activa y (e) motivación interna.

---

<sup>1</sup> Wedemeyer, C. A. (1971). Independent Study. En Diehgton, L. C. Editorial The Encyclopedia of Education, Nueva York, USA.

<sup>2</sup> Moore, M.G. (1977). *On a theory of independent study*. Editorial Fernuniversitat, ZIFF.Hagen, Alemania.

<sup>3</sup> Peters, O. (1971). *Theoretical aspects of correspondence instruction*. En MCKENZIE, O. y CHRISTENSEN, E.L. (Eds.), *The changing world of correspondence study*. (Pensylvania State, University Press), 224-228.

<sup>4</sup> Holmberg, B. (1989). *Theory and practice of distance education*. Editorial Rouledge, Londres.

<sup>5</sup> Garrison, R. (1989) *Understanding distance education. A framework for the future*. Editorial Rouledge, Londres.

<sup>6</sup> Henry, F. (1992). *Computing Conference and Contend Analysis*, Editorial Kaye, Collaborative Learning Through Computer Conferencing: The Najaden Papers, Berlín: Alemania, Springer-Velarg, pp 117-136.

<sup>7</sup> Slavin, R. (1995). *Cooperative Learning: Theory, Research and Participate*. Allyn and Bacon, Boston, USA.

<sup>8</sup> Piaget, J. (1979). *Tratado de lógica y conocimiento científico. Naturaleza y métodos de la epistemología*. Editorial Paidós, Buenos Aires, Argentina.

La teoría de la actividad y la concepción sociocultural del aprendizaje, tal como la plantean L.S. Vygostki<sup>9</sup>, A. Luria, A. Leontiev y sus seguidores, con énfasis en el papel mediador de los lenguajes y de las construcciones sociales del conocimiento.

La teoría del aprendizaje verbal significativo, de D. Ausubel<sup>10</sup>, especialmente dirigida a explicar el aprendizaje de bloques de conocimiento altamente estructurados.

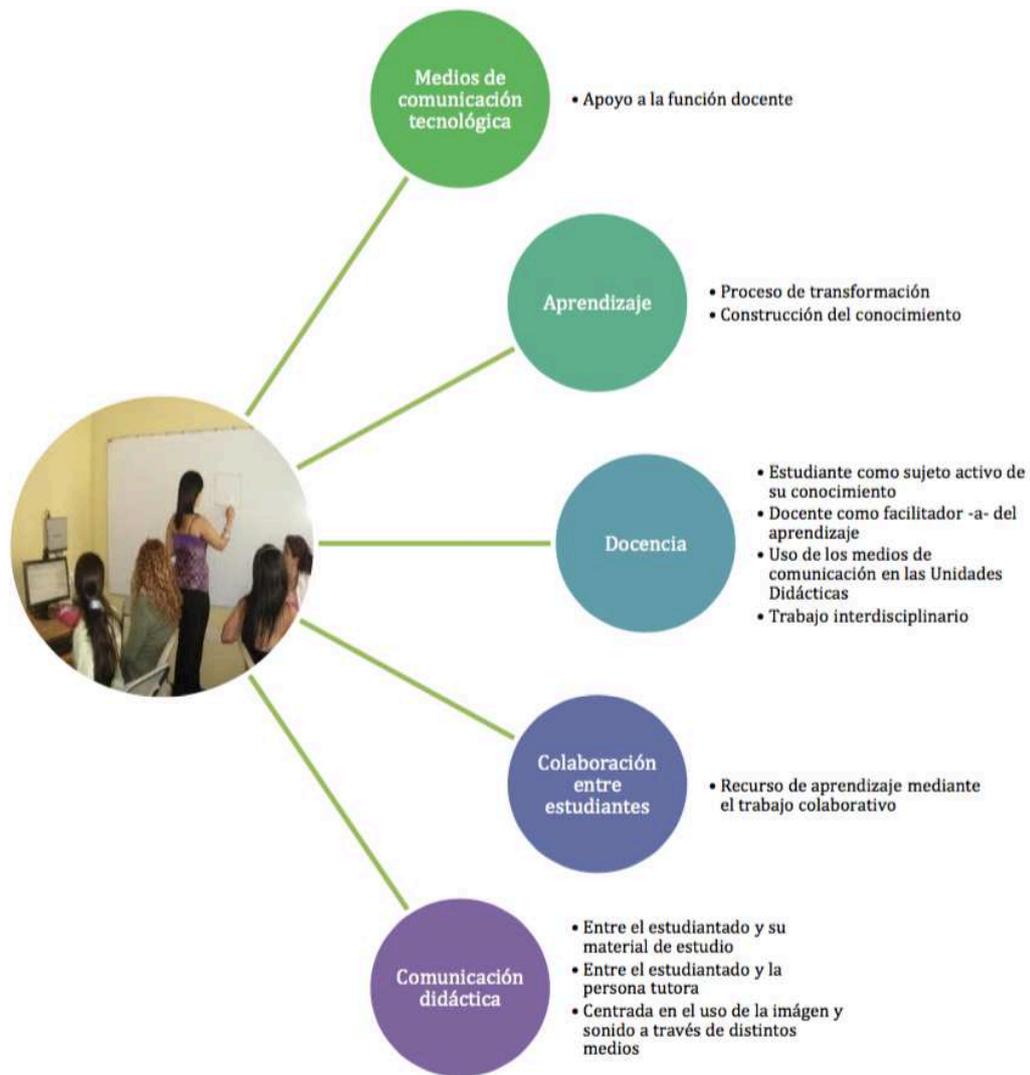
Algunos principios relacionados con las teorías que conciben el aprendizaje humano como sistema de procesamiento de información, como los sistemas de organización interna (estructuras, esquemas, y reglas) a partir de los cuales el sujeto interpreta y resignifica la realidad continuamente. (UNED, 2004, p.13).

Por otra parte los componentes principales de este modelo son: el estudiante, la docencia y los contenidos, además se destacan como componentes transversales “la evaluación, tanto de los aprendizajes como del currículo y su aplicación, y la comunicación, que supera las barreras del tiempo y el espacio con la utilización de diversos medios didácticos y tecnológicos” (UNED, 2004, p.18). El modelo pedagógico de la UNED busca garantizar los espacios necesarios para que la comunidad estudiantil pueda generar autoaprendizaje apoyado con los recursos que se les suministran como material escrito, tutorías, audiovisuales, videoconferencias y plataformas de aprendizaje en línea entre otros (Salas, 2010). En la Figura 1.3 se muestran aspectos importantes de este modelo pedagógico.

---

<sup>9</sup> Vygostki, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Editorial Paidós, Barcelona, España.

<sup>10</sup> Ausubel, D. (1973). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas, México.



**Figura 1.3.** Modelo pedagógico de la UNED (Fuente: UNED, 2012, p.5).

El estudiante, como sujeto activo de su propio proceso de construcción del aprendizaje, es más protagonista en la enseñanza a distancia que en la enseñanza presencial. Y ese protagonismo se mantiene y se aumenta en la formación en entornos virtuales (García Aretio, 2016, p.15). Además la docencia en este modelo se caracteriza presentarse de forma:

Mediatizada en gran medida, de modo que las funciones de planificar las experiencias de aprendizaje, elaborar los materiales y apoyar y evaluar el proceso de aprendizaje son llevadas a cabo por grupos de personas, cuya acción llega al estudiante, por lo general, a través de diferentes medios y

no mediante una comunicación presencial, grupal o personal. (UNED, 2004, p.21).

La función docente se enfoca en ser facilitadora de los aprendizajes brindando seguimiento y acompañamiento en el proceso formativo, además el docente debe ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios con el fin de planificar, desarrollar y producir materiales didácticos. En el Plan de Desarrollo Académico 2012-2017 se concibe la mediación pedagógica como:

Las acciones orientadas para el logro del proceso educativo, que debe ser participativo, interactivo, colaborativo, creativo, expresivo, racional y vivencial. Así, la mediación, es la estrategia pedagógica para facilitar el proceso educativo a partir de la incorporación de recursos didácticos y tecnológicos disponibles en la educación a distancia. (UNED, 2013, p.39).

Este modelo concibe la comunicación didáctica “como el proceso (...) necesario con que se logran las estrategias de mediación para el desarrollo del lenguaje y de la cognición” (UNED, 2004, p.27), de tal forma que se generen espacios de comunicación interactiva multidireccional. En este contexto las TIC se valoran como:

Recursos que permiten generar procesos más autónomos para el desarrollo del aprendizaje por parte de los estudiantes, y que ofrecen a los docentes formas o alternativas distintas para implementar opciones pedagógicas que respondan a la heterogeneidad de los contextos educativos en un sistema a distancia. (UNED, 2004, p.27).

De esta forma las TIC permiten un aprovechamiento de los diferentes recursos educativos que la institución proporciona para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje en EaD. En este sentido Rodríguez (2014) señala que el docente debe aprovechar “las TIC como medio para concienciar al estudiante de su papel protagonista en el proceso de aprendizaje pero sin olvidar que su acción tutorial, tanto orientadora como didáctica, contribuirá al crecimiento paulatino de su autonomía en el aprendizaje” (p.81).

En el modelo pedagógico además se señala que en la elaboración de materiales didácticos debe existir una coordinación efectiva entre los diferentes actores involucrados en el proceso de diseño y producción, para que los

mismos sean elaborados con criterios epistemológicos y pedagógicos que requieren los recursos educativos en la EaD.

Como un reconocimiento a la labor educativa innovadora apoyada en la tecnología, la UNED recibió este año (2017) el premio que otorga el New Media Consortium, convirtiéndose en la primera universidad de Latinoamérica en recibir este premio<sup>11</sup>.

En la siguiente sección se describen los recursos educativos que se utilizan en la UNED.

### **1.3.2. Recursos y medios de apoyo educativo de la UNED**

La UNED cuenta con la Dirección de Producción de Materiales Didácticos, la misma reúne profesionales especializados en el diseño y producción de recursos educativos acordes al modelo pedagógico de la institución, además en dicho modelo se proponen recomendaciones metodológicas para la producción de las Unidades Didácticas Modulares (UDM). Las UDM se conciben como “material didáctico diseñado para uso en enseñanza a distancia y compuesto por módulos complementarios (impresos y digitales) que presentan cada contenido en el medio más adecuado para su aprendizaje” (Méndez-Estrada y Monge, 2006), es decir un “conjunto de materiales y recursos didácticos con un único propósito” (UNED, 2004, p.30).

En la última versión del documento: Consideraciones para el diseño y oferta de asignaturas en línea, Ruiz, Sánchez y Maroto (2017) recomiendan que en la producción de estos recursos deben estar presentes tres elementos esenciales:

- Consideraciones de mediación pedagógica generales (...).
- Consideraciones técnicas para la producción del medio específico.
- Los contenidos más apropiados y actualizados (p.103).

Además todo material educativo que se desarrolle debe responder al diseño curricular del curso o asignatura en la que se empleará y su diseño y producción estará a cargo de un equipo interdisciplinario (expertos en

---

<sup>11</sup><http://investiga.uned.ac.cr/blog/uned-gana-premio-mundial-innovacion-tecnologia/>

contenido, diseñadores gráficos, productores académicos, encargados de cátedras y carreras), con el fin de que el recurso responda a los requerimientos del curso y de la carrera para los que fue elaborado.

### **1.3.2.1. Material escrito**

Debido a que la UNED se creó como una institución de EaD, desde sus inicios se requirió la edición de material escrito o unidades didácticas. En 1978 se inició la edición de los primeros libros correspondientes al ciclo básico. Inicialmente se denominó al departamento responsable del desarrollo de estos materiales: Unidades Didácticas (UNDI), luego pasó a llamarse Promai (Programa de Producción de Materiales Impresos) y en la actualidad se denomina PROMADE (Programa de Producción de Material Didáctico Escrito). El PROMADE se encarga de la producción de los siguientes materiales escritos:

- Unidad didáctica.
- Material complementario.
- Guía de estudio.
- Antología.
- Manual de Laboratorio.

### **1.3.2.2. Audiovisuales**

La Oficina de Audiovisuales inició sus labores desde la creación misma de la UNED. En la actualidad es el Programa de Producción de Material Audiovisual (PPMA) el encargado, desde el punto de vista técnico, de producir los materiales educativos audiovisuales. El PPMA ha sido multi-premiado por la calidad de sus producciones y es una de las productoras más grandes de material audiovisual educativo en Centroamérica.

### **1.3.2.3. Multimedia**

Para la realización de multimedia se creó, (mediante un acuerdo del Consejo Universitario), el 3 de abril de 1998 el Programa de Producción Electrónica Multimedial (PEM), que inicia sus labores en el año 2000.

La producción de multimedia en el PEM responde a estándares de calidad con novedosos enfoques pedagógicos, criterios universales de diseño y al uso de las tecnologías informáticas más recientes. Todo esto, con el fin de favorecer los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la institución. En el PEM se desarrollan los siguientes recursos multimedia:

- Laboratorio Virtual.
- Objeto de aprendizaje.
- Módulo de contenido.
- Libro multimedia.
- Aplicación web.

### **1.3.2.4. Videoconferencias**

La UNED cuenta con el Programa de Videoconferencia y Audiográfica (VAU), el cual se encarga de producir las videoconferencias integrando componentes audiovisuales, pedagógicas y tecnológicas; cuenta con salas especializadas para la realización de videoconferencias en trece CeU diferentes. Una videoconferencia “permite la conexión síncrona de imagen y sonido entre dos o más puntos con el fin de que varios interlocutores puedan verse y escucharse” (García, 2014, p. 218). El VAU produce los recursos que se muestran en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2.** Recursos elaborados por el VAU.

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>
Videoconferencia	Videocomunicación sincrónica de video y voz entre salas y/o computadoras.
Teletutoría	Transmisión que se realiza a través de Internet donde la comunicación profesor/estudiante es por medio del chat.
Videotutoría	Videos grabados que son colgados en la videoteca para ser accesados en el espacio y tiempo que el estudiante lo requiera.

Fuente: Elaboración propia a partir de:

<https://www.uned.ac.cr/dpmd/videoconferencias/acerca-de-nosotros/quienes-somos>

Todos estos recursos son alojados en el repositorio<sup>12</sup> de la UNED y pueden acceder a través de cualquier tipo de dispositivo en el momento que el estudiante lo considere oportuno.

#### **1.3.2.5. Plataformas virtuales**

En la UNED el Programa de Aprendizaje en Línea (PAL) es el encargado de gestionar, capacitar y diseñar los entornos virtuales de aprendizaje. El uso de plataformas virtuales de aprendizaje o *LMS* (Learning Management System) se inicia con un proyecto conjuntamente con la Universidad de Alicante para desarrollar la plataforma *Microcampus*, la cual se comienza a utilizar ese mismo año en cursos de posgrado (Salas, 2010).

En la UNED se han utilizado los LMS: *Microcampus*, *WebCt*, *Blakboard Learn* y en la actualidad solo se cuenta con *MOODLE*. Los LMS permiten la organización de cursos en línea donde se matriculan usuarios (tutores y estudiantes), se distribuyen contenidos, se realizan actividades formativas y evaluadas, se monitorea el avance de los estudiantes, se evalúa y se apoya todo el proceso de formación del educando, según la planificación y contenidos del diseño de curso aprobado por el Programa de Apoyo Curricular y Evaluación de los Aprendizajes (PACE).

---

<sup>12</sup> <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/index.jsp>

Con los LMS, un curso en la UNED puede brindarse en tres posibles niveles: nivel básico, en el que presenta un curso informativo para comunicar e informar (UNED, 2010, p.21); nivel intermedio, donde se emplean herramientas de comunicación que facilitan la interacción entre los participantes del curso y se desarrollan experiencias de aprendizaje (UNED, 2010, p.22) y finalmente, el nivel avanzado que incluye el trabajo en grupos virtuales, el debate y el análisis de situaciones o casos, el envío de tareas por medio de las herramientas disponibles en la plataforma. En un curso de este nivel, las actividades en línea oscilan entre el 80,0% y 100 % del total de las actividades (UNED, 2010).

Integrada a la plataforma MOODLE, a partir del I Cuatrimestre del 2017 se cuenta con la herramienta de videoconferencia de escritorio *WizIQ*, la cual permite la comunicación en tiempo real (sincrónica) entre el docente y los estudiantes del curso.

### **1.3.3. Tipos de asignaturas o cursos ofrecidos en la UNED**

En la UNED los cursos o asignaturas se pueden ofrecer en la modalidad tradicional a distancia o con apoyo virtual mediante el uso de una plataforma de aprendizaje. A continuación se detallan las diferencias entre los mismos.

#### **1.3.3.1. Tradicional a distancia**

Los cursos en esta modalidad se caracterizan por la asistencia de los estudiantes a tutorías presenciales tanto de teoría como de laboratorio, cuando esto se requiere, por lo general los fines de semana; lo mismo ocurre con las evaluaciones, los materiales o UDM, que se facilitan en los CeU.

#### **1.3.3.2. Virtual**

Un curso en esta modalidad se ofrece “en un entorno virtual a través de Internet y que rompe barreras espacio-temporales, ya que puede ser accesible desde cualquier lugar y a cualquier hora” (Hooper y otros, 2017, p.82). En este tipo de oferta, los materiales, instrucciones y actividades se desarrollan en el

entorno virtual habilitado por el PAL. Para Area y Adell (2009) esta forma de desarrollar un curso es conocida como *e-learning* y la definen como:

Una modalidad de enseñanza-aprendizaje que consiste en el diseño, puesta en práctica y evaluación de un curso o plan formativo desarrollado a través de redes de ordenadores y puede definirse como una educación o formación ofrecida a individuos que están geográficamente dispersos o separados o que interactúan en tiempos diferidos del docente empleando los recursos informáticos y de telecomunicaciones. (p.2).

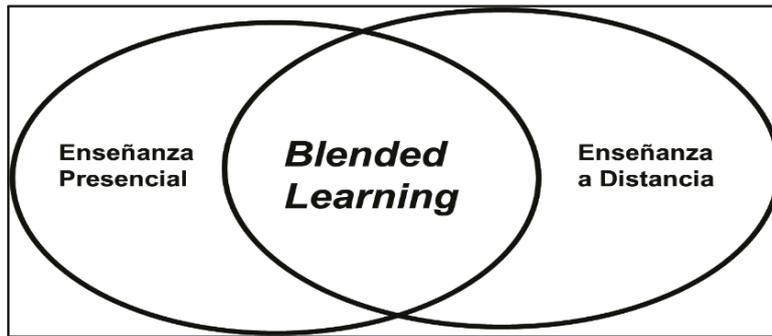
### **1.3.3.3. Híbrido**

En estos cursos se “integra elementos tanto del modelo tradicional a distancia, como giras de campo, examen y profesoría presencial, así como del modelo virtual, por ejemplo, sesiones y laboratorios virtuales” (Hooper y otros, 2017, p.82), además de la participación en foros, blogs, entre otras actividades.

Este tipo de cursos en los que se combinan componentes de los cursos presenciales con los de los virtuales se denominan como *b-learning* (*blended learning*). Salinas, Darde y De Benito (2015), citados por Cabero y Marín-Díaz (2017), conceptualizan el *b-learning* como:

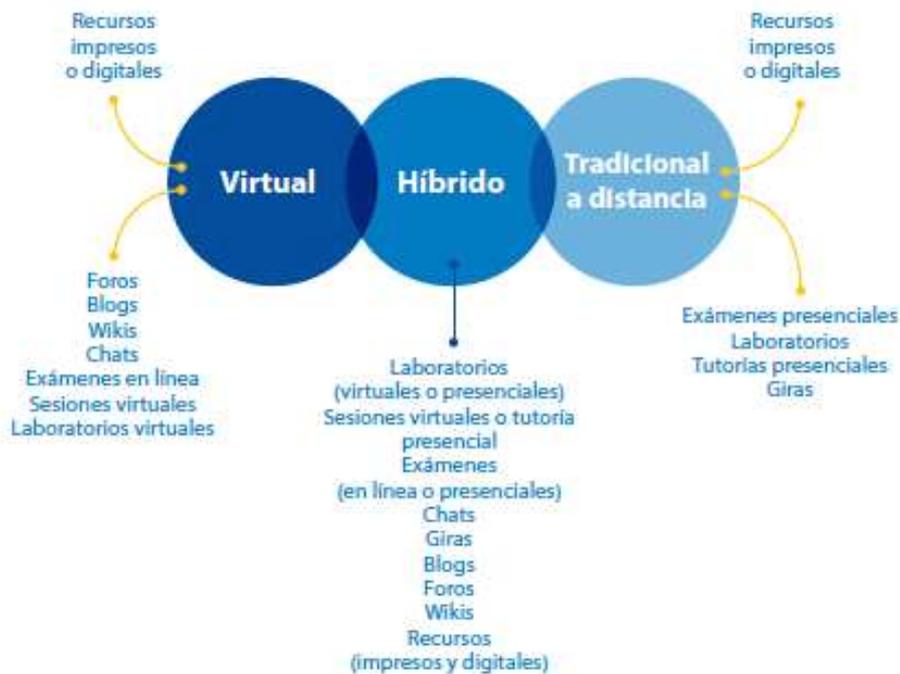
Un programa de educación formal en el que estudiante aprende, en parte, a través del aprendizaje en línea (con algún elemento de control del estudiante a través del tiempo, el lugar, la ruta y/o el ritmo) y en parte, en un lugar físico del campus con algún tipo de supervisión, y que estas distintas modalidades a lo largo del itinerario de aprendizaje en un curso o materia se interconectan para proporcionar una experiencia de aprendizaje integrado. (p.2).

El *b-learning* permite aprovechar las ventajas que presentan ambas modalidades (Figura 1.4). Para Garrison y Vaughan (2009), citados por García (2014), el *b-learning* “está en el centro de una evolución lógica y transformadora de la educación, sobre todo de nivel superior” (p.179).



**Figura 1.4.** El *b-learning*. (García, 2014).

En la Figura 1.5 se muestran los recursos, materiales y medios que se utilizan en los cursos según la modalidad en la que estos se ofrecen.

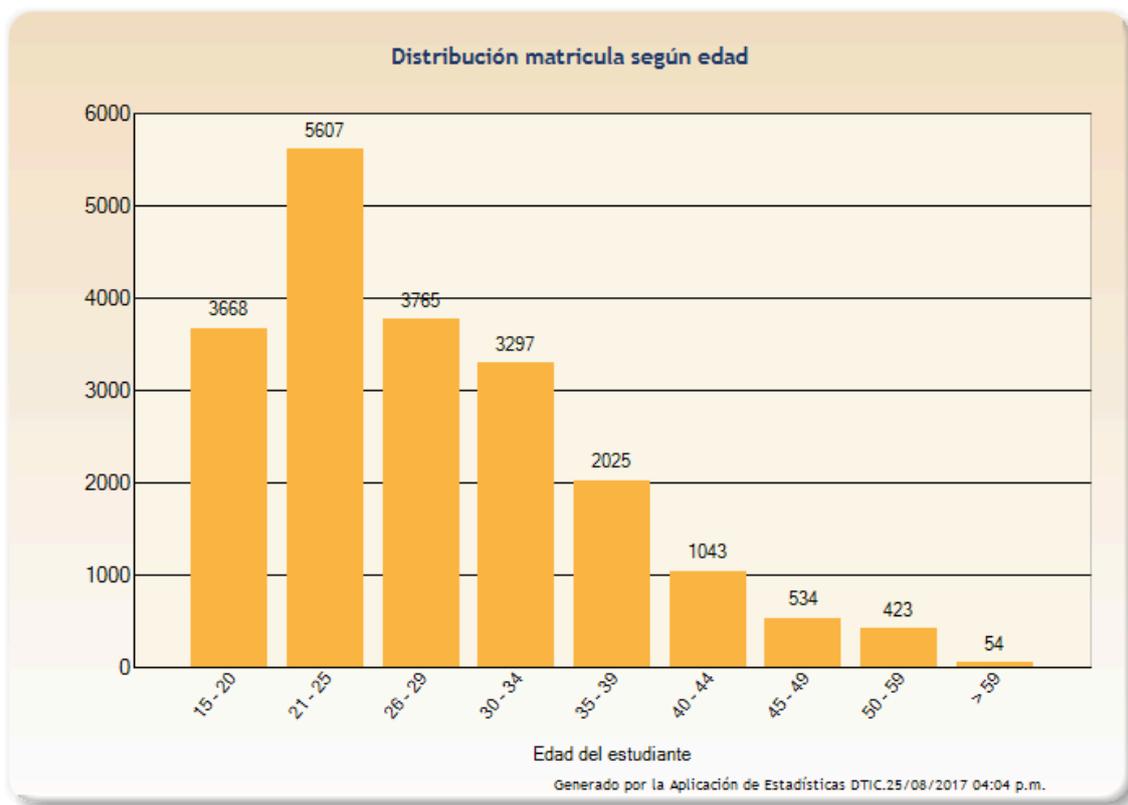


**Figura 1.5.** Actividades que se desarrollan en los cursos de la UNED. (Fuente: Hooper y otros, 2017).

#### 1.3.4. Población estudiantil de la UNED

La población estudiantil en la UNED varía de un cuatrimestre a otro. En el I Cuatrimestre de 2017 la población estudiantil fue de 21.591 estudiantes, y en el II Cuatrimestre 20.418 estudiantes.

En relación con esta población, según los datos del Sistema de Estadísticas de Matrícula de la UNED, un 63,64% corresponde a mujeres mientras que el 34,36% son hombres. Con relación a la edad se da una concentración en los intervalos de edades más bajas, como se muestra en la Figura 1.6.



**Figura 1.6.** Distribución de la Edad en el II Cuatrimestre para la población de la UNED. Fuente: Sistema Estadísticas de Matrícula, UNED.

#### 1.4. El trabajo experimental para la enseñanza de la física en la UNED

El trabajo experimental en la enseñanza de la física es una actividad ineludible que promueve en el estudiante, capacidades diversas, que contribuyen al desarrollo de las competencias requeridas en un profesional de las ciencias y las ingenierías: capacidad de medir, controlar variables y modelar, comprensión conceptual e interpretación de distintos modos de representación, por lo que los “experimentos, por sencillos que sean, permiten a los alumnos profundizar

en el conocimiento de un fenómeno” (Carreras, Yuste y Sánchez, 2007, p.83), integrando lo conceptual y lo fenomenológico (Andrés, Pesa y Moreira, 2006).

Si bien en el trabajo experimental se persiguen diferentes objetivos, Franco, Beléndez y Ablanque (2013) destacan los dos que se detallan a continuación:

(...) a) proporcionar una formación experimental amplia y general, iniciando a los estudiantes en el trabajo del laboratorio con cuestiones de importancia para cualquier asignatura experimental como son la adquisición de medidas, el tratamiento de los datos experimentales, el cálculo de errores, las representaciones gráficas, la obtención de resultados y la redacción de informes; y b) servir de “visualización” de los temas de Física estudiados en las clases teóricas y de problemas. (p.51).

Sin embargo, en los programas de formación científico tecnológica con la modalidad a distancia, como los ofrecidos por la UNED, el tiempo para realizar prácticas de laboratorio está actualmente reducido a instancias presenciales; los estudiantes deben trasladarse a centros regionales de la UNED, en días y horarios preestablecidos, generalmente los fines de semana, con el consecuente costo económico y demás inconvenientes que enfrentan los estudiantes que optaron por un programa de formación a distancia. En este contexto se requiere buscar opciones para fortalecer el trabajo experimental con esta modalidad.

En la actualidad las TIC brindan una gran variedad de herramientas que, integradas a diversas actividades didácticas, facilitan aprendizajes; dos de estas tecnologías son los laboratorios tanto virtuales como remotos. Estos últimos permiten la experimentación real utilizando una computadora con conexión a Internet, complementando el trabajo experimental de la física. Debido a que el trabajo de laboratorio en la enseñanza de esta disciplina:

- Constituye un recurso didáctico valioso cuando se plantean como verdaderas situaciones de aprendizaje, teniendo en cuenta los objetivos que se pretenden lograr.
- Requiere de una planificación integrada a las otras actividades de aprendizaje y del equipamiento didáctico necesario.

- Debe ser el resultado de un análisis cuidadoso tanto de las características propias del tema (estructura lógica, dificultades conceptuales, recursos disponibles, etc.) así como de los objetivos de aplicación cuyo logro puede potencialmente facilitarse con esta actividad.

#### **1.4.1. Laboratorio tradicional (hands-on)**

El Laboratorio Tradicional (LT) o hands-on permite la manipulación directa de los equipos y dispositivos, “al poder observar lo que sucede en los experimentos, el alumno desarrolla habilidades cognitivas y destrezas prácticas” (Infante, 2014, p.919) necesarias en el aprendizaje de la física. Los LT requieren de la presencia física del estudiante en el recinto de laboratorio, tienen horarios restringidos, la instrumentación es cara y en muchas ocasiones desconocida por los estudiantes (Rosados y Herreros, 2009).

En el caso particular de la UNED no todos los CeU disponen de recintos de laboratorio, lo que implica la movilidad de los estudiantes, en algunos casos a través de grandes distancias, ya que las prácticas de laboratorio son de carácter obligatorio.

Para ampliar la cantidad de laboratorios se están construyendo nuevos recintos de laboratorios en distintas zonas del país, mediante el Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI). Con el fin de atender a los estudiantes en las regiones en las que viven, la UNED está construyendo recintos de Laboratorio en los CeU de Cartago, Turrialba y Limón. En el caso del CeU de Limón, podrían asistir allí no sólo los estudiantes de Limón, sino también los de Guápiles, Talamanca (ubicado en una reserva indígena), y demás estudiantes de la zona atlántica de Costa Rica.

En la Tabla 1.3 se detallan los CeU que contarán en un futuro próximo con nuevos espacios de experimentación en LT para la educación en física.

**Tabla 1.3.** Cantidad de recintos de laboratorio en construcción por CeU.

<b>CeU</b>	<b>Laboratorio de Física</b>	<b>Laboratorio compartido (Física/Química, Física/Biología)</b>
Alajuela		1
Cañas	1	
Cartago		1
Ciudad Neyli		1
Heredia	1	
Liberia		1
Limón		1
Palmares		1
Pavón	1	
Puntarenas		1
San Carlos		1
San Isidro	1	
San José	1	
San Marcos		1
Santa Cruz		1
Turrialba		1
Total	5	11

Fuente: Elaboración propia con información de UNED (2012).

#### **1.4.2. Laboratorios Virtuales**

El concepto de LV aparece en 1994 como un programa de simulación necesario para aprender habilidades básicas en el manejo de equipos (Lemus, Llorens, Bollo y Gómez, 2005). Meneses y Ordosgoitia (2009) los definen como “una herramienta multimedia interactiva que sirve para mejorar y complementar

el proceso de aprendizaje” (p.63), se trata de herramientas programadas que simulan el comportamiento de un sistema hipotético o real; en el LV el usuario puede controlar variables y analizar lo que sucede al realizar estos cambios.

Estos recursos se pueden agrupar en:

- Los LV Software: Estos laboratorios deben ser instalados por los estudiantes en una computadora, consisten en programas realizados para trabajar en una determinada actividad, y no se requiere de conexión a Internet.
- Los LV web: Los estudiantes ingresan a sitios donde se alojan estos sistemas, para ello requieren de conexión a Internet, un proyecto relevante en este tipo de experimentación es el portal PHET de la Universidad de Colorado, quienes programaron sus prácticas en lenguajes que permitan su realización inclusive en dispositivos móviles.

Algunas de las características que poseen estos recursos se detallan a continuación:

- Se trabaja con equipos simulados.
- Permiten repetir una experiencia cuantas veces sea necesario.
- Permiten observar de cerca procesos que son difíciles de estudiar en la naturaleza (Monge y Méndez, 2007).
- Permiten detener un experimento en el momento que se desee, por lo que se puede analizar a fondo el comportamiento de determinado fenómeno que dependa del tiempo.
- Facilitan el trabajo experimental cuando no se dispone de espacios ni equipos de laboratorio.

En la UNED se propone que los LV “(...) deben poseer componentes teóricos, de procedimiento, experimentales y de asignación de tareas a ejecutar. Además, deben propiciar la exploración, correlación y comparación de fenómenos y principios” (Ruiz y otros, 2017, p.110).

Para el caso particular de física, si bien en la UNED se utilizan LV, hasta el momento no se ha producido ningún LV propio, pese a que se cuenta con el

PEM, dependencia que se encarga del diseño y producción de estos recursos, tal y como fue mencionado anteriormente. El primer LV para la enseñanza de la física se empezó a diseñar en el II Cuatrimestre del 2017 (Ureña y Arguedas, 2017).

### **1.4.3. Laboratorios Remotos**

Los LR son herramientas tecnológicas que integran software y hardware para configurar una experiencia real a la que se accede de manera remota a través de Internet o de redes académicas. El estudiante puede utilizar el LR para realizar actividades de laboratorio similares a las de un LT (hands-on) (Zamora, 2012), con la diferencia de que las realiza a distancia. Algunas de las características de los LR se detallan a continuación:

- Se trabaja con equipos reales.
- Incrementan el acceso a herramientas científicas, permitiendo a los estudiantes de todas las partes del mundo usarlas tanto a través de redes inalámbricas como celulares (móviles) (Johnson y otros, 2013, p.16).
- Permiten una mayor utilización de los equipos de laboratorio, al estar disponibles 24 h, los 365 días del año (Da Silva, 2006).
- Fomentan el trabajo autónomo, que es fundamental en el modelo actual de educación superior (Da Silva, 2006).
- Permiten al profesor seguir los progresos de los estudiantes, a través de los Logs (historial) (San Cristóbal, 2010, p.117).
- Proporcionan experiencias que los laboratorios tradicionales no pueden ofrecer, como el acceso a una gama mucho más amplia de equipos que son demasiado caros, peligrosos o logísticamente problemáticos (Labshare, 2017).

Los LR hacen posible que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio a distancia, lo que los convierte en recursos idóneos para las instituciones de EaD, como es el caso de la UNED. Al respecto, investigadores de la

Universidad de Singapur anticipaban, hace ya veinte años, que esta forma de realizar experimentos sería un paso importante en la EaD (Chen y otros, 1999).

El impacto de los LR ha sido tan relevante que “han sido considerados como parte de los cinco cambios importantes en los 100 años de la Educación en Ingeniería” (Orduña, 2013, p.1), por el aporte positivo que están teniendo en el ámbito educativo.

El trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias y en la física en particular debe desempeñar un rol protagónico en la enseñanza y aprendizaje, al respecto Amaya (2009) señala que, independientemente del tipo de laboratorios que se utilice, el trabajo en el mismo:

(...) ha de ser visto como un espacio que posibilita la contextualización del aprendizaje y por consiguiente la construcción consciente del conocimiento; sin embargo, la efectividad de estos entornos dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje no depende sólo de los artefactos, sino de la interpretación simbólica que desde la pedagogía se le puede atribuir a estos entornos. (p. 86).

En el caso de la EaD el proceso de aprendizaje se debe lograr en gran medida de forma independiente, apoyado en los diferentes recursos educativos que la institución diseña para tal fin. En este contexto el aprendizaje por indagación o Enquiry-Based Learning (IBL), se presenta como una metodología acorde a las características del aprendizaje de la física en esta modalidad utilizando LR.

El IBL se basa en el aprendizaje principalmente “(...) a través de actividades que implican la realización de observaciones, la formulación de preguntas, la revisión de fuentes de información y evidencias experimentales, la planificación de investigaciones, la proposición de respuestas y explicaciones y la comunicación de resultados” (Meisel, Bermeo, Saavedra y Patiño, 2010, p.113) centrándose en los estudiantes, los cuales llevan su propio registro (cuaderno o bitácora) sobre las actividades realizadas.

### **1.4.3.1. Inicios de la experimentación remota**

El uso de LR se inicia en los Estados Unidos en los años noventa con el proyecto *Collaboratories*, cuya finalidad era facilitar el acceso, a distancia, a instrumentos científicos de alto costo (Kouzes, Myers y Wulf 1996). En Europa se establece el proyecto DYNACORE en 1996 (Zamora, 2012), que permitía operar de forma remota los telescopios de Canarias.

En el campo educativo los proyectos pioneros datan de 1996: en la Universidad de Oregon, donde se desarrolla un LR de robótica para la enseñanza de la ingeniería (Atkan, 1996) y en la Universidad de Tennessee se lanza un plan piloto con seis experiencias remotas (Henry, 1998). En 1997 se lleva adelante en Brasil el proyecto *RExLab*, dirigido a la escuela media (Heck y Dos Santos, s.f); en 1998 se crea un LR de óptica en la Universidad de Stanford (Hesselink y otros, 2000), y le siguen el desarrollo de una plataforma de acceso remoto para un laboratorio de mecatrónica en la Universidad de Brooklyn (Wong y otros, 2001), y un LR de microelectrónica del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Del Alamo y otros, 2002). En el año 2001 se diseña un laboratorio sobre el manejo de transistores bipolares en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia (Vega y otros, 2002).

Si bien estos proyectos mencionados fueron pioneros en el desarrollo de los LR, algunos de estos ya no están disponibles.

Investigadores de Alemania encontraron que para el año 2004 había 70 LR y en 2006 esa cantidad se había incrementado a 60 proyectos, con casi 120 experimentos de acceso remoto (Gröber, Vetter, Eckert y Jodl, 2008). Los resultados de esta investigación se muestran en la Tabla 1.4.

**Tabla 1.4.** Laboratorios remotos en el mundo en el año 2006

<b>Año</b>	<b>Número total de LR</b>	<b>Libre acceso</b>	<b>Facilidad de operación</b>	<b>Disciplinas</b>
2004	~ 70	~ 70 %	~ 15 %	~ 90 % Ingeniería ~ 10 % otras disciplinas
2006	~ 120 (~ 60 proyectos)	~ 20 %	~ 20 %	~ 60-70 % ingeniería ~ 30 % Física < 10 % otras disciplinas

Fuente: Gröber y otros (2008).

Entre los hallazgos, Gröber y otros (2008) señalaban que la mayoría de los experimentos de física estaban relacionados con la electrónica, y más de la mitad de los proyectos se encontraban en Estados Unidos y Alemania. Estos autores informaban además, que había poca investigación del uso educativo referente a los LR. Esto coincide con otros estudios en lo que se evidencia escasas propuestas educativas fundamentadas en una concepción constructivista del aprendizaje con LR (Gravier y otros, 2008; García-Zubia y otros, 2009).

Lowe, Newcombe y Stumpers (2013) y Alkhaldi y otros (2016) mencionan que los LR aumentan los logros de los estudiantes y favorecen su aprendizaje en ciencias. Por otra parte, se evidencia un gran avance en el desarrollo de estos recursos, estrechamente vinculado a los aspectos tecnológicos. Sin embargo, cuestiones fundamentales referidas al aprovechamiento efectivo por parte de los alumnos y los aspectos pedagógicos del uso de estos recursos no se han estudiado aun en profundidad (Concari y Kofman, 2012).

En los últimos años se han desarrollado muchos LR en todo el mundo y en diferentes áreas. Los proyectos que ofrecen LR para la enseñanza de la Física se describen en el Capítulo 3.

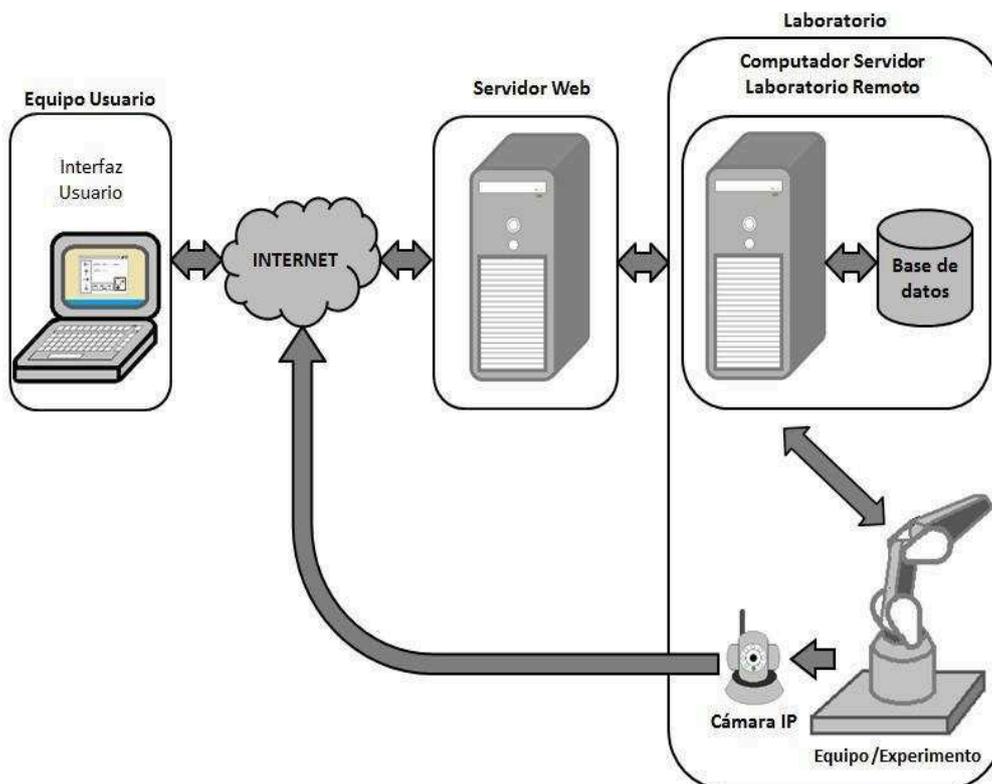
### 1.4.3.2. Arquitectura de un LR

Un LR permite trabajar sobre equipos reales por lo cual se requieren componentes de hardware y software que hagan posible la manipulación de dichos equipos. Para ello se diseña una arquitectura que haga posible este proceso, la arquitectura de un LR “es el *“plan”* con el que se conectan los dispositivos de hardware, software y los protocolos” (Martín, 2013, p.19).

A continuación se describe brevemente la arquitectura general de un LR:

- Estudiante o usuario: accede por medio de una computadora o dispositivo móvil con conexión a Internet, si así lo permite el LR.
- Servidor web: encargado de mostrar el audio/video del laboratorio, las acciones que puede realizar sobre el laboratorio y los resultados de esas acciones (Castro y otros, 2009).
- Servidor de base de datos: contiene la información del laboratorio (experimentos, datos de los alumnos, etc) (Castro y otros, 2009).
- Laboratorio: equipo que se controla o manipula a distancia.
- Cámara web: muestra lo que está ocurriendo en el laboratorio.

En la Figura 1.7 se muestra el esquema general de la arquitectura de un LR.



**Figura 1.7.** Arquitectura general de un LR (Velásquez, Ramos y Amaya, 2016).

Hay proyectos de LR que poseen arquitecturas más sencillas y en algunos casos no se cuenta con cámara web, sobre todo en las experiencias de circuitos eléctricos y electrónicos.

Existen otras arquitecturas más complejas que brindan recursos valiosos a usuarios, docentes e investigadores. Por ejemplo aquellas que permiten gestionar sus experiencias propias, además de otros LR. A los proyectos que presentan estas arquitecturas se les denomina RLMS (*Remote Laboratory Management System*).

### 1.5. La experimentación en la educación STEM

La educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) surge en la década de los años noventa con el fin de motivar la elección de carreras relacionadas con la ciencia, la tecnología, ingeniería y matemáticas

debido al bajo número de estudiantes matriculados en las carreras de corte científico-tecnológico (Sanders, 2009). Para ello la educación STEM busca contextualizar la enseñanza de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas con un enfoque interdisciplinario en el que “(...) la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas inmersivas aplicadas al mundo real” (García, Reyes y Burgos, p.39, 2017).

En la educación STEM el trabajo experimental tiene un rol fundamental ya que fomenta el trabajo activo generando competencias requeridas por estas disciplinas (Freeman y otros, 2014). En este sentido el trabajo experimental no sólo posibilita la comprobación de leyes y teorías, sino que permite que el estudiante tenga un papel protagónico en su proceso de aprendizaje junto al docente y recursos que se brindan como guía del mismo.

En relación con los laboratorios, tanto virtuales como remotos, éstos son una innovación prometedora para mejorar la enseñanza y el aprendizaje STEM en todos los niveles de la educación (Kärkkäinen y Vincent-Lancrin, 2013), debido a que la utilización de estos recursos puede permitir utilizar los conocimientos en contextos reales del trabajo de un científico o de un ingeniero, dado que en la actualidad, y con certeza en el futuro, muchos equipos que utilizan estos profesionales se operan de forma remota.

Los LR se pueden constituir en recursos con un alto potencial educativo para desarrollar las disciplinas STEM, para ello es necesario que los docentes planifiquen secuencias didácticas que posibiliten un aprovechamiento efectivo de los LR en la mediación del aprendizaje.

#### **1.6. Postura educativa para el uso de los LR en la UNED**

Los LR son recursos educativos que están en consonancia con el modelo pedagógico de la UNED, ya que son tecnologías que permiten apoyar el proceso educativo a distancia. Las propuestas de enseñanza que se realicen utilizando experiencias de acceso remoto deben responder a los componentes propios de dicho modelo educativo.

Se deben aprovechar las características de los LR para potencializar el aprendizaje de la física en la UNED, para ello es necesario la producción de materiales de apoyo educativo que permitan la adquisición de aprendizajes significativos; además las actividades de enseñanza deben de planificarse de tal forma que los estudiantes puedan relacionar “(...) de manera no arbitraria y sustancial la nueva información con los conocimientos y experiencias previas y familiares que ya posee en su estructura de conocimientos” (Díaz y Hernández, 1999, p.22). Para que esto ocurra es necesario diseñar actividades que motiven al estudiante y de esta forma trabajen activamente en la construcción de sus aprendizajes. Esta visión constructivista del aprendizaje es la que se sostiene en el modelo pedagógico de la UNED, ya descrito.

En la actualidad tanto la EaD como la educación presencial están incorporando cada vez más recursos tecnológicos para complementar el proceso de enseñanza y aprendizaje, debido a que las nuevas generaciones utilizan la tecnología en muchos aspectos de su vida. En este sentido cobra mucha relevancia lo expuesto por Vygotski (1995) quién señalaba que no es posible separar el aprendizaje y el desarrollo del contexto en el que ellos ocurren.

### **1.7. El problema de investigación**

Siendo que el desarrollo alcanzado por los LR lo presentan como un recurso potencialmente útil para la formación experimental, particularmente para la EaD, interesa conocer qué características de los LR facilitan dicho trabajo experimental posibilitando no sólo la comprobación de leyes y teorías, sino permitiendo que el estudiante tenga un rol activo en su proceso de aprendizaje. Sobre esta problemática, recién en vía de investigación, se adiciona el interés por establecer qué condiciones deberían reunir los LR para que éstos sean compatibles con el modelo pedagógico de la UNED.

La pregunta de investigación que se plantea en esta tesis puede formularse entonces del siguiente modo:

¿Cuáles son las características tecnológicas y pedagógicas de los LR existentes para la enseñanza de la física y qué condiciones deberían reunir los LR para su desarrollo en la UNED?

A partir de los resultados de esta investigación, se plantea diseñar una propuesta para el desarrollo de un LR en la UNED, que reúna características educativas y tecnológicas acordes al modelo pedagógico de esta institución y al estado del desarrollo tecnológico actual, respectivamente.

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de laboratorio remoto para la enseñanza de la física, integrado al modelo pedagógico de la UNED de Costa Rica.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

Realizar un relevamiento de los LR utilizados en la enseñanza de la física universitaria.

Describir las características tecnológicas y pedagógicas de los LR que se emplean en la enseñanza de la física.

Identificar las características pedagógicas y tecnológicas que favorecen el aprendizaje de la física con LR en un modelo de educación a distancia.

Identificar las características tecnológicas adecuadas para el desarrollo de un LR en la UNED.

Diseñar una propuesta de desarrollo y uso de LR que se ajuste al modelo de educación a distancia.

## **1.9. Síntesis del capítulo**

En este capítulo se ha presentado las motivaciones personales y los lineamientos generales que sustentan esta tesis.

Se mostraron los orígenes y estado actual de la EaD como modalidad educativa, y se describió la UNED como institución referente en Costa Rica.

Se describió el modelo pedagógico de la UNED, centrado en el estudiante, apoyado por los recursos mediatizados que la institución pone a su disposición.

Se mostraron aspectos relevantes del trabajo experimental en la enseñanza STEM y de la física, y se describieron los tipos de laboratorios experimentales, incluyendo especialmente los LR.

Por último se formuló la pregunta de investigación que se plantea en la tesis, así como los objetivos propuestos.

## 2. Metodología

En este capítulo se describen los procesos metodológicos que se siguieron en el desarrollo de esta investigación, se incluyen las siguientes secciones: tipo de estudio, participantes, técnicas e instrumentos utilizados y estrategias para el análisis de la información.

## **2.1. Tipo de estudio**

Esta investigación sigue una metodología mixta, en la cual convergen componentes cualitativos con cuantitativos, estas metodologías para Hernández, Sampieri y Mendoza citados por Hernández, Fernández y Baptista (2010):

Representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p.546).

Además “permite aprovechar las fortalezas de ambos paradigmas para lograr comprensiones más completas de los fenómenos sociales, especialmente educativos” (Díaz, 2014, pp.7-8), aprovechando las fortalezas y disminuyendo las debilidades de ambos métodos (Smith, 2006).

Se siguió un diseño de carácter transversal debido a que la recolección de los datos se realizó en un único momento para cada uno de los procesos de recolección de datos de este estudio, los que se detallan en la sección 2.3. En cuanto a la temporalidad los mismos se realizaron según se detalla a continuación:

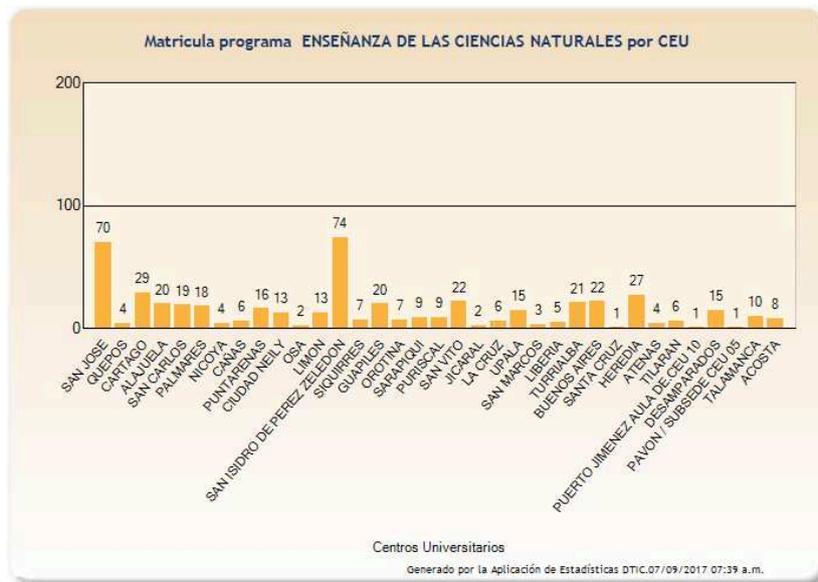
1. La investigación documental se desarrolló durante el 2015, 2016 y primer cuatrimestre del 2017.
2. La recolección de información de estudiantes de la UNED se llevó a cabo durante el II Cuatrimestre de 2017 del periodo escolar de la institución, que abarca desde mayo hasta agosto.

3. La recolección de información de especialistas se realizó durante los meses junio y julio.

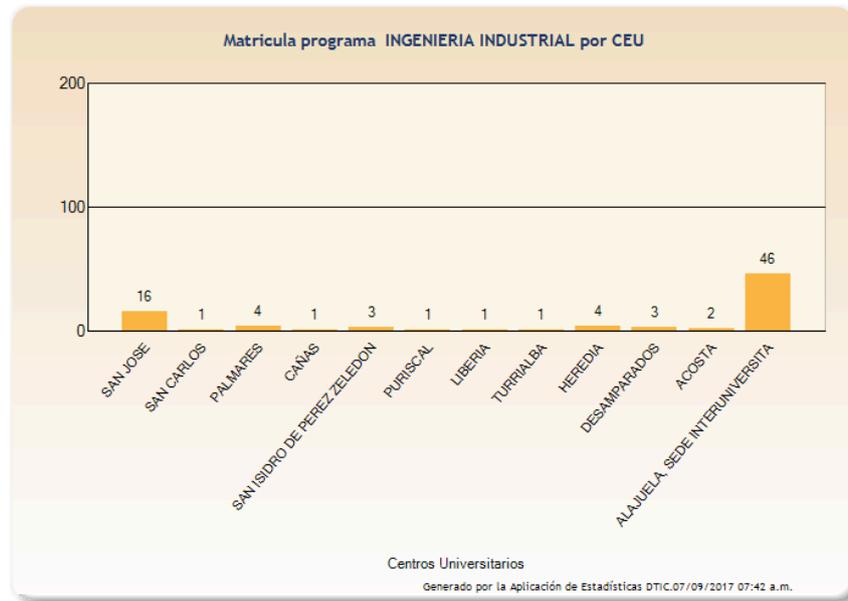
## 2.2. Participantes

Para abordar las partes 2 y 3 del estudio, se construyeron dos muestras diferenciadas. Para indagar sobre hábitos de conectividad y uso de LR se construyó una muestra estadística de la población de estudiantes de la UNED que tienen que cursar Laboratorio de Física en su carrera. Se trata de estudiantes de las carreras: Enseñanza de las Ciencias Naturales e Ingeniería Industrial.

Según los datos del Sistema de Estadísticas de Matricula de la UNED, la carrera Enseñanza de las Ciencias Naturales tiene una población de 509 estudiantes en el II cuatrimestre del 2017, mientras que Ingeniería Industrial tiene una población de 83 estudiantes en el I Semestre del 2017 (es una carrera que se oferta por semestres). En las Figuras 2.1 y 2.2 se muestra la distribución de la matrícula para ambas carreras según el CeU en el que se encuentran matriculados.



**Figura 2.1.** CeU en los que están matriculados los estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales.



**Figura 2.2.** CeU en los que están matriculados los estudiantes de Ingeniería Industrial.

Como decisión metodológica, se resolvió trabajar con una muestra de alumnos estadísticamente representativa de la población, estableciéndose aceptar un nivel de incertidumbre entre el 5 y el 7% para un intervalo de confianza del 95%.

El cálculo del tamaño de la muestra ( $n$ ) se realizó con la Ecuación 1.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p(1-p) \cdot N}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p(1-p)} \text{ (Ecuación 1)}^{13}$$

Donde:

$$Z = 1,96$$

$$p = 0,5$$

$$N = 592$$

$$e = 0,05.$$

Teniendo en cuenta que para un intervalo de confianza del 95%,  $Z = 1,96$  y  $p = 0,5$ , la muestra para una incertidumbre de un 5% de la población ( $N=592$ ), equivale a:

<sup>13</sup> Ritchey, F. (2001). Estadística para las Ciencias Sociales. El potencial de la imaginación estadística. McGracw-Hill, México.

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,5(1 - 0,5) \cdot 592}{(592 - 1) \cdot 0,05^2 + 1,96^2 \cdot 0,5(1 - 0,5)}$$

$$n = 233$$

Para el 6% es  $n = 184$  y para un 7% resulta  $n = 147$  individuos.

La recolección de datos se realizó específicamente entre los meses de mayo y julio del 2017, momento en que se alcanzó un número de respuestas de los estudiantes acorde a los criterios establecidos, ya expuestos.

Para recabar información de especialistas en el diseño, desarrollo y uso de LR, se conformó una muestra intencionada, integrada por especialistas de educación a distancia, ingeniería y física. Los criterios de selección para esta muestra fueron:

- Que se encuentren vinculados a un proyecto de LR que posea prácticas para la enseñanza de la física.
- Que estén anuentes a completar el cuestionario dirigido para esta muestra.

### **2.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de información**

Los datos e información se obtuvieron de las siguientes fuentes:

1. Investigación documental.
2. Cuestionario dirigido a estudiantes de la UNED.
3. Cuestionario dirigido a especialistas en LR.

#### **2.3.1. Investigación documental**

Para Alfonso (1995), citado por Morales (2003), la investigación documental es “un procedimiento científico, sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos” (p.2),

La investigación documental se realizó en tres momentos, para sistematizar los siguientes aspectos relativos a los proyectos de LR que han desarrollado experiencias destinadas a la enseñanza de la física, sus características tecnológicas y pedagógicas y los desarrollos recientes en Latinoamérica:

1. Identificar los proyectos de LR que ofrecen prácticas enfocadas en la enseñanza de la física: el estudio se realizó durante el primer semestre del año 2015 (enero a julio).

Para la identificación de los proyectos que poseen LR para la enseñanza de la física, se llevó a cabo una revisión de la literatura existente centrando la atención en la información que se encuentra en la red. Para la búsqueda se utilizaron palabras claves como: Laboratorios remotos de física, experimento a distancia, universidades que cuentan con laboratorios remotos y enseñanza de la física con laboratorios remotos. Se buscaron estas palabras tanto en español como inglés, dando mayores resultados las del idioma inglés; además se analizó la memoria de la *Internacional Conference on Remote Engineering Virtual Instrumentation (REV) 2015*.

Los artículos, presentaciones en congresos, tesis y documentos encontrados se agruparon en una ficha técnica en la que se especificó: Título del trabajo, Área (Física, Ingeniería, Desarrollo, otros).

2. Describir las características tecnológicas y pedagógicas de estos proyectos: el estudio se realizó en el segundo semestre del 2015 y el primer cuatrimestre del 2016 (setiembre 2015 a mayo 2016).

Esta revisión se realizó entre los trabajos presentados en las últimas ediciones de la REV y una búsqueda en Internet y en los sitios web de los LR antes identificados. Una vez identificados los artículos que hacían mención a los LR, se seleccionaron aquellos que hacían referencia a aspectos técnicos y educativos, constituidos como unidades de análisis. Los artículos relevados se clasificaron según su procedencia (revistas, REV, capítulo de libro o tesis), y

según el proyecto objeto de estudio. En la Tabla 2.1 se muestran las categorías de análisis establecidas con sus respectivas dimensiones:

**Tabla 2.1.** Categorías y dimensiones establecidas para la búsqueda de características de los LR.

<b>Categorías de análisis</b>	<b>Dimensiones</b>
C1. Características pedagógicas.	D1. Motivación, Descripción del experimento, Guía de actividades.
C2. Características tecnológicas	D2. Software empleado, Arquitectura utilizada, Accesibilidad, Registro de la información, Plataforma de gestión.
C3. Prácticas ofrecidas.	D3. Número y Tipo de experiencias.

Fuente: Elaboración propia.

- Identificar los LR desarrollados en el ámbito Latinoamericano: se realizó para tener un panorama más amplio de la situación actual referente al desarrollo y uso de LR en la región. El mismo se llevó a cabo en el primer cuatrimestre 2017 (enero a mayo), momento en el que se completó esta sección. Sin embargo se aclara que por el continuo y vertiginoso desarrollo que están teniendo los LR, puede ocurrir que algunos proyectos actuales que contienen prácticas de física no se encuentren en este relevamiento.

Para cumplir con este apartado se realizó un relevamiento en revistas científicas, las cuales fueron seleccionadas con los siguientes criterios: 1. Relacionadas con la enseñanza de la física, ciencias o tecnología, 2. De formato electrónico, y 3. Editadas en Latinoamérica.

Además se buscó en las bases de datos (BD): Google Scholar y IEEE Xplore, para lo cual se establecieron las palabras claves en español, portugués e inglés: laboratorio virtual de física, laboratorio remoto de física, experimentación en física a distancia. Definiendo un periodo de búsqueda de los últimos cinco

años, y sólo artículos de autores y proyectos latinoamericanos. Para la selección de los documentos se leyeron los títulos, resúmenes y la procedencia de los autores, con el fin de que cumplieran con los parámetros de búsqueda establecidos. Se confeccionó una base de datos en Excel para sintetizar aspectos de cada trabajo con los siguientes datos: Cod (código de revista o de base de datos), País de procedencia, Temática de la experiencia, Nivel, Modalidad, Origen del desarrollo, Tecnología utilizada (LV o LR), Tipo de experiencia.

### **2.3.2. Los cuestionarios**

Según Hernández y otros (2010) “un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir” (p.217). Para García (2003) “es un instrumento muy útil para la recogida de datos, especialmente de aquellos difícilmente accesibles por la distancia o por la dispersión de los sujetos a los que interesa considerar, o por la dificultad para reunirlos” (p. 2). Precisamente se utilizó un cuestionario por la dispersión de los participantes: estudiantes a distancia y especialistas en LR de diferentes países.

Los cuestionarios incluyeron ítems de respuesta de selección única, múltiple y preguntas de opinión.

### **2.3.3. Proceso de validación de los instrumentos**

Una vez que se confeccionaron los cuestionarios en su versión preliminar, se los sometió a un proceso de validación mediante el juicio de expertos, el cual es definido por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) “como una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (p.29). Para la selección de los expertos se estableció que debían cumplir con alguno(s) de los siguientes criterios:

- Estar vinculados a la investigación educativa.
- Ser especialistas en la enseñanza de la física y/o ingeniería.

- Ser especialistas en didáctica de las ciencias.
- Estar vinculados al desarrollo o uso de un LR.

Los dos instrumentos les fueron enviados por medio de correo electrónico, acompañados por una solicitud formal y una ficha para devolver las observaciones o cambios sugeridos (Anexo 1).

Se solicitó la colaboración a 18 expertos pero solo once respondieron de forma positiva y participaron en la validación; los mismos provienen de seis países iberoamericanos, de las áreas de especialización Metodología de la Investigación, Educación, Ingeniería y Física, quienes ofrecieron sugerencias vinculadas a la respectiva especialidad, como se muestra en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Expertos participantes en la validación de los instrumentos.

<b>ID del experto</b>	<b>Áreas de conocimiento</b>	<b>País de procedencia</b>
E-1	Educación-Metodología de la investigación	Argentina
E-2	Educación-Didáctica de las ciencias	Argentina
E-3	Ingeniería	Argentina
E-4	Metodología de la investigación	Argentina
E-5	Ingeniería	Argentina
E-6	Física	Brasil
E-7	Física	Costa Rica
E-8	Educación-Metodología de la investigación	Costa Rica
E-9	Física	Cuba
E-10	Ingeniería	España
E-11	Física	México

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.3 se agrupan las observaciones sugeridas por estos expertos con relación a la pregunta relativa al instrumento dirigido a estudiantes.

**Tabla 2.3.** Observaciones realizadas por expertos al instrumento para estudiantes.

<b>Pregunta</b>	<b>Sugerencias de los expertos</b>	<b>Cambios realizados</b>
1	Plantear la pregunta por intervalo de edad (E-6), (E-10).	Se planteó la pregunta por intervalos.
2	El género no es relevante para este tipo de investigación (E-6), (E-7), (E-8), (E-11).	Se eliminó esta pregunta.
3	Agregar una pregunta referente a la carrera que cursa (E-7).	Se incluyó una pregunta referente a la carrera.
5	Se puede obtener más información elaborando una Grid (Grilla) con los lugares desde dónde se conecta y la frecuencia con que lo hace (E-8).  Es conveniente que puedan realizar comentarios sobre esta pregunta (E-8).	Se formuló esta pregunta con una Grid.  Además se agregó la opción de aclarar aspectos importantes sobre las respuestas.
6	Elaborar otra Grid relacionando el sitio desde dónde se conecta con la calidad de la conexión (E-8).	Se formuló esta pregunta con una Grid.
7	Reformular ya que lo que interesa es con cuáles dispositivos ingresa al LMS (E-8).	Se reformuló la pregunta, para indagar con cuáles dispositivos ingresan al LMS.
8	Agregar una pregunta previa, acerca de si conocen lo que es un LR (E-2), (E-5), (E-6), (E-8).  Agregar un video o una explicación de lo que es un LR (E-	Se incorporó al instrumento un video donde se explica lo que es un LR y luego se agregó la pregunta: ¿Tenía conocimiento de lo que es un Laboratorio Remoto?

	8).	
9	Reformular la pregunta (E-1). No utilizar la palabra temor (E-2).	Se eliminó la palabra temor de esta pregunta.
10	Es conveniente que sólo elijan las tres más relevantes (E-7), (E-8), (E-10).	Se indicó que eligieran sólo las tres características que consideran más relevantes.
11	Dar como opción que el LR es un complemento (E-1).  Reformular en función del uso de LR en educación a distancia (E-9).	Se reformuló la pregunta de tal forma que puedan elegir aspectos referentes al uso de LR en la EaD.
12	Agregar la opción “en ocasiones” (E-1).	Se incorporó la opción “en ocasiones”.

Fuente: Elaboración propia.

La versión inicial que se envió a los expertos constaba de 12 preguntas; como producto de las observaciones y cambios sugeridos, la versión final (Anexo 2) consta de 13 preguntas. Se confeccionaron preguntas en formatos que no se habían propuesto inicialmente como las de tipo *Grilla* o cuadrícula las cuales “permite mediante columnas diseñar preguntas múltiples con diferentes rangos” (Tomaseti, Sánchez y García, 2014, p.75). Además se incorporó un video donde se explica el concepto y funcionamiento de un LR.

El cuestionario destinado a estudiantes quedó conformado por las siguientes partes: datos generales; conectividad y laboratorio remoto.

Con respecto al cuestionario destinado a los especialistas en LR, los expertos consultados proporcionaron las observaciones que se muestran en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Observaciones realizadas al instrumento para especialistas en LR.

<b>Pregunta</b>	<b>Sugerencias de los expertos</b>	<b>Cambios realizados</b>
1	Preguntar en plural, pues hay personas que trabajan en varios proyectos (E-8).	Se planteó esta pregunta en plural.
2	Redactar en plural (E-8).	Se planteó esta pregunta en plural.
7	Indicar una lista de lenguajes (E-5), (E-10), (E-8).	Se elaboró una lista con los lenguajes de programación.
8	Es conveniente indagar sobre las desventajas (E-1),	No se realizó este cambio ya que lo que interesa es las ventajas del lenguaje de programación según los especialistas.
9	La arquitectura no es un aspecto relevante (E-2),(E-5), (E-8). Reformular esta pregunta (E-10).	Se eliminó la pregunta referente a la arquitectura.
10	Dar una lista de aspectos y que elijan (E-5). Se puede agregar una pregunta referente a si comparte o no su LR con otras instituciones y si solicitan contraseñas (E-8).	Se reformuló la pregunta, de forma dicotómica: Comparten sus LR con otras instituciones, y se piden contraseñas.
12	Es más conveniente indicar ejemplos y que puedan elegir en qué grado se tomó en cuenta cada uno (E-8).	Se agregó en forma de lista, con una escala de valoración.
13	Dar una lista de aspectos y que elijan (E-5), (E11). Cambiar la redacción o eliminarla. (E-8), (E-9).	Se eliminó la pregunta referente a aspectos didácticos, ya que se incorporaron aspectos educativos en otras preguntas.
14	Se puede dar una lista de apoyos educativos y que elijan, además consultar el idioma en el que están	Se confeccionó una lista para elegir los recursos de apoyo del LR.

	los mismos. (E-8).	Además se agregó que indiquen los idiomas en los que se ofrecen estos apoyos.
15	<p>Dar una lista de aspectos y que elijan (E-5).</p> <p>Reformular la pregunta, solicitando los tres aspectos más importantes que se deben considerar al diseñar un LR (E-10).</p>	<p>Se agregó una lista para que elijan y se incorporó por separado la pregunta acerca de si son suficientes y adecuados dichos apoyos.</p> <p>Se agregaron otras dos preguntas:</p> <p>¿Qué ventajas ofrecen los LR en la educación a distancia? (Grid).</p> <p>¿Cuáles son los tres aspectos educativos que usted considera más importantes al diseñar un LR?</p>
16	Es conveniente agregar una pregunta sobre el tiempo que estuvo disponible el LR el último año (E-8).	Se agregó una pregunta sobre el tiempo que no estuvo disponible el LR el último año.

Fuente: Elaboración propia.

La versión inicial de este cuestionario constaba de 16 preguntas, la versión final (Anexo 3) posee 18 preguntas. Para esta versión, atendiendo a las observaciones realizadas por los expertos, se eliminaron preguntas, se reformularon otras y se agregaron nuevas preguntas; además este formulario se tradujo al idioma inglés (Anexo 4) ya que muchos de los especialistas a ser encuestados se encuentran en países donde no se habla español.

El cuestionario destinado a especialistas quedó conformado por tres partes: datos generales; aspectos tecnológicos y aspectos pedagógicos sobre los LR.

Antes de la aplicación de los cuestionarios se les solicitó a los encargados de las cátedras de Física y Física para Ingeniería una revisión y completado del mismo para detectar posibles errores.

Adicionalmente se les envió el cuestionario dirigido a estudiantes a tres egresados de la Carrera de Enseñanza de las Ciencias. Sólo uno de ellos

realizó comentarios ya que los otros dos completaron el instrumento y lo vieron bien, la observación fue referente a la pregunta 6, indicando que él nunca utiliza Internet en la universidad, por lo que sería bueno agregar la opción “No lo uso” en el instrumento, por lo que se agregó la opción “No aplica”.

#### **2.3.4. Aplicación de los instrumentos**

Las versiones definitivas de los cuestionarios se alojaron en la herramienta *Formularios de Google Drive*, por lo que se aplicaron de forma auto-administrada.

El cuestionario dirigido a estudiantes fue enviado a la totalidad de la población de estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales y de Ingeniería Industrial a través de los siguientes medios:

- Correo interno de las plataformas de los cursos de Física.
- Correo electrónico, desde la dirección de las carreras, solicitando la colaboración.

En cuanto al cuestionario dirigido a especialistas, se enviaron correos de forma personalizada a especialistas que participan en proyectos de LR. Además se contó con la colaboración del coordinador del proyecto VISIR+ Plus promovido por la Unión Europea, quien envió un correo electrónico a sus contactos personales invitándolos a participar en el estudio.

#### **2.4. Estrategias para la recepción y el análisis de los datos e información**

Como fue expuesto, la muestra de estudiantes quedó definida por 172 respuestas recibidas, asegurando de este modo, la representación estadística de la población.

Con respecto a las respuestas de especialistas, fueron procesadas la totalidad de las respuestas recibidas, lo que constituyó la muestra intencional.

Una vez que se recolectó la información, se revisaron las bases de datos que confeccionó la herramienta *Formularios de Google Drive*. En el caso de los instrumentos dirigidos a especialistas se procedió a unificar los datos ya que como se mencionó con anterioridad se aplicó tanto en español como en inglés; el análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS-17 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

Las preguntas abiertas de carácter obligatorio del instrumento dirigido a estudiantes se analizaron utilizando el programa ATLAS.ti-8, para ello se definieron categorías emergentes de tal forma que permitieran agrupar las respuestas de los estudiantes.

Para determinar la independencia entre variables estadísticamente significativas se utilizó un valor de  $p \leq 0.05$  utilizando la prueba Chi-cuadrado o Exacta de Fisher según corresponda (Agresti, 2002).

## **2.5. Síntesis del capítulo**

En este capítulo se explicitó el tipo de estudio realizado, los participantes y estudios involucrados, las técnicas e instrumentos diseñados para la recolección de información, el proceso de validación de los mismos, la modalidad de aplicación de los instrumentos y las estrategias de recepción, procesamiento y análisis de los datos.

# 3. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados y el respectivo análisis producto del proceso de investigación. La presentación de los mismos se ha distribuido de la siguiente manera: resultados de la investigación documental, resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a estudiantes, resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a especialistas y por último las consideraciones finales de este capítulo.

### **3.1. Resultados de la investigación documental**

Como resultado de la investigación documental, fueron identificados dos tipos de proyectos que poseen prácticos de laboratorio desarrollados para la enseñanza de distintos temas de física: doce proyectos que cuentan con años de desarrollo y experiencia, y ocho proyectos en una etapa inicial. En cada uno de ellos, se alojan diversas experiencias, que son ofrecidas a los estudiantes de la propia institución y en algunos casos también a los de otras instituciones.

A continuación se describen en primer lugar, los doce proyectos más consolidados, identificando en cada uno de ellos: el sitio donde éste está alojado (país e institución), las experiencias que ofrece, el nivel educativo al que están dirigidas, y los apoyos educativos con que cuenta. Posteriormente, se presentan los desarrollos más recientes.

**3.1.1. Virtual Instruments and Systems in Reality (VISIR):** Es un LR diseñado en el Blekinge Institute of Technology (BTH), de Suecia; el proyecto se inició en 1999 y fue puesto en práctica en el año 2006. Está enfocado principalmente a electrónica analógica, abordando temas como ley de Ohm, transistores, filtros pasivos y activos, siendo “el laboratorio remoto más potente y utilizado en el área de la electrónica analógica, y que es un referente en el campo de los laboratorios remotos” (García-Zubía y otros, 2014, p.1).

En el 2010 se instaló en la Universidad de Deusto el primer VISIR instalado fuera del BTH, además hay otros equipos iguales adquiridos y adaptados por otras instituciones en Austria (Carinthia University of Applied Sciences y FH Campus Wienfor Applied Sciences), Portugal (School of Engineering of Polytechnic of Porto (ISEP)), España (Universidad de Deusto y la Universidad

Nacional de Educación a Distancia), y en India (Madras Institute of Technology) (Lima y otros, 2016a). Además en la Shota Rustaveli State University de Georgia cuentan con una variante de VISIR denominada VISIR-Deusto; la misma posee una interface similar al VISIR de BTH pero con variantes en el software y un hardware totalmente distinto (Hernández-Jayo y García-Zubía, 2016).

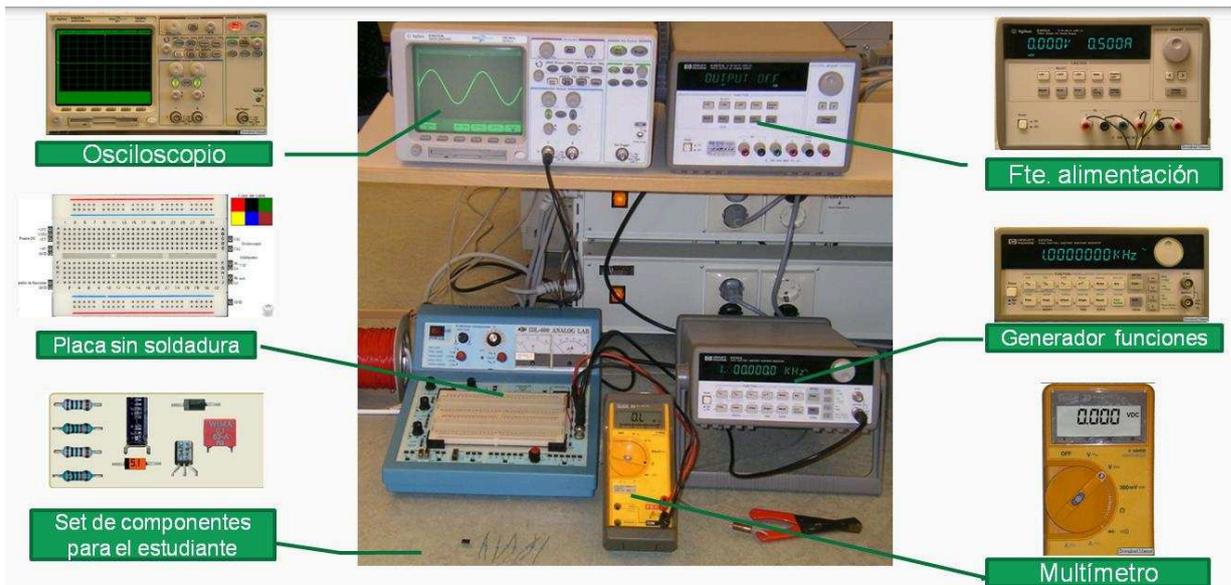
La instalación de los primeros equipos VISIR en Latinoamérica se da como resultado del establecimiento de un Proyecto Erasmus+ 2015, convocado por un consorcio de instituciones europeas que tienen experiencia en el uso de este LR, por el cual se instalarían equipos VISIR en Brasil y Argentina, además de la capacitación para su gestión y uso a los equipos de docentes e investigadores de las universidades participantes brasileñas (Universidad Federal de Santa Catarina, Instituto Federal de Santa Catarina y la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro) y argentinas (Universidad Nacional de Rosario y Universidad Nacional de Santiago del Estero) (Marchisio y otros, 2016).

Este laboratorio ha sido distinguido con el Premio 2015 al Mejor Laboratorio Controlado Remotamente, otorgado por GOLC (Global Online Laboratory Consortium)<sup>14</sup>.

El VISIR consiste en una mesa de trabajo diseñada para realizar experiencias reales de circuitos eléctricos a distancia. En la Figura 3.1, se muestran los componentes de esta mesa de trabajo.

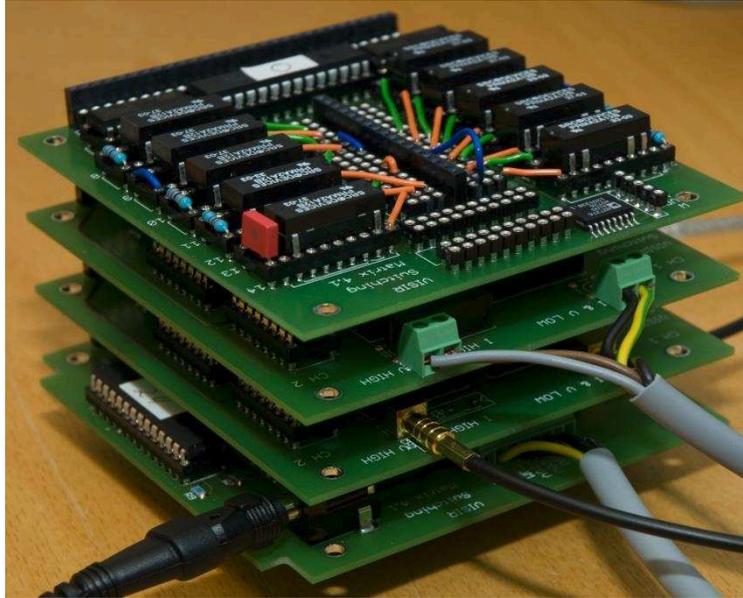
---

<sup>14</sup> <https://www.bth.se/eng/nyheter/conference-laboratory-work-internet/>



**Figura 3.1.** Componentes virtualizados que conforman el LR VISIR (TAE-2, 2016).

Los diferentes dispositivos que conforman el VISIR (osciloscopio, fuente de alimentación, generador de funciones y multímetro) se controlan de forma remota; para la manipulación de las placas y el cableado en el BTH diseñaron “una matriz de conmutación con relés electromecánicos que simulan dicha placa y cables” (San Cristóbal, 2010, p.122), en esta matriz de conmutación es donde se generan las conexiones físicas entre los componentes, y entre los componentes y los instrumentos. En la Figura 3.2, se muestra la matriz de conmutación.

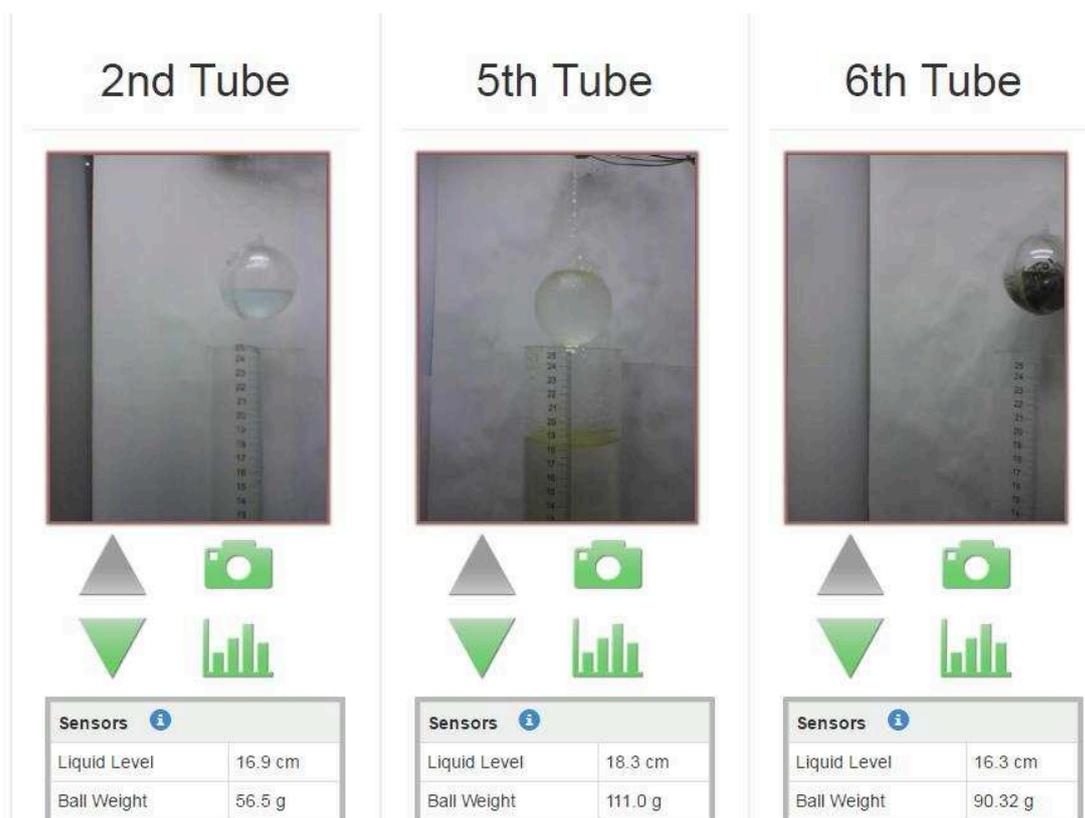


**Figura 3.2.** Matriz de conmutación del VISIR (TAE-2, 2016).

**3.1.2. WebLab-Deusto:** Es un proyecto desarrollado en la Universidad de Deusto en Bilbao (España), vigente desde el año 2005. Está diseñado como un *framework* genérico, es un RLMS (*Remote Laboratory Management System*), que le permite compartir su tecnología e integrar otros proyectos de LR de todo el mundo (Rodríguez, 2013).

WebLab-Deusto ofrece sus prácticas en diez idiomas y acceso a las mismas a través de dispositivos móviles. De las prácticas ofrecidas, se pueden utilizar en la enseñanza de la física, las correspondientes al principio de Arquímedes y circuitos eléctricos con VISIR.

En la experiencia del principio de Arquímedes se puede observar en tiempo real lo que ocurre al sumergir una esfera en un fluido y, con los datos obtenidos, calcular la densidad de la esfera. Es una práctica que permite comprobar los fundamentos del principio de Arquímedes (García-Zubía, y otros, 2015). En la Figura 3.3 se puede apreciar parte de esta experiencia.



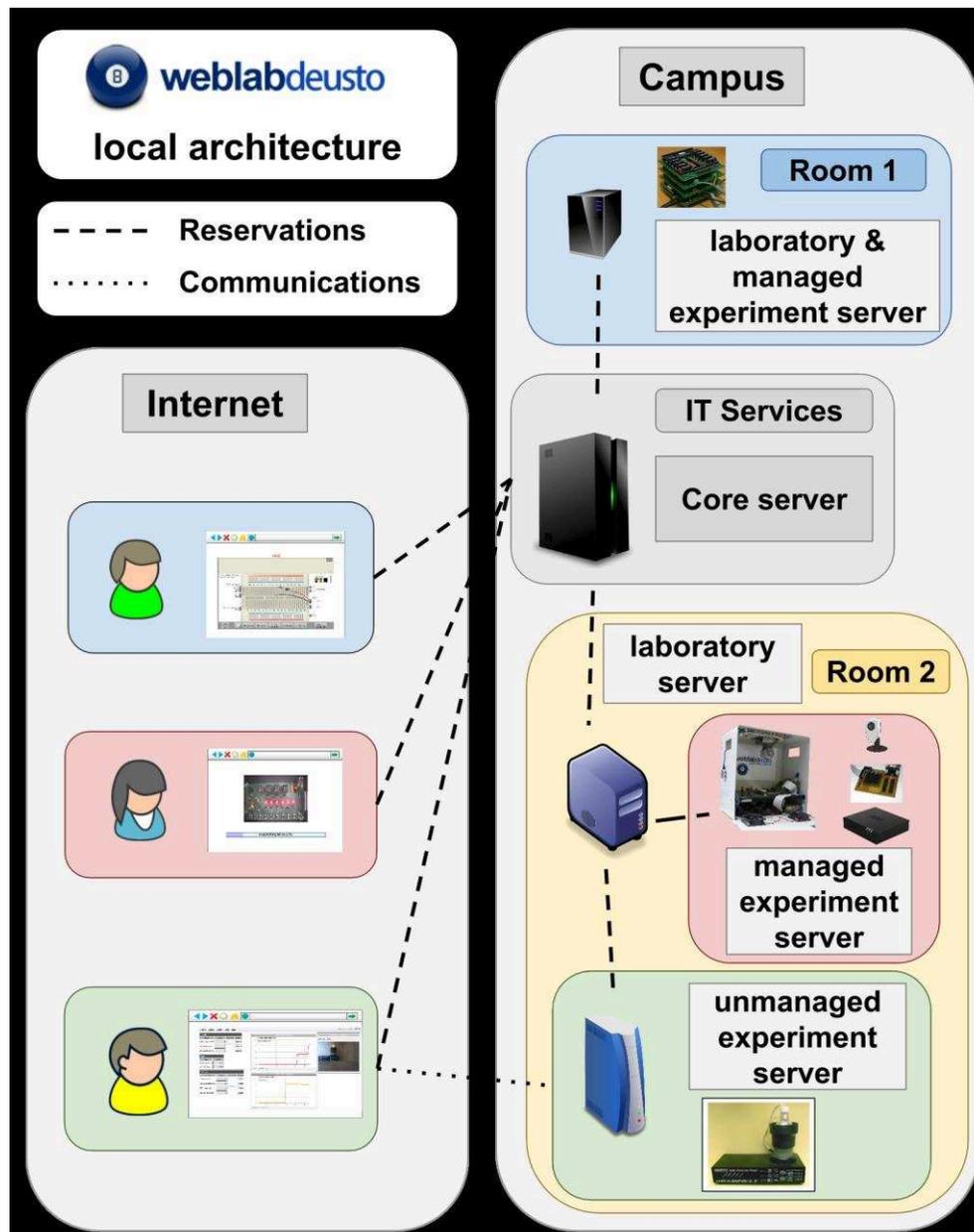
**Figura 3.3.** Captura de pantalla de la experiencia del principio de Arquímedes del LR de WebLab-Deusto.

Entre los apoyos educativos, este proyecto ofrece guías de usuario, manuales técnicos, descripción de cada experimento, y videos que muestran la ejecución de las experiencias (WebLab-Deusto, 2016), lo que facilita el acceso y uso de cada una de ellas.

El proyecto “ha sido desarrollado y publicado como un software de código abierto, y se encuentra en un proceso de constante desarrollo y mejora” (Rodríguez, 2013, p.53). Un aspecto muy interesante es que proporciona recursos para diseñar nuevas experiencias, gestionar experimentos ya existentes (WebLab-Deusto, 2016), y además federar los LR de otras instituciones, debido a que está diseñado como un RMLS, que administra la autenticación, reserva y seguimiento de usuarios (Angulo y otros, 2016).

La arquitectura de WebLab-Deusto permite que los usuarios se conecten con el servidor central (Figura 3.4). Este servidor se comunica con los servidores de cada experimento y genera la comunicación con cada usuario (WebLab-

Deusto, 2016). San Cristóbal (2010) señala que “WebLab-Deusto sigue una arquitectura basada en capas que le permite una mayor escalabilidad, seguridad y mantenimiento” (p.118), lo que diferencia a este proyecto de otros LR. En la Figura 3.4 se muestra la arquitectura de este proyecto.

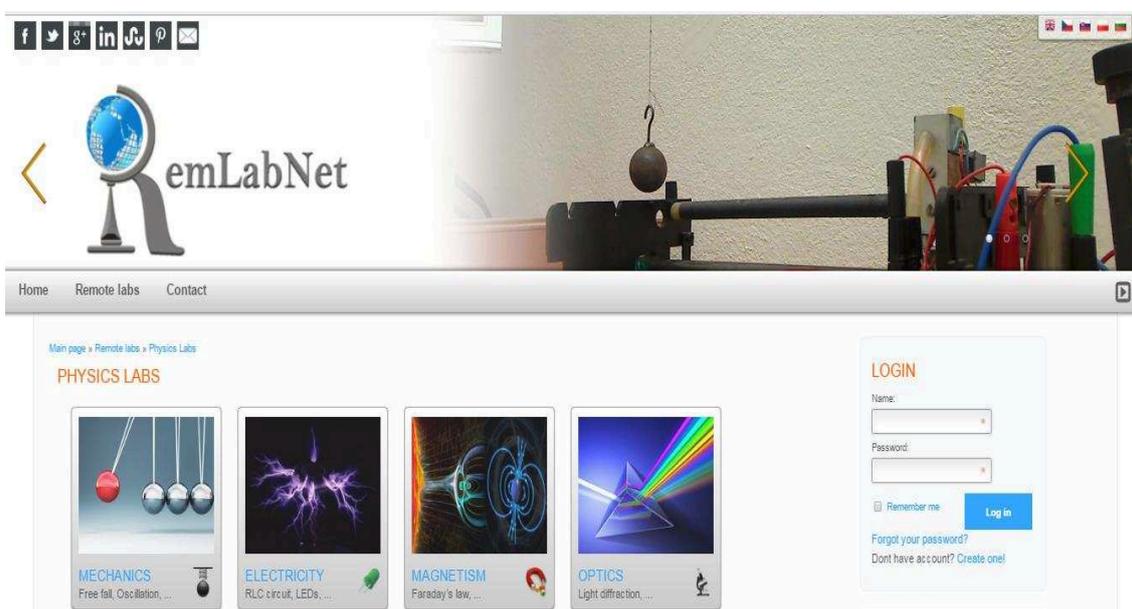


**Figura 3.4.** Arquitectura de WebLab-Deusto (WebLab-Deusto, 2016).

**3.1.3. RemLabNet:** Este proyecto ha sido diseñado como un RLMS, por lo que permite gestionar LR ya existentes en instituciones de Europa; en la versión

actual se han incorporado herramientas visuales para indicar el estado del LR: un semáforo indica si el experimento se encuentra disponible, o si está siendo utilizado o fuera de servicio (Schauer y otros, 2016), con el fin de que los usuarios no se desaminen en la espera del turno. Cuenta con apoyos didácticos como guías de uso, videos sobre cada experimento e instrucciones para realizar cada experiencia.

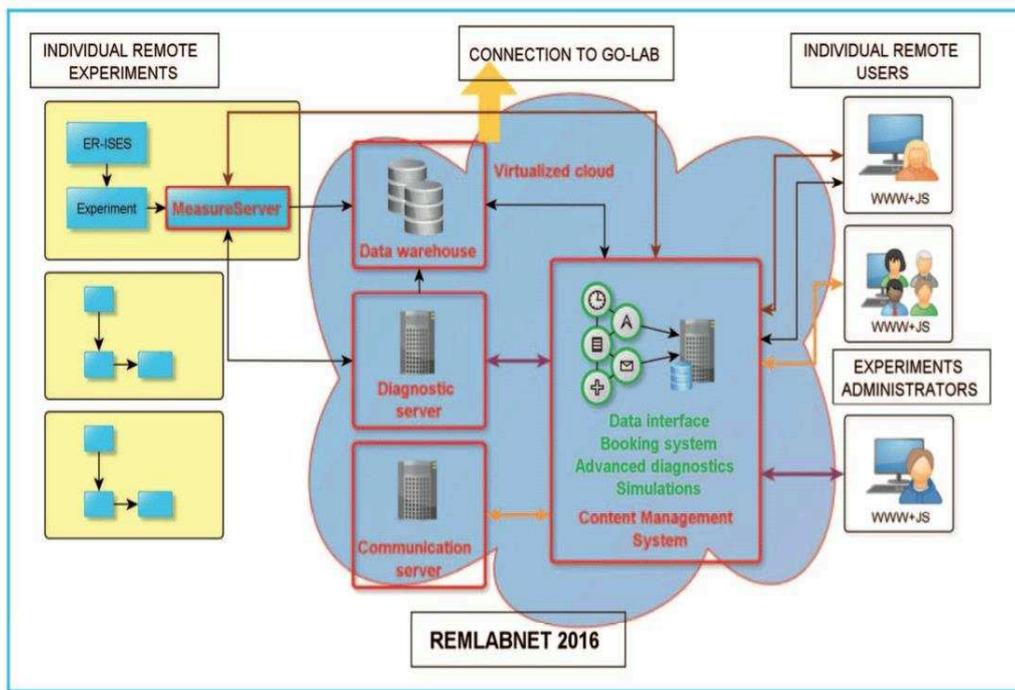
En la Figura 3.5 se muestra la página principal de los experimentos de física de este LR.



**Figura 3.5.** Página de RemLabNet.

(<http://www.remlabnet.eu/?page=categories&cat=2>)

La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 3.6. Como se observa, REMLABNET además de almacenar experimentos y gestionarlos, permite la conexión con el Proyecto Go-Lab (a ser presentado en el apartado 3.1.11) (De Jong, Sotiriou y Gillet, 2014), lo que posibilita el uso de estos LR en la educación secundaria en Europa. El sistema gestiona los usuarios, administra experimentos y almacena los registros de uso.



**Figura 3.6.** Arquitectura REMLABNET (Schauer y otros, 2016).

Este proyecto gestiona los siguientes experimentos: péndulo simple, caída libre I y II, principio de Arquímedes, plano inclinado, experimento de Joule, circuitos RLC, energía en RLC, circuitos RLC en fase, emisión de LEDs, efecto Fotovoltaico y Ley de Faraday.

**3.1.4. e-Laboratory Project:** Es un proyecto de la Facultad de Matemáticas y Física de la Universidad de Carolina de Praga en la República Checa, donde cuentan con LR desde el año 2002. Desde los inicios participaron, además de la referida universidad, la cual aportó el hardware y el software, la Universidad Tamas Bata en Zlin (República Checa), la que colaboró con el diseño experimental, y la Universidad de Trnava (Eslovaquia), que apoyó con la pedagogía del experimento (Ozoldova y otros, 2005).

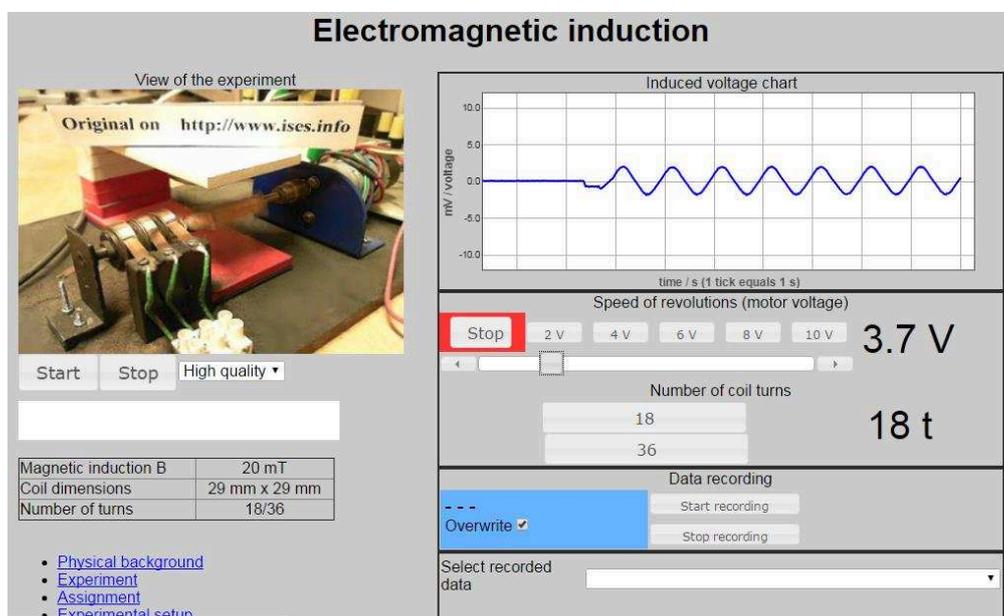
Una de las características pedagógicas de este proyecto es el portal elaborado; cada experimento remoto está acompañado de una serie de apoyos a saber: motivación, antecedentes físicos, una guía del experimento, descripción de arreglo experimental y el acceso a la experiencia remota. De las 22 experiencias ofrecidas, a 18 de ellas se puede acceder con dispositivos

móviles, ya que la aplicación web se realizó en JavaScript; las cuatro restantes estarán listas a finales del año en curso (Lustig, 2016).

Respecto a las características tecnológicas, permite fácil acceso y registro y provee video de la experiencia en directo. Este proyecto se encuentra gestionado en RemLabNet (Figura 3.6), el cual se diseñó por el vasto uso de los experimentos de este proyecto en Europa (Schauer y otros, 2014 y 2015).

Algunas de las prácticas desarrolladas son: difracción en microobjetos, inducción electromagnética, oscilaciones, campo magnético en una bobina, conversión de energía solar, principio de incertidumbre de Heisenberg, efecto fotoeléctrico, polarización de la luz, radioactividad, espectros de luz, experimento de Einstein-Hass, fenómeno de Faraday, control del nivel del agua, rectificador, experimento de Franck-Hertz, circuitos RLC en serie y medición de la constante de Planck.

En la Figura 3.7, se muestra una de las prácticas desarrolladas en este proyecto.



**Figura 3.7.** Captura de pantalla de la práctica de inducción electromagnética. ([http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani\\_2\\_en.html](http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani_2_en.html))

**3.1.5. Laboratorio Remoto del Grupo Galileo:** El Grupo Galileo de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL desde el año 2005 ha implementado un LR con tres prácticas de física. Kofman y Concari (2011) señalan que el laboratorio “surge como parte de un proyecto de investigación educativa a lo largo de las líneas de mejora de recursos didácticos para la enseñanza de la física universitaria” (p. 294).

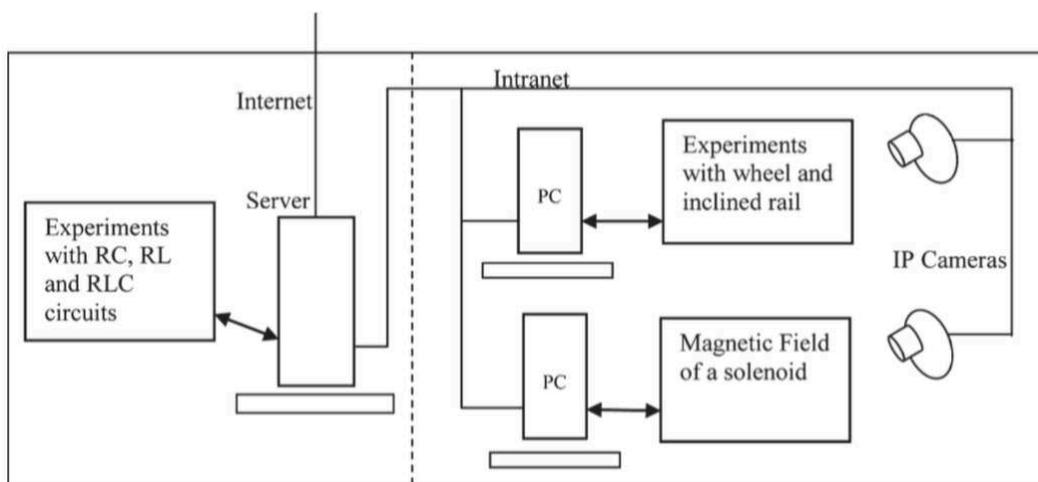
En la actualidad el grupo Galileo cuenta en su LR con tres experimentos: circuitos RC-RL-RLC, riel Inclinado con volante y campo magnético en un solenoide. Según Kofman y otros (2011), esta última práctica facilita el acceso a grupos de alumnos que de otra forma no tendrían posibilidad de realizar el trabajo a nivel de laboratorio, ya que se requiere de un dispositivo que no figura entre los experimentos tradicionales que ofrecen las empresas dedicadas a la venta de equipamiento didáctico.

En el portal del Grupo Galileo (<http://galileo4.unl.edu.ar/>) se ofrecen apoyos didácticos para el uso de las prácticas de acceso remoto, tales como descripción de las experiencias, guías didácticas, un video que explica la finalidad de los LR y los requerimientos de software para realizar los diferentes experimentos. En la Figura 3.8 se muestra la página principal de este proyecto.



**Figura 3.8.** Laboratorio Remoto Grupo Galileo.  
(<http://galileo4.unl.edu.ar/descripcionVolante.html>)

El acceso a los experimentos remotos se debe gestionar previo a un registro y autorización de los encargados del LR. El software utilizado para realizar las mediciones y control de los experimentos fue desarrollado en Delphi, y la aplicación remota se ejecuta en un Applet de Java (Kofman y Concari, 2011), por lo que es necesario instalar en el computador el programa *Java Runtime Environment*. Este LR está destinado a la enseñanza de la física en el nivel superior. La arquitectura está basada en un servidor web que conecta a los experimentos que se alojan en computadora y una interfaz de adquisición de datos, como se muestra en la Figura 3.9.



**Figura 3.9.** Arquitectura LR Grupo Galileo (Kofman y Concari, 2011).

Dos de los experimentos del Grupo Galileo se pueden ver en tiempo real a través de una cámara (riel inclinado y campo magnético de un solenoide), mientras que los experimentos con circuitos eléctricos no requieren de una cámara por ser muy sencillos y no tener partes móviles que requieran visualización.

Una de las limitaciones de este proyecto es que no se puede acceder a las prácticas desde dispositivos móviles y, para ingresar, se debe utilizar sólo los exploradores Mozilla e Internet Explorer.

**3.1.6. Physil@b:** Es un proyecto iniciado en el año 2010, que ha sido desarrollado por cuatro universidades: Universidad Tecnológica de Colombia,

Universidad Católica de Pereira, Universidad Católica de Manizales y la Universidad de Medellín, las cuales conforman el grupo GEMA.

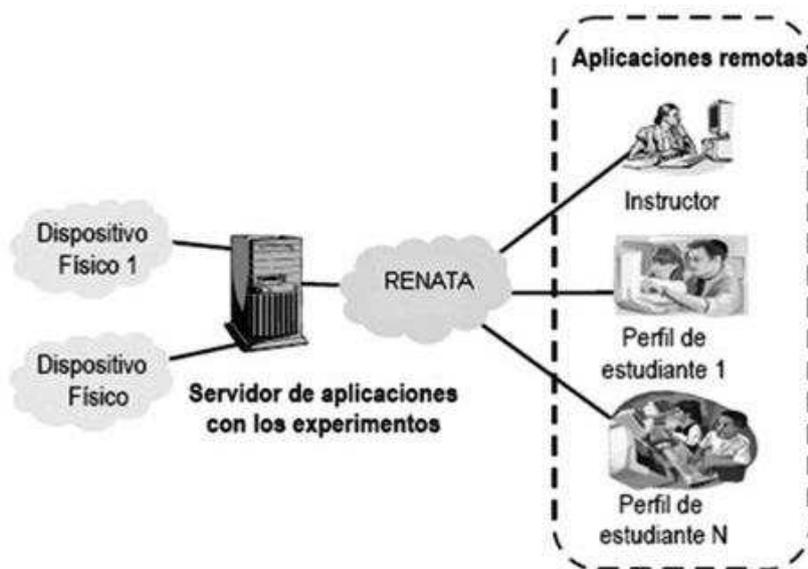
Como apoyo pedagógico, en este proyecto se ha elaborado un libro denominado *PHYSILAB Conceptos y ejercicios* en el que se integran el fundamento teórico, prácticas convencionales, laboratorio virtual y prácticas de acceso remoto, lo que resulta un complemento pedagógico muy interesante en la enseñanza de la física. Henao, Barrera y Mulcué (2013) señalan que “*PHYSILAB* es una propuesta metodológica orientada hacia la enseñanza y comprensión de la FÍSICA” (p.14). Actualmente en el sitio del proyecto hay cinco experimentos virtuales y otros cuatro de acceso remoto: movimiento rectilíneo uniforme, movimiento uniformemente acelerado, caída de los cuerpos y conservación de la energía, dirigidos a la enseñanza universitaria. En la Figura 3.10 se muestra la página web de este proyecto.



**Figura 3.10.** Página de Physilab@b (<http://physilab.ucp.edu.co/web/>).

Para el uso de los experimentos remotos se debe gestionar la reserva, previo a un registro y autorización. Cuenta con un módulo de ayuda elaborado en *Wordpress* (Mejía, 2012). Las herramientas de software usadas en el control de

este sistema son “Wordpress, php, mysql, HTML, Apache, CSS y JavaScript” (Giraldo y Pamplona, 2014, p.19). El proyecto “se construyó con una arquitectura distribuida donde cada laboratorio, siguiendo unos protocolos establecidos y una estructura básica, se pueda integrar a todo el sistema” (Mejía, 2012, p.12). En la Figura 3.11, se muestra la arquitectura de *PHYSILAB*.



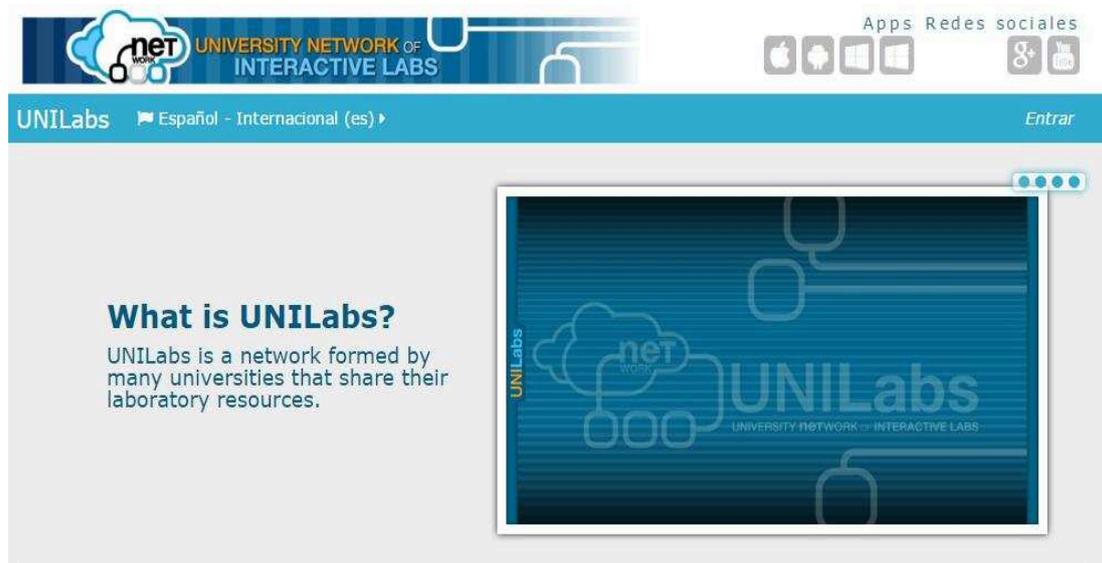
**Figura 3.11.** Arquitectura de *PHYSILAB* (Henao y otros, 2013).

**3.1.7. UNEDLabs:** Es un proyecto desarrollado en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España, dirigido a la enseñanza de la física mediante el uso de laboratorios tanto virtuales como remotos, establecido desde el año 2011 pero antecedido por el *AutomatL@bs* del año 2006 (Dormido y otros, 2011).

Algunas de las prácticas desarrolladas por el equipo de UNEDLabs son: Ley de Hooke, luz en medios isotrópicos, campos y potenciales eléctricos y lentes delgadas (De la Torre y otros, 2013). Hay experimentos a los que se puede acceder como invitado. Las mismas se alojan en el sitio del proyecto denominado UNILabs.

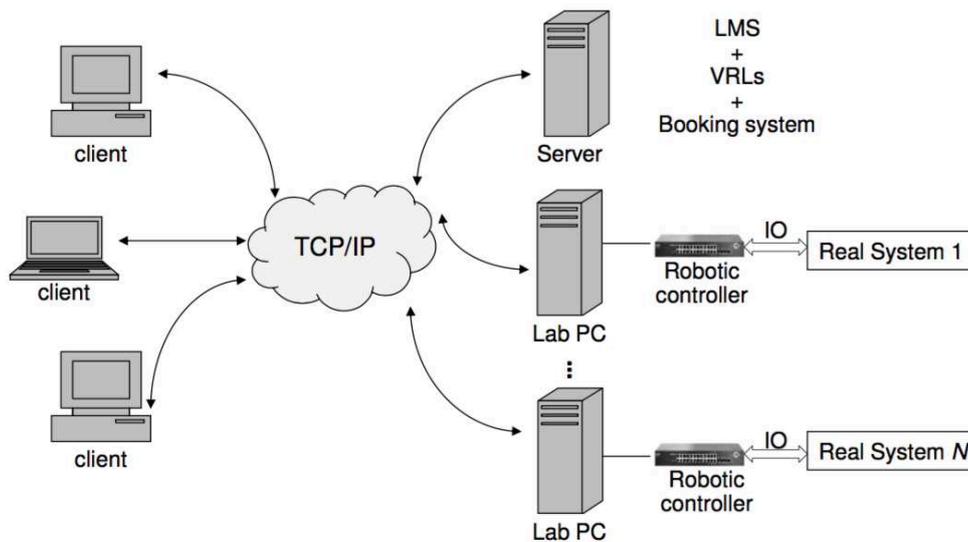
Como apoyos educativos de este portal, se ofrecen la notificación de servicios por correo electrónico, mensajería instantánea, noticias y foros, permitiendo la interacción y la colaboración entre los estudiantes y profesores. Además en la

plataforma MOODLE se brindan los manuales y las instrucciones necesarios para la realización de cada experiencia (Dormido y otros, 2012). En la Figura 3.12, se muestra la página principal de este proyecto.



**Figura 3.12.** Portal UNEDLabs (<http://unilabs.dia.uned.es/>).

En UNEDLabs se utiliza una arquitectura cliente-servidor en la que se emplea un LMS, en este caso MOODLE, y un sistema de reservas gestionado también mediante el LMS. Los LR se han elaborado con tres herramientas: una de autoría propia desarrollada en JAVA y además LabVIEW y Matlab (Guinaldo y otros, 2013). La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 3.13.



**Figura 3.13.** Arquitectura de UNEDLabs (Guinaldo y otros, 2013).

**3.1.8. Remote Experimentation Laboratory (RExLab):** Este proyecto se inició en 1997 en la Universidad Federal de Santa Catarina en Brasil. Con RExLab se busca implementar soluciones de investigación y desarrollo de bajo costo, priorizando el uso de código y hardware abiertos (Da Silva y otros, 2013). Habiendo pasado por varias etapas, se ha consolidado como un proyecto pionero en el campo de los LR para la enseñanza en escuelas secundarias en América del Sur. En RExLab se han desarrollado ocho prácticas de acceso remoto, algunas de ellas son: plano inclinado, conducción de calor en barras metálicas, medios de propagación de calor, panel eléctrico CC, panel eléctrico CC-2, panel eléctrico CA, y desde el 2016 cuenta con un equipo VISIR, ya descrito.

Cada experimento de RExLab está acompañado de un manual tanto técnico como didáctico con el fin de facilitar el desarrollo de cada experiencia, así como video-tutoriales (Da Silva y otros, 2013). Los experimentos se han diseñado en software abierto con protocolos conocidos para integrar esta herramienta al entorno de enseñanza universitaria (Da Silva y otros, 2016), pero con especial énfasis en la educación secundaria (Da Silva y otros, 2013). Se puede acceder a los experimentos alojados en la Universidad Federal de Santa Catarina de Brasil, a través de dispositivos móviles (Lima y otros, 2016b).

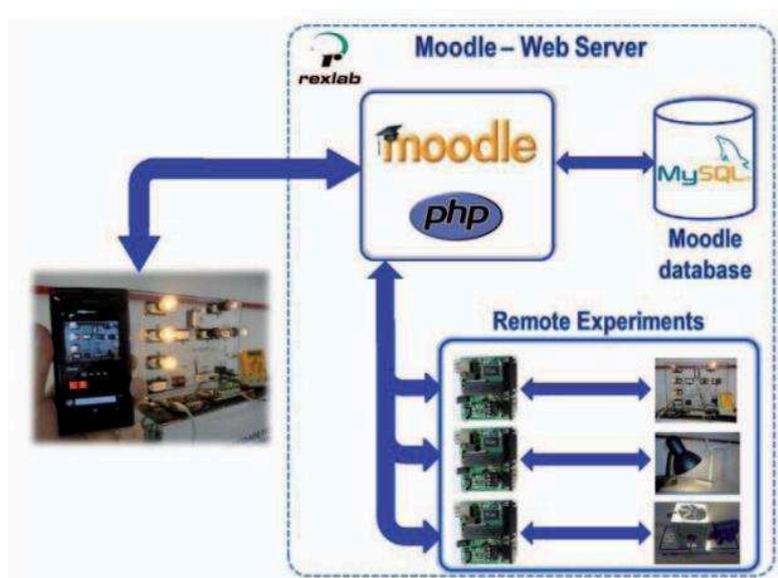
En la Figura 3.14 se muestra la práctica de plano inclinado.



**Figura 3.14.** Práctica de plano inclinado de RexLab.

(<http://relle.ufsc.br/labs/7>)

Este proyecto cuenta con una arquitectura que permite integrar sus experimentos remotos con MOODLE y con una aplicación móvil que han diseñado ampliando la oportunidad de trabajar en sus experiencias remotas desde dispositivos móviles y plataformas de enseñanza. En la Figura 3.15 se muestra esta arquitectura.



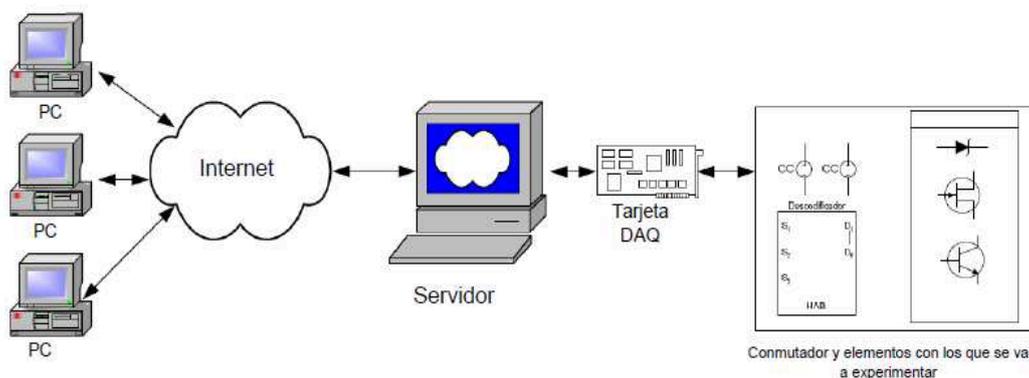
**Figura 3.15.** Arquitectura de RexLab (Da Silva y otros, 2013).

Este laboratorio ha sido distinguido con el Prêmio ARede Educa 2016 en la Categoría Plataformas Educativas en el sector público de Brasil y recientemente con el Premio al Mejor Laboratorio Controlado Remotamente, otorgado por GOLC<sup>15</sup>.

**3.1.9. Laboratorio Remoto de la FCEIA:** Como apoyo a la enseñanza, el LR de Física Electrónica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la UNR se ha integrado con la plataforma educativa, con el fin de brindar apoyos mediante foros, chats, mensajes y videoconferencias. Además los estudiantes pueden ingresar y autenticarse utilizando *Facebook* (Lerro y otros, 2014).

El LR fue diseñado utilizando una placa de *National Instruments*, e instalado en un servidor Web que se ejecuta en Microsoft Visual. Las experiencias se ejecutan a través de una aplicación en HTML, por lo que se puede acceder desde cualquier tipo de dispositivo (Lerro y otros, 2011). La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 3.16.

En este LR se pueden realizar mediciones de parámetros eléctricos y permite el análisis, mediante curvas, de dispositivos semiconductores reales.



**Figura 3.16.** Arquitectura del LR de Física Electrónica (Lerro y otros, 2011).

<sup>15</sup> <https://rexlabs.ufsc.br/awards>

Este proyecto cuenta además con un LR móvil capaz de monitorear el desempeño de calefones solares en funcionamiento *in situ*. El mismo permite la evaluación de la eficiencia energética de calefones solares en el sitio donde éstos estuviesen emplazados. Es utilizada con carácter educativo en la formación de alumnos de posgrado, y como apoyos educativos se ha elaborado una guía didáctica y además una guía de acceso remoto al calefón solar (Sáez de Arregui y otros, 2012). Este proyecto ha sido distinguido al ser preseleccionado en el concurso INNOVAR 2012 de Argentina.

La Figura 3.17 reproduce la página de inicio del Laboratorio Remoto Móvil.



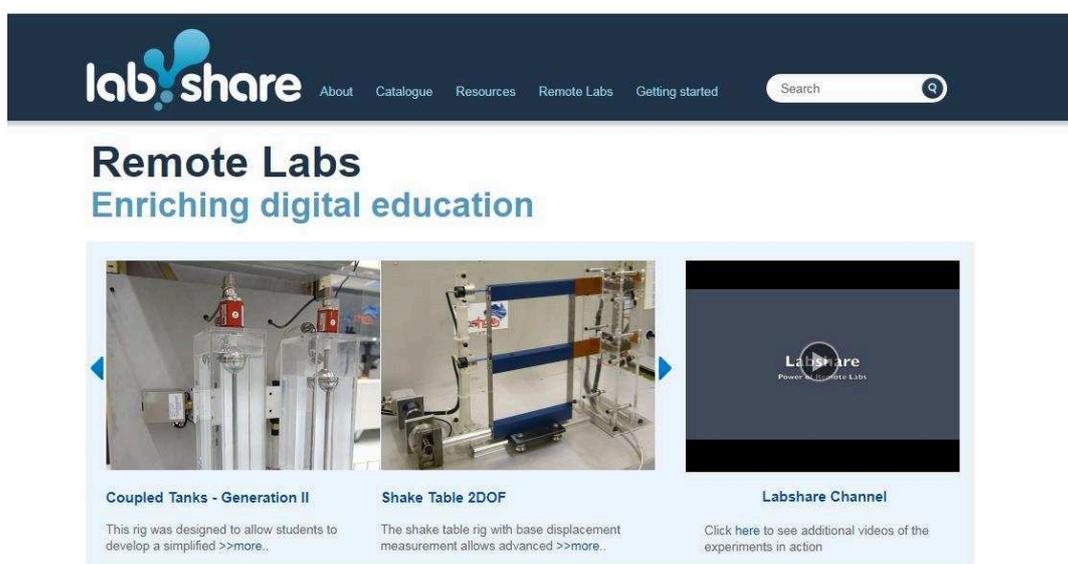
**Figura 3.17.** Página del Laboratorio Remoto Móvil.

(<http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/labs/solargsm/>)

**3.1.10. El instituto Labshare:** Es un proyecto formado por un consorcio de las universidades australianas: Universidad Tecnológica de Sydney (UTS), Curtin University, University of South Australia y la RMIT University. El proyecto se conformó para potenciar el trabajo experimental en Australia, un país muy

extenso en el que la experimentación remota se vuelve un recurso que facilita el acceso a pruebas reales independientemente de la ubicación del estudiante, las universidades participantes se encuentran estratégicamente ubicadas en dicho país (Kostulski y Murray, 2011).

El proyecto posee un total de diez prácticas de acceso remoto enfocadas en la enseñanza de la ingeniería, sin embargo una de las prácticas se puede utilizar en la enseñanza de la física, es la práctica sobre medición de señales. En la Figura 3.18 se muestra la página principal de este proyecto.



**Figura 3.18.** Página principal de Labshare. (<http://www.labshare.edu.au/home>).

Como apoyos didácticos en el sitio web del proyecto se han incluido un video donde se muestran los LR disponibles; además una descripción de cada experiencia.

Para acceder a las prácticas disponibles se debe solicitar un usuario y una clave a los administradores del proyecto, el cual se diseño como RMLS para facilitar el trabajo de las instituciones participantes.

**3.1.11. El proyecto Go-Lab:** Es un repositorio promovido por un consorcio europeo de 12 países, en el que participan 18 instituciones, que busca

establecerse como un repositorio que reúne laboratorios tanto virtuales como remotos a los cuales se puede acceder de forma gratuita por cualquier centro de enseñanza. El proyecto busca alentar a los estudiantes a involucrarse en la cultura de hacer ciencia (De Jong y otros, 2014). Ofrece prácticas de mecánica, óptica, electromagnetismo, principio de Arquímedes y dispone de un LR que permite operar el Telescopio Foulkes.

El proyecto Go-Lab finalizó en el 2016 y se continuó mediante el proyecto Next-Lab. En el portal del proyecto se ofrecen diversos tipos de actividades de aprendizaje basadas en la investigación (Rodríguez-Triana, Vozniuk y Gillet, 2016) que tienen como finalidad promover la investigación mediante laboratorios en línea tanto virtuales como remotos a través de su portal interactivo de aprendizaje creado con el fin de que los estudiantes y profesores tengan acceso a temas relacionados con la ciencia, la tecnología y las matemáticas. En la Figura 3.19, se muestra la página principal de este proyecto.



**Figura 3.19.** Página de inicio del proyecto Go-Lab (<http://www.golabz.eu/>).

En el sitio de Go-Lab los docentes tienen la posibilidad de crear clases en línea, organizando el tema en lecciones y utilizando diferentes procesos que el

mismo proyecto brinda. Actualmente el portal contiene 488 laboratorios, 624 espacios de investigación y 42 aplicaciones educativas.

**3.1.12. iLabCentral:** Es una experiencia remota de radiactividad de la Universidad de Queensland en Australia. Este LR permite medir la radiación de una muestra de Estroncio-90 radiactivo a diferentes distancias utilizando un contador Geiger, y se puede observar en tiempo real lo que ocurre en la práctica por medio de una cámara web (Jona y otros, 2011). La práctica permite trabajar con un elemento radiactivo sin los riesgos que esto conlleva. En el sitio del proyecto solo se brinda una descripción de la experiencia; los datos obtenidos para cada distancia con la que se trabaja se pueden descargar en varios formatos de imágenes o en PDF. En la Figura 3.20 se muestra una captura de pantalla del equipo físico del experimento.



**Figura 3.20.** Captura de pantalla iLabCentral.

(<https://labs.labsland.com/radioactivity/recorded/>)

### 3.1.13. Nuevos proyectos de LR en Latinoamérica

Recientemente en la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia ha sido desarrollado un experimento remoto sobre difracción de la luz. Esta experiencia fue validada con estudiantes de la escuela media (Molina, Calvo y Pamplona, 2017).

En la Universidad Estadual do Sudoeste da Bahía (UESB), ha sido automatizado un giroscopio para realizar estudios sobre velocidad angular en la Licenciatura en Física; de esta forma los estudiantes pueden trabajar en esta experiencia de forma remota (Nunes de Oliveira y otros, 2016). En la Figura 3.21 se muestra la página principal de este LR.



**Figura 3.21.** Página inicial del Giroscopio de la UESB.

(<http://girosoft.uesb.br/resources/pages/visitante/sobreVisitante.xhtml>)

En la Universidad Federal de Uberlândia en Brasil, ha sido desarrollado un LR sobre el Experimento de Thomson, el cual permite determinar la relación carga/masa del electrón (Cardoso, 2016).

En Ecuador se desarrolló un LR como trabajo final de grado de un estudiante de la Universidad Tecnológica de Israel, diseñado con materiales de bajo costo, que permite realizar una experiencia sobre caída libre (Álvaro, 2014). En su tesis de grado muestra desde el diseño hasta la validación de la práctica remota, sin embargo no se encontró material reciente para conocer el grado de avance de esta experiencia remota.

También en Ecuador en la Universidad Particular de Loja se ha desarrollado un LR sobre péndulo simple para ser utilizado en los cursos de física que se ofrecen en la modalidad abierta y a distancia, teniendo como objetivo el fortalecimiento de la EaD que ofrece esta institución (Carrera, 2017).

Por último, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA), se ha anunciado el desarrollo del Laboratorio Remoto de Óptica-Ondas-Resonancia con tres experiencias de acceso remoto que permitirán estudiar los fenómenos de la superposición, interferencia y difracción de la luz y de las ondas sonoras (Aveleyra, Villafañe y Proyetti, 2016).

#### **3.1.14. Características generales de los proyectos de LR descritos**

Con el fin de sintetizar algunos aspectos relevantes de los LR que se han descrito en esta sección, se resumió sus características en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Caracterización de proyectos de LR relevados.

Proyecto de LR	País	Número de prácticas de física	Nivel educativo	Áreas temáticas	Apoyos educativos
VISIR	Suecia	Depende del usuario	Universitario y secundario	Circuitos eléctricos.	Manuales de uso. Acceso con dispositivos móviles.
RemLabNet	República Checa Eslovaquia	16	Universitario y secundario	Mecánica. Circuitos eléctricos. Magnetismo. Óptica. Física moderna.	Guías de uso. Videos explicativos. Acceso con dispositivos móviles.
e-Laboratory project	República Checa	22	Universitario y secundario	Mecánica. Circuitos eléctricos. Magnetismo. Óptica.	Secuencias didácticas. Acceso con dispositivos móviles.

				Física. moderna	
WebLab-Deusto	España	5	Universitario	Mecánica. Circuitos eléctricos.	Guías de usuario. Manuales técnicos. Videos explicativos. Acceso con dispositivos móviles.
Grupo Galileo	Argentina	3	Universitario	Mecánica. Circuitos eléctricos. Magnetismo.	Descripción de experiencias. Guías didácticas.
Physil@b	Colombia	4	Universitario	Mecánica.	Un libro integrador entre teoría y experimentación, simulación y experimentación remota.
Laboratorio Remoto FCEIA	Argentina	3	Universitario	Circuitos eléctricos. Circuitos electrónicos. Energía solar.	Apoyo con la plataforma educativa. Acceso con dispositivos móviles.

RexLab	Brasil	6	Universitario y secundaria	Mecánica. Circuitos eléctricos. Óptica.	Manuales técnicos y didácticos. Apoyo con la plataforma MOODLE. Secuencias didácticas para el uso de las diferentes prácticas ofrecidas.
UNEDLabs	España	8	Universitario	Mecánica. Óptica.	Manuales de uso y guías didácticas. Apoyo con la plataforma MOODLE.
Labshare	Australia	1	Universitario	Ondas	Videos explicativos. Descripción de experimentos.
iLabCentral	Australia	1	Universitario	Radiactividad	Descripción de la experiencia.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.15. Tendencias actuales en los proyectos de LR**

El progreso tecnológico está marcando nuevas tendencias en el desarrollo de experimentos de acceso remoto, por ejemplo hay LR que combinan el experimento a distancia con Realidad Aumentada (RA) lo que aumenta la sensación de realismo de la experiencia, en este sentido en la Universidad de Huelva han logrado desarrollar el Laboratorio Remoto Aumentado destinado a la enseñanza de la ingeniería (Andújar, Mejías, y Márquez, 2011), combinando el acceso remoto con la RA lo que permite una integración incipiente de ambas tecnologías.

Una tendencia actual en los LR es permitir el acceso desde diferentes dispositivos (multiplataforma) que no requieran de la instalación de complementos, de tal forma que el proceso de ingreso y registro sea lo más sencillo e intuitivo y que el LR pueda servir realmente de apoyo al aprendizaje autónomo.

Otra tendencia que se ha registrado en los últimos años es la cooperación entre equipos de distintos países lo que permite aumentar los experimentos disponibles y aprovechar la experiencia de los distintos grupos de trabajo; además de permitir la experimentación remota en instituciones que no disponen de estos recursos educativos como ha sido el caso de la UNED de Costa Rica que utiliza los LR del Grupo Galileo de la UNL (Arguedas, Ureña y Conejo, 2016).

De la Torre, Sánchez y Dormido (2016) indican que en el futuro cercano la forma de compartir los LR será mucho más fácil, lo que permitirá un mayor impacto de los mismos.

Con el caso específico del LR VISIR se están dando los primeros pasos para establecer una federación de este LR, a través del proyecto PILAR para facilitar el trabajo con circuitos eléctricos tanto en la escuela media como en la universidad (Kreiter y otros, 2017). Esta tendencia constituye un camino alentador para el uso compartido de recursos en el formato de una federación de laboratorios remotos, ya iniciada en el ámbito entre Brasil y Argentina en conjunto con centros de la Unión Europea (Alves y otros, 2016). Además se ha establecido en el ámbito latinoamericano una cooperación entre dos

universidades de Argentina (Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Rosario) y la UNED de Costa Rica (Arguedas, Concari y Ureña, 2016).

En una nueva revisión, posterior al proceso realizado en la sección 3.1, se identificaron dos nuevas prácticas de acceso remoto. Una de ellas fue desarrollada en la Universidad de Múnich, enfocada en la espectrometría óptica (Thoms y Girwidz, 2017) y a pesar de ser una práctica muy nueva está disponible en nueve idiomas, entre ellos el español, además no se exige un usuario y contraseña para trabajar en este LR.

La otra práctica, alojada en la Universidad Hassan II Casablanca de Marruecos, permite una comprobación experimental de la Ley de Hooke (Ahmed, Yassine, Mohamed, Youness y Ahmed, 2017).

Estos desarrollos muestran, por un lado, una tendencia hacia la conformación de nuevos LR, y por otro, que estos recursos puedan ser utilizados por usuarios de diferentes partes del mundo sin la necesidad de un registro previo.

Por último, recientemente ha sido creada la empresa LabsLand por investigadores de WebLab-Deusto, con la cual se busca incrementar el impacto de los LR en la enseñanza. Se trata de una plataforma que permite compartir experimentos de acceso remoto de diferentes instituciones con una visión de economía compartida (Orduña y otros, 2017).

### **3.2. Resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a estudiantes**

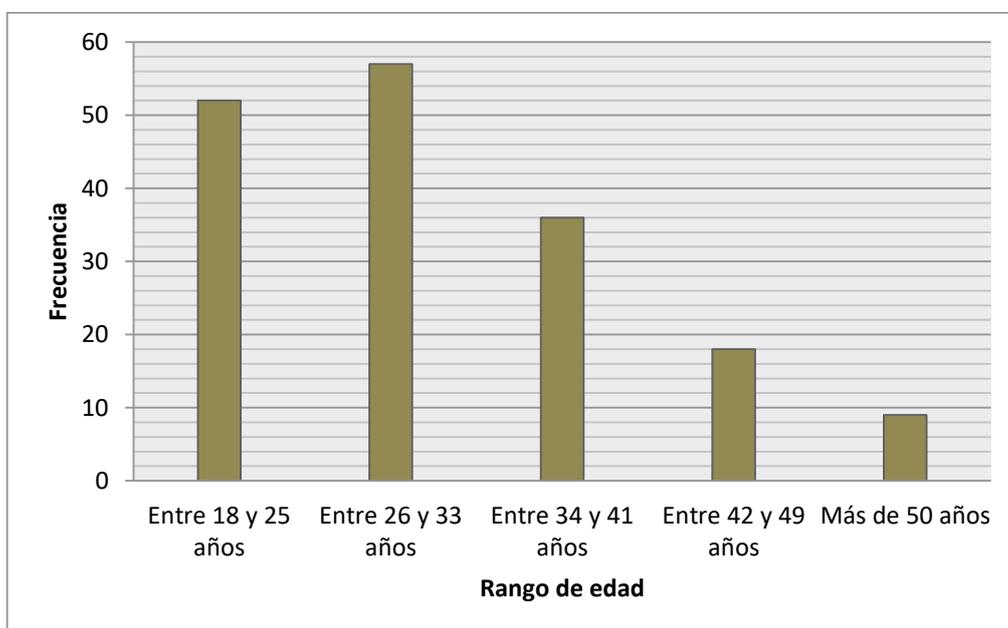
En las siguientes secciones se presentan los resultados y análisis de las respuestas recabadas correspondientes a las tres partes del instrumento completado por estudiantes de la UNED, reproducido en el Anexo 2: datos generales de los estudiantes de la muestra; características de la conectividad y el acceso a Internet, y percepciones sobre los LR.

### 3.2.1. Datos generales

Se ha obtenido una muestra estadísticamente significativa de la población (N= 592), ya que han participado 172 estudiantes, por lo que el nivel de confianza es del 95% con una incertidumbre del 7%, tal como fue calculado en la sección 2.2.

En relación con la edad, el 33,1% (n= 57) se ubica en el rango comprendido entre 26 y 33 años, un 30,2% (n= 52) en el rango de 18 a 25 años, un 20,9% (n= 36) entre los 34 y 41 años, un 10,5% (n= 18) entre los 42 y 49 años y solo un 5,2% (n= 9) tiene más de 50 años.

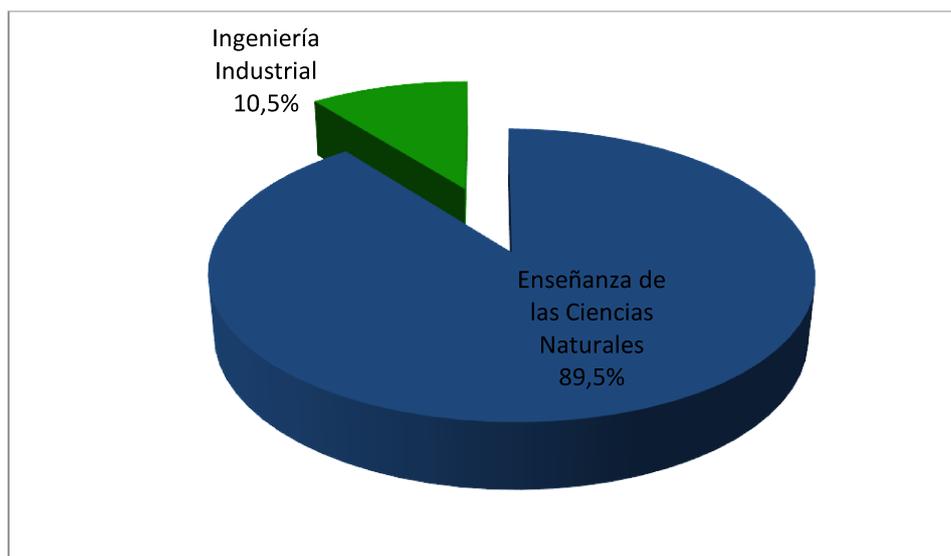
Como se muestra en la Figura 3.22, el 63,4% corresponde a edades comprendidas entre los 18 y los 33 años, lo que está en consonancia con la edad típica de la población de la UNED (Figura 1.6), lo que refleja, por un lado, que la muestra de estudiantes se corresponde con las características de edad de la población, y por otro lado, que en la actualidad la población estudiantil es relativamente joven.



**Figura 3.22.** Distribución por rango de edad para la muestra de estudiantes.

En relación con la carrera en que se encuentran matriculados los estudiantes de la muestra, un 89,5% (n= 154) pertenecen a la carrera de Enseñanza de las

Ciencias Naturales y 10,5% (n= 18) a Ingeniería Industrial (Figura 3.23). Según los datos obtenidos en el Sistema de Estadísticas de Matricula de la UNED, la proporción de estudiantes de ambas carreras en toda la UNED es similar: Enseñanza de las Ciencias tiene un total de 509 estudiantes matriculados e Ingeniería Industrial 83 estudiantes, lo que representa el 86,0% y 14,0% respectivamente.



**Figura 3.23.** Procedencia según la carrera de estudio.

El porcentaje de estudiantes de Ingeniería Industrial es bajo, debido a que es una carrera nueva en la UNED; la primera cohorte se inició en el año 2015, sin embargo se debe tener presente que los estudiantes de ingeniería requieren cada vez más el uso de recursos tecnológicos en su etapa estudiantil para aplicarlos satisfactoriamente en su futura labor profesional, de allí el interés en su participación en este estudio.

En relación con la carrera Enseñanza de las Ciencias Naturales, la misma se ofrece desde el año 1993; es una carrera destinada a formar docentes para la enseñanza de las ciencias básicas (Física, Química y Biología) en secundaria. Los egresados de esta carrera serán los profesionales responsables de la formación de los ciudadanos que se desempeñarán en la sociedad del conocimiento. Por ello, entre otras razones, se requiere cada vez más de la incorporación de recursos TIC en el proceso educativo, por lo que el uso de un

LR en la formación de estos futuros profesionales es acorde a las necesidades que exige la sociedad actual, además de que puedan conocer este recurso con miras de que puedan utilizarlo en su futura labor docente.

Con respecto al CeU en el que se encuentran matriculados los participantes, éstos provienen de 31 CeU diferentes, pero sólo en cuatro de ellos se brindan tutorías presenciales de laboratorio. En la Tabla 3.2 se muestra la cantidad de estudiantes que asisten a las tutorías presenciales según el CeU donde éstas se ofrecen.

**Tabla 3.2.** Cantidad de estudiantes que asisten a los CeU donde se brindan tutorías presenciales.

<b>Centro Universitario</b>	<b>Cantidad de estudiantes que asisten</b>
Alajuela	53
San José	73
San Isidro	42
Sede Interuniversitaria de Alajuela	4
Total	172

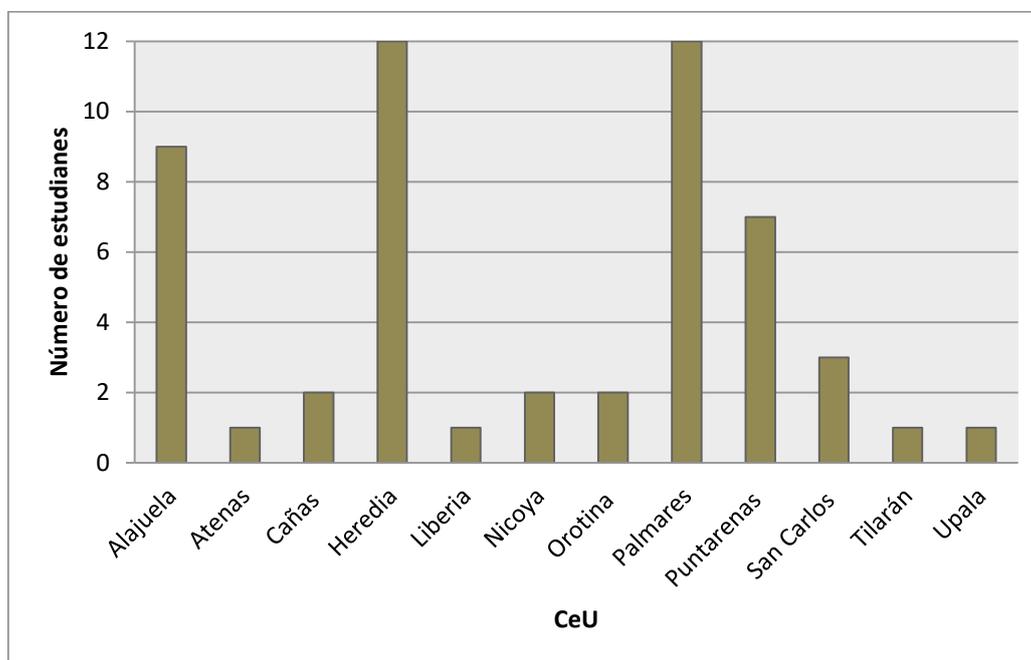
Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes de la muestra en la Tabla 3.2 provienen de CeU distribuidos en todo el país, sin embargo a excepción de las tutorías que se brindan en el CeU de San Isidro, en el sur del país, las demás tutorías se concentran en la región central de Costa Rica y parte de la muestra debe viajar grandes distancias para asistir a la tutoría presencial.

La única excepción es la muestra que asiste al CeU Sede Interuniversitaria de Alajuela ya que el 100% de la misma se encuentra matriculada en este mismo centro. A continuación se muestran los resultados de los tres CeU en los que se brindan tutorías presenciales de física.

Al CeU de Alajuela asiste el 30,8% de la muestra (n= 53), los estudiantes provienen de doce CeU incluyendo los matriculados en éste. En la Figura 3.24

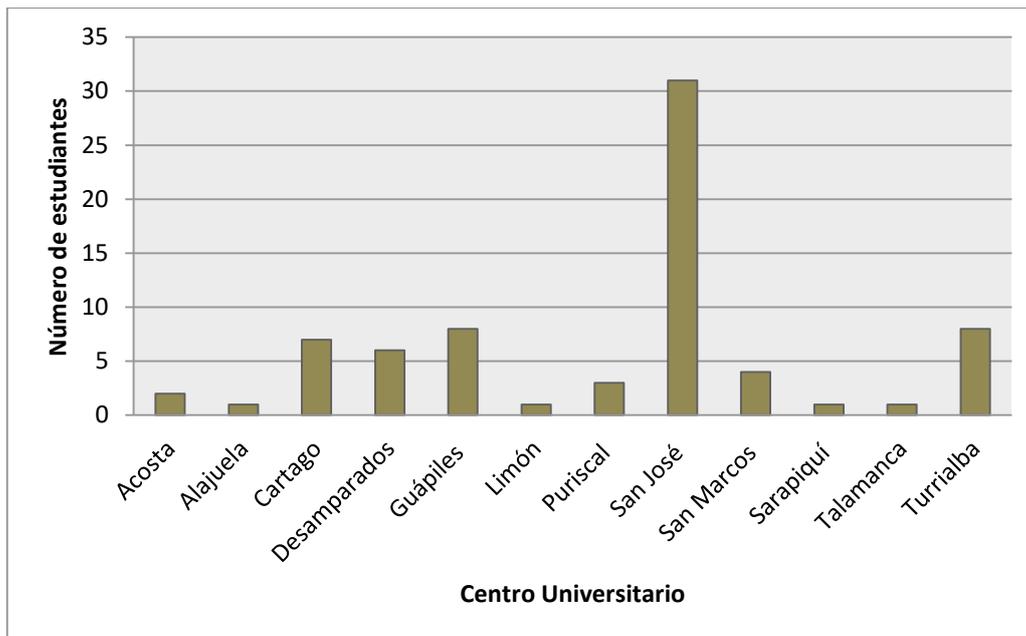
se muestra la distribución de estudiantes que asisten a las tutorías presenciales que se ofrecen en el CeU de Alajuela.



**Figura 3.24.** Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías ofrecidas en el CeU de Alajuela.

En la Figura 3.24 se observa que los CeU que presentan mayor frecuencia son los correspondientes a Heredia y Palmares ( $n= 12$ ) seguidos de Alajuela ( $n= 9$ ) y Puntarenas ( $n= 7$ ). Cabe señalar que las tutorías presenciales se desarrollan en Alajuela debido a que allí se ubica el laboratorio de física, sin embargo actualmente se encuentran en construcción los recintos de laboratorio en los CeU de Heredia, Palmares, Puntarenas, San Carlos, Liberia, Cañas y Santa Cruz (UNED, 2012), por lo que en un futuro próximo se podrán brindar tutorías también en estos CeU (ver Tabla 1.3).

Al CeU de San José asiste el 42,4% de la muestra ( $n= 73$ ), los estudiantes que asisten a tutorías presencias al CeU de San José se muestran en la Figura 3.25, según del CeU del que provienen.

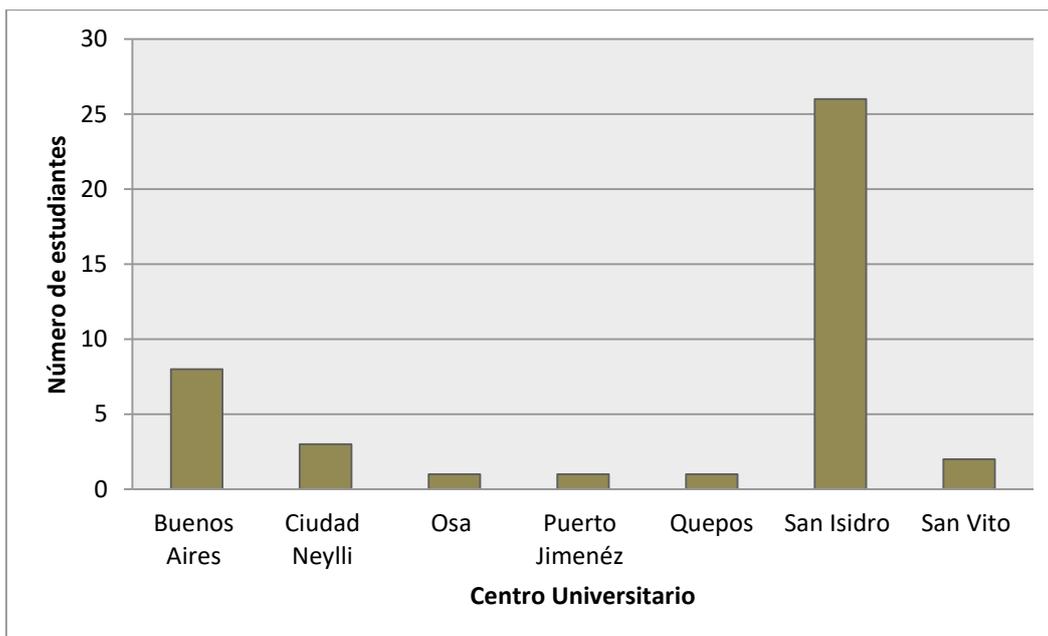


**Figura 3.25.** Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías ofrecidas en el CeU de San José.

De los estudiantes que asisten a estas tutorías presenciales, el 42,5% (n= 31) se encuentra matriculado en este centro, es decir el 57,5% se encuentra matriculado en otros CeU; incluso se trata de estudiantes provenientes de otras provincias, como Cartago y Limón.

Se presentó el caso de un estudiante que se encuentra matriculado en el CeU de la Alajuela (Figura 3.25), donde se brinda tutoría presencial, que asiste al CeU de San José para realizar las prácticas de laboratorio. Cuando un estudiante tiene alguna situación particular y no puede asistir a las tutorías presenciales, la coordinación de la cátedra de física le puede autorizar la asistencia a otro CeU con el fin de que pueda participar en las actividades presenciales que son de carácter obligatorio.

En relación con los estudiantes que asisten al CeU de San Isidro, un 24,4% (n= 42) de estudiantes de la muestra asiste a este CeU, los mismos provienen de siete CeU incluyendo a San Isidro. En la Figura 3.26 se puede ver la distribución de los estudiantes que asisten a este CeU.

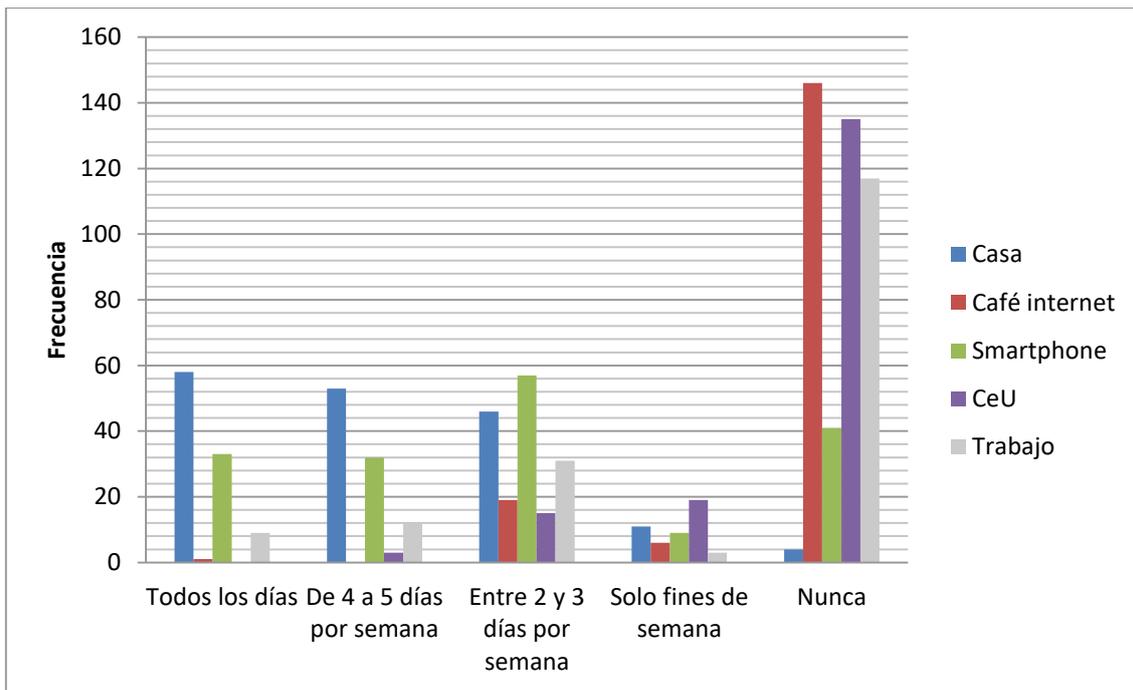


**Figura 3.26.** Procedencia de los estudiantes que asisten a tutorías al CeU de San Isidro.

De los estudiantes que asisten a este CeU, el 61,9% (n= 26) se encuentran matriculados en él, seguido de los estudiantes del CeU de Buenos Aires con un 19,0 % (n= 8), cabe señalar que en la actualidad estas tutorías presenciales se desarrollan en las instalaciones de la Universidad Nacional de Costa Rica sede Pérez Zeledón, debido a que este CeU no posee recintos de laboratorios, pero se están construyendo allí laboratorios de ciencias (Física, Química y Biología) (ver Tabla 1.3).

### 3.2.2. Acceso y conectividad

Para determinar los hábitos de ingreso de los estudiantes a la plataforma virtual del curso y el lugar desde donde lo hacen, se planteó una pregunta en forma de Grilla; los resultados se presentan en la Figura 3.27.



**Figura 3.27.** Relación entre la frecuencia de ingreso a la plataforma virtual por lugar de acceso.

Como se aprecia en la Figura 3.27, la frecuencia más alta de ingreso al entorno virtual se da desde la casa y desde el Smartphone, y en menor medida desde el trabajo. Con un ingreso de 4 a 5 días a la semana, la mayor frecuencia se da desde esos mismos lugares y aparece en este rango en menor medida el ingreso desde el CeU. Con un ingreso entre 2 y 3 días a la semana el mayor registro se presenta desde el Smartphone, la casa y el trabajo, mientras que se incrementa el ingreso desde el CeU y desde el café Internet. Cabe señalar que de los datos de acceso de la UNED, se desprende que es en este rango de días cuando se registra la mayor concentración de ingreso al entorno virtual del curso.

Para la opción: sólo los fines de semana, la mayor frecuencia de ingreso se presenta desde el CeU, esto podría ser explicado por el hecho de que los estudiantes deben asistir a las tutorías presenciales al CeU y aprovechan para acceder, el Internet a través del *Wifi* o las salas de computación del CeU.

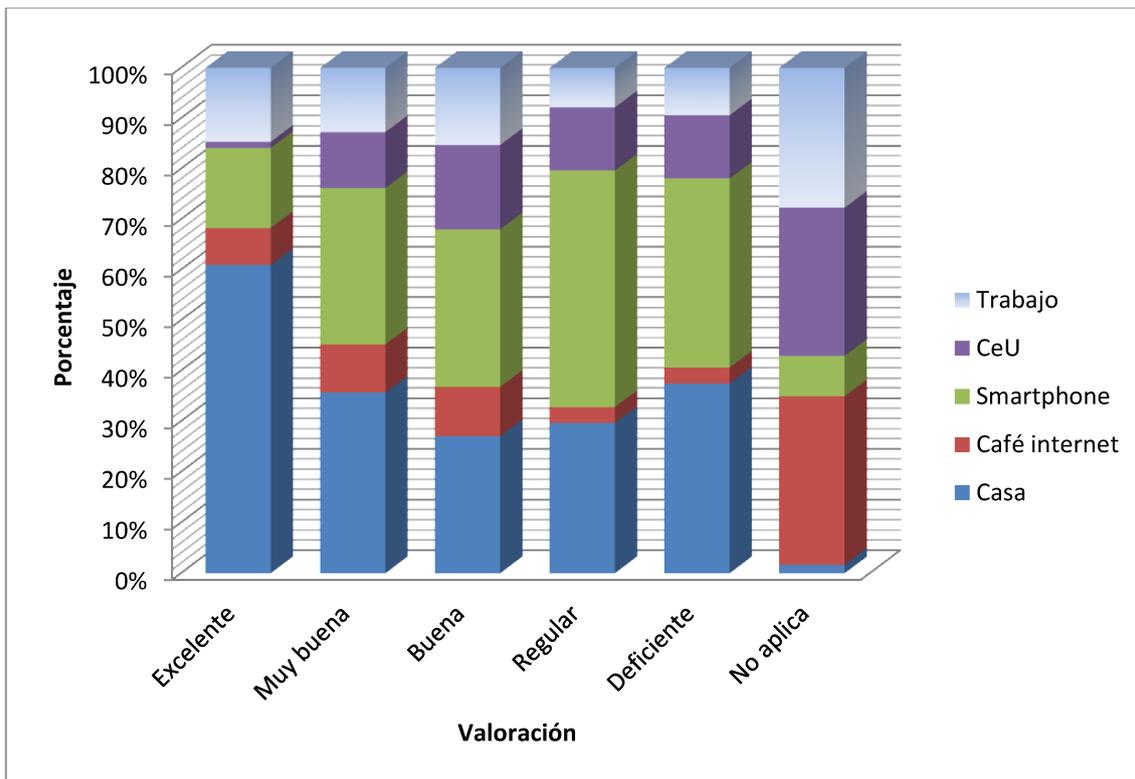
En relación al lugar desde donde nunca ingresan al entorno virtual, la mayor frecuencia se da para el café Internet, seguido del CeU, el trabajo, el Smartphone y por último desde la casa.

Adicionalmente a la Grilla, se les solicitó “Comentar cualquier clarificación que creas necesaria acerca de tus respuestas”, éste no era un requerimiento obligatorio, sin embargo se obtuvieron 16 comentarios. A continuación se presentan algunos de ellos:

- *Para ingresar al curso utilizo el celular y la computadora, el celular sólo para revisar mensajes de los foros o correos internos y en la computadora cuando debo realizar alguna participación o trabajo.*
- *En el centro universitario uso el laboratorio de cómputo para hacer algún trabajo.*
- *Sólo Internet de celular.*
- *Por facilidad sólo ingreso desde la casa y el trabajo.*
- *Una de mis limitaciones es el Internet, ya que vivo en una zona donde no hay un Internet estable.*
- *Sólo los fines de semana que viajo al centro universitario 13, ingreso al curso y aprovecho para imprimir trabajos.*
- *Mala señal de Internet por ubicación geográfica.*
- *No tengo en casa Internet ni computadora por ello marqué nunca, más que nada me la juego con el celular, trabajo en el campo y cuando voy al centro no me alcanza el tiempo.*
- *No cuento con computadora en la casa.*

Aquellos estudiantes que no cuentan con computadora en su casa y no pueden asistir al CeU más cercano, optan por utilizar el Smartphone.

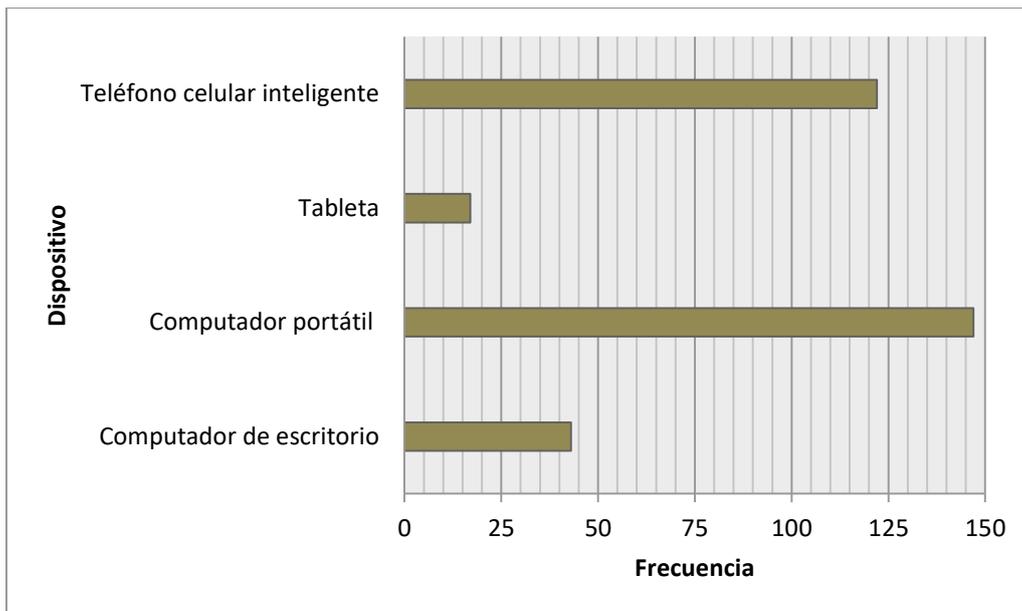
En relación con la velocidad de Internet con la que los estudiantes cuentan en los lugares y con los dispositivos con los que ingresan al entorno virtual, en la Figura 3.28, se muestra que la casa y el Smartphone presentan los valores más altos con excelente y muy buena velocidad de conexión.



**Figura 3.28.** Percepción de la velocidad de Internet según el sitio de ingreso.

Además queda claro que el café Internet, el CeU y el trabajo no son lugares habituales desde los que ingresan al entorno del curso. Por otra parte, son muy pocos los estudiantes de la muestra que no ingresan desde una computadora en su casa o desde el Smartphone.

Con la intención de determinar los diferentes dispositivos con los que cuentan los estudiantes, se planteó una pregunta de opción múltiple, en la cual debían elegir los dispositivos que utilizan para ingresar al LMS del curso, obteniéndose que un 85,5% (n= 147) cuenta con computadora portátil y un 70,9% (n= 122) con teléfono celular inteligente o Smartphone y, en porcentajes menores, con una computadora de escritorio (25%) y tabletas (9,9%). Cabe destacar que gran parte de los estudiantes cuenta con más de un dispositivo para ingresar al entorno del curso. Estos resultados se muestran en la Figura 3.29.



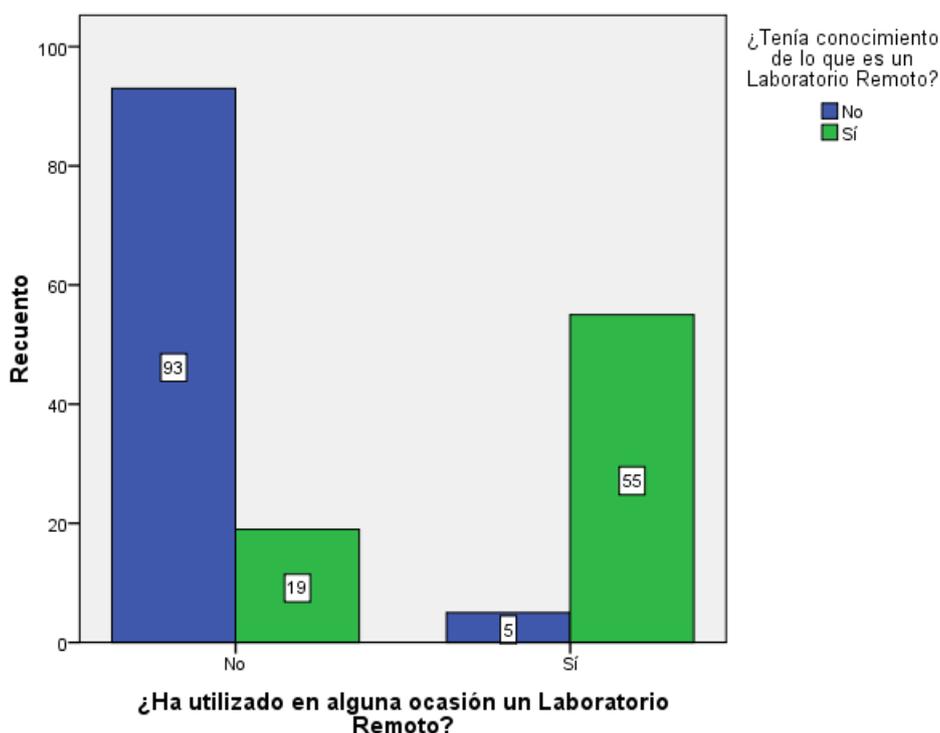
**Figura 3.29.** Dispositivo con el que ingresan los estudiantes al entorno del curso.

Se puede inferir de la Figura 3.29 que los estudiantes de la muestra que poseen computadora de escritorio son muy pocos en relación con los que tienen una computadora portátil o un Smartphone. Esta tendencia de los jóvenes a disponer de dispositivos móviles para ingresar a los entornos virtuales y para realizar sus trabajos es creciente.

### 3.2.3. Laboratorio Remoto

Antes de responder las preguntas que se formularon sobre los LR, se les solicitó a los encuestados, visualizar un video en el que se explica qué es un LR, con el fin de que no se presentaran confusiones entre este recurso y un laboratorio virtual.

Entre los resultados se destaca que un 57,0% (n= 98) no tenía conocimientos de estos recursos mientras que el 43,0% (n= 74) si los conocía, sin embargo sólo un 34,9% (n= 60) había utilizado un LR antes en alguna ocasión. En la Figura 3.30 se muestra la relación entre las respuestas a las preguntas: ¿Tenía conocimiento de lo que es un LR? y ¿Ha utilizado en alguna ocasión un LR?



**Figura 3.30.** Relación entre el conocimiento que tenían los estudiantes de la muestra sobre lo que es un LR y el uso que han hecho antes de este recurso.

De la Figura 3.30 se aprecia que cinco estudiantes que ya habían utilizado un LR no tenían conocimiento de que se trataba de un experimento real. Al utilizar este tipo de recurso se debe aclarar que es una experiencia real y no una simulación; tanto en los materiales que se suministren como en los encuentros presenciales de laboratorio es necesario aclarar los detalles específicos del LR a utilizar, para que el estudiante comprenda que utiliza una práctica real y no una simulación.

En relación a la carrera en la que se encuentran matriculados los estudiantes de la muestra que han utilizado un LR se obtuvo que el 98,3% (n= 59) son de Enseñanza de las Ciencias Naturales, estos datos se muestran en la Tabla 3.3.

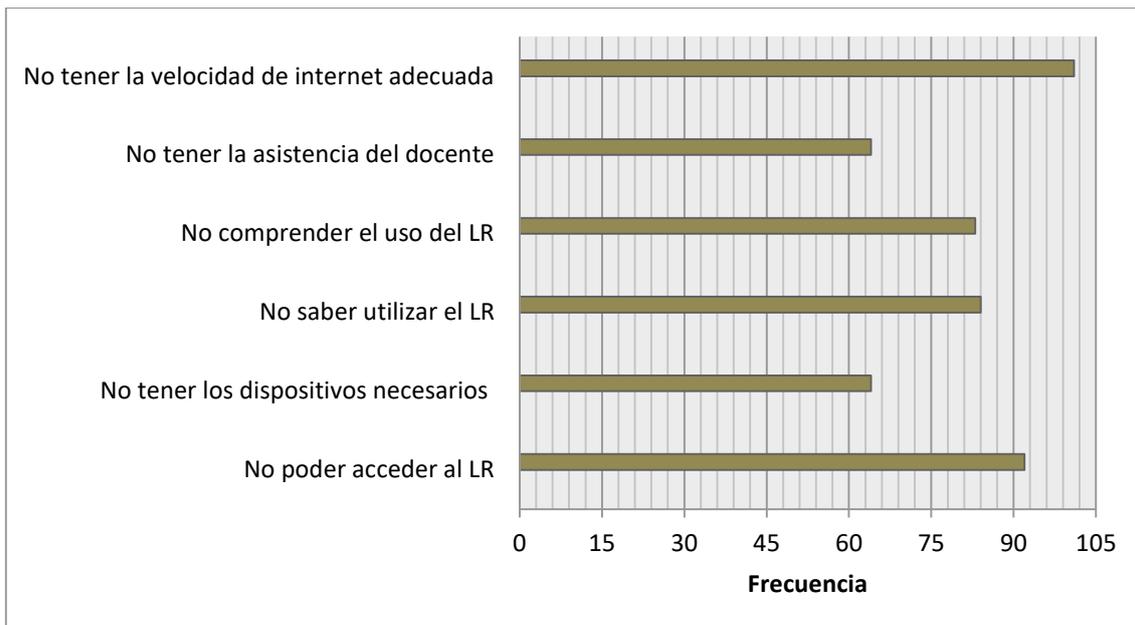
**Tabla. 3.3.** Uso del LR en relación con la carrera que cursan.

Pregunta		Carrera en la que se encuentra matriculado		Total
		Enseñanza de las Ciencias Naturales	Ingeniería Industrial	
¿Ha utilizado en alguna ocasión un Laboratorio Remoto?	No	95	17	112
	Sí	59	1	60
Total		154	18	172

Se obtuvo que la utilización del LR está asociado a la carrera en la que se encuentra matriculado el estudiante ( $p= 0,006$ ), este hallazgo se puede deber a que en la carrera Enseñanza de las Ciencias Naturales se han utilizado LR desde el año 2014 en dos cursos diferentes y en Ingeniería Industrial la primera vez que se usó fue en el año 2016, por lo cual es de esperar que el hecho de haber utilizado una experiencia remota esté asociado a la carrera.

Más de un tercio de los estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales (38,3%) han utilizado antes LR, mientras que sólo un estudiante de Ingeniería Industrial (5,5%) lo ha hecho.

Además se le solicitó a cada estudiante de la muestra que indicara las tres dificultades que tuvo (o considera que podría tener) al trabajar con un LR; los resultados a este interrogante se muestran en la Figura 3.31.



**Figura 3.31.** Dificultades que tuvo o considera que puede tener al utilizar un LR.

Se puede ver en la Figura 3.31, que las opciones que tienen los porcentajes más elevados son los referidos a la velocidad de conexión, siendo esto, un problema que se presenta en algunos lugares del país.

Las otras dificultades percibidas se relacionan con cuestiones de enseñanza y de aprendizaje, que podrían ser resueltas a través de acciones diversas, tales como un acompañamiento adecuado del docente tanto en la plataforma virtual, como en las tutorías presenciales o planificando tutorías virtuales, ya que la UNED cuenta con herramientas para este tipo de interacción que puede ayudar a fortalecer el uso de estos recursos en la EaD. Al respecto, Culzoni (2013) indica que una buena interacción entre alumnos y tutores permite resolver problemas que se presentan durante el uso de estos recursos educativos.

La Tabla 3.4 muestra la distribución de las respuestas presentadas en la Figura 3.31 con el hecho de haber utilizado o no un LR.

**Tabla 3.4.** Dificultades que tuvo o podría tener en relación a la utilización o no de un LR previamente.

Justificaciones a las respuestas	Ha utilizado antes un LR		Total
	No	Sí	
No comprender el uso del LR	50	33	83
No poder acceder al LR	51	41	92
No saber utilizar el LR	32	18	50
No tener la asistencia del docente	46	18	64
No tener la velocidad de Internet adecuada	72	29	101
No tener los dispositivos necesarios	53	11	64
Total	304	150	454

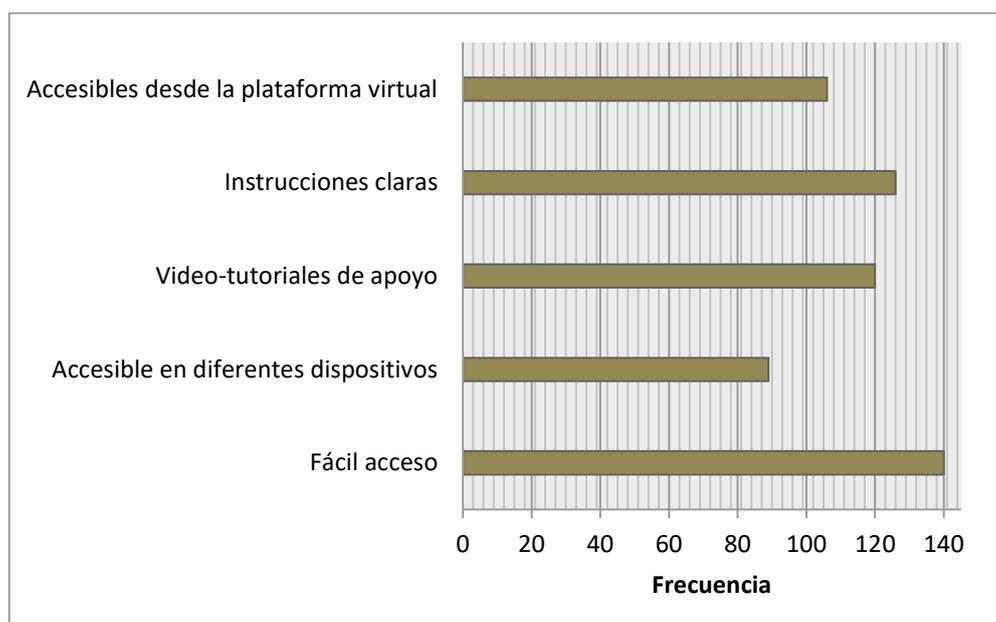
Se encontró que existe una asociación estadísticamente significativa ( $p= 0,005$ ) entre las respuestas a las opciones y el hecho de haber utilizado o no un LR. La Tabla 3.4 muestra que en las respuestas de los estudiantes que ya han utilizado un LR las frecuencias más altas las presentan las opciones: No poder acceder al LR ( $f= 41$ ) y no comprender el uso del LR ( $f= 33$ ); éstas son dificultades propias del LR utilizado, en el que los estudiantes debían instalar complementos y actualizar el JAVA para poder realizar la práctica propuesta, lo que ocasionó problemas para el ingreso al entorno del LR (Arguedas, Ureña y Conejo, 2016).

Las preocupaciones que presentan mayor frecuencia en los estudiantes que no han utilizando un LR están en no tener la velocidad de Internet adecuada ( $f= 72$ ), no tener los dispositivos necesarios ( $f= 53$ ) y no poder acceder al LR (51), aspectos que se vinculan sólo con las cuestiones técnicas.

En la opción “Otro” de esta pregunta se mencionaron dificultades diversas tales como:

- *Que no se brinde el tiempo necesario para la realización.*
- *Cuando está en otro idioma afecta el aprovechamiento del mismo.*
- *Los que he utilizado en la UNED son terribles, el ingreso es muy complejo.*
- *Que no funcione el equipo del LR por ejemplo la Webcam.*
- *Al fallar la conexión durante la práctica los resultados no se guardan y se debe empezar de cero.*
- *Un problema que se me presentó al utilizarlo es que en las computadoras del centro no se pueden bajar complementos requeridos.*
- *No poder realizarlos en el celular, ya que donde vivo no tengo electricidad ni Internet, solo el celular y no se pueden realizar en celulares.*
- *Las instrucciones de uso no son claras, el LR que utilicé es muy difícil de usar, no fue de mi agrado.*

Para atender algunos de los problemas que se pueden presentar al utilizar un LR desde la mirada de los usuarios, se les pidió a los estudiantes elegir tres características que les gustaría que tuviera el LR de la UNED. La distribución de respuestas se muestra en la Figura 3.32.

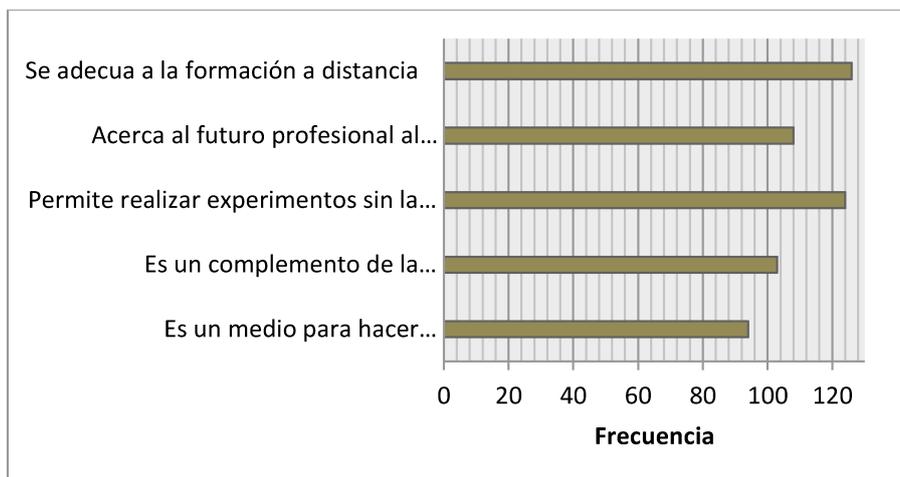


**Figura 3.32.** Características deseables para el LR de la UNED.

La característica mencionada con mayor frecuencia es la referente a la facilidad de acceso (n= 140), lo que equivale a un 81,4%, seguido de instrucciones claras con un 73,3% (n= 126), que contenga video-tutoriales de apoyo fue señalado por 120 participantes (69,8%), que sea accesible desde la plataforma virtual y accesible desde diferentes dispositivos tuvieron porcentajes de 61,6% y 51,7% respectivamente. Además se indicaron otras opciones que les gustaría del LR, como las que se detallan a continuación.

- *Asistencia constante del tutor.*
- *Que sea lo más real posible.*
- *Que sea accesible no solo en distintos dispositivos, sino en diferentes navegadores de Internet, además que sea posible visualizar desde el computador lo que está sucediendo sin hacer complicados procedimientos en el computador para activar la cámara remota (además que en ocasiones he intentado visualizarlo y por más que intento nunca me lo permite, lo que deja el laboratorio en un simple programa sin experiencia real).*
- *Una webcam funcional para observar el experimento y no solamente obtener datos.*
- *Que las indicaciones sean en español, así como internamente los comandos dentro del LR.*

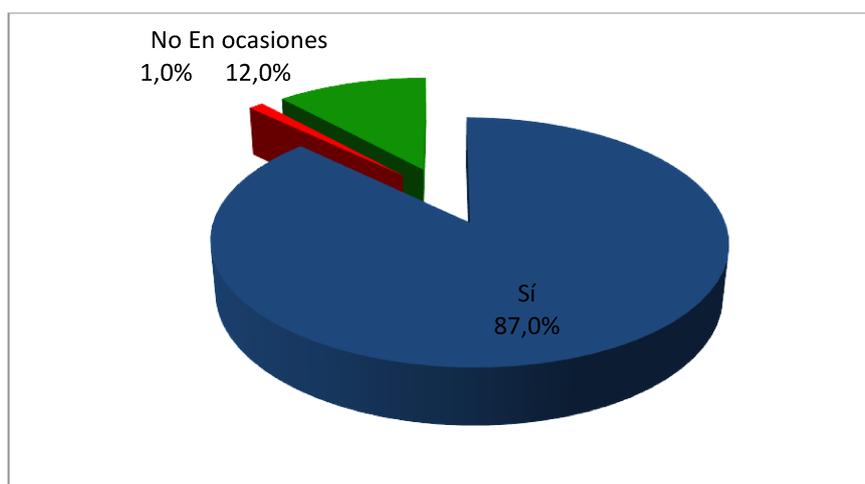
Se planteó la pregunta ¿Considera que el LR en la educación a distancia? En la misma podían elegir las opciones que consideraran convenientes, las opciones que presentaron mayor cantidad de respuestas fueron las referentes a que los LR se adecuan a la EaD (f= 126) y permiten realizar experimentos sin la necesidad de asistir al CeU (f= 124), estos resultados se muestran en la Figura 3.33.



**Figura 3.33.** Consideraciones de la muestra respecto al LR en la EaD.

Estos resultados muestran que los estudiantes consideran los LR como recursos adecuados para esta modalidad educativa, pese a que los LR que se han utilizado hasta el momento no son propios de la UNED y los recursos educativos que poseen están más enfocados a la educación presencial.

La pregunta final del cuestionario indicaba: ¿Considera importante utilizar recursos tecnológicos en el trabajo experimental en su formación universitaria? ¿Por qué?, se obtuvo que el 87,0% (n= 150) indicó que sí, mientras que el 12,0% (n= 20) en ocasiones y sólo un 1,0% (n= 2) indicó que no es importante. La Figura 3.34 resume los resultados a esta pregunta.



**Figura 3.34.** Importancia de utilizar recursos tecnológicos en el trabajo experimental en la formación universitaria.

Los estudiantes que señalan que “No” consideran importante utilizar recursos tecnológicos en el trabajo experimental aducen las siguientes razones:

- *Si bien es bueno conocer y utilizar recursos tecnológicos éstos son muy difíciles de utilizar.*
- *No permiten tocar e interactuar con los equipos.*

Para analizar las respuestas positivas sobre la utilización de estos recursos, se utilizó el programa ATLAS.ti. Para ello se definieron categorías emergentes las cuales se muestran en la Tabla 3.5 con sus respectivos resultados.

**Tabla 3.5.** Frecuencia de aparición de las categorías definidas.

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia de aparición</b>
Permiten la actualización del proceso de enseñanza y aprendizaje.	45
Promueven el aprendizaje.	37
Preparan para una futura práctica profesional.	30
Son un complemento.	30
Facilitan el trabajo experimental.	23
Son recursos muy visuales.	14
Permiten la innovación educativa.	11
Permiten el trabajo desde la casa.	8
Total	198

Fuente: Elaboración propia.

Según las categorías de la Tabla 3.5, la principal razón percibida por los estudiantes de la muestra para usar estas tecnologías en la enseñanza es que permiten actualizar el proceso de enseñanza y aprendizaje ( $f= 45$ ), promueven el aprendizaje ( $f= 37$ ), son un complemento y preparación para una futura práctica profesional y son un complemento ( $f= 30$ ). Cabe señalar que las TIC permiten fortalecer y actualizar el proceso de enseñanza y aprendizaje cuando

se utilizan de forma intencionada y con una planificación adecuada. En el caso específico de los LR, en un estudio reciente, Gómez, García y Díaz (2016) determinaron que los estudiantes consideran que el uso de estos recursos es útil en su formación y además les permite desarrollar competencias profesionales para una futura inserción laboral.

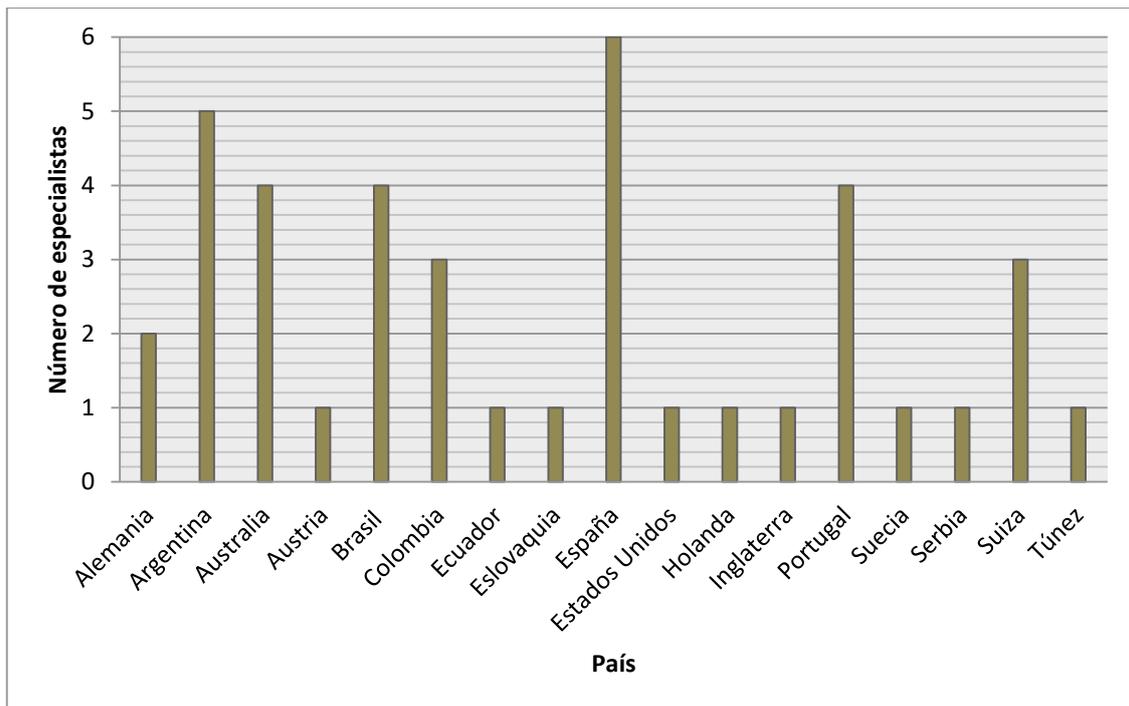
Un aspecto a resaltar es que a pesar de que la muestra está conformada por estudiantes de EaD, la categoría “Permiten el trabajo desde la casa” es la que presentó la frecuencia más baja.

### **3.3. Resultados obtenidos de la aplicación del instrumento dirigido a especialistas en LR**

En las siguientes secciones se presentan los resultados y análisis de la aplicación del instrumento completado por los especialistas en LR (Anexo 3), divididos en tres partes: datos generales de la muestra de especialistas, resultados referidos a aspectos tecnológicos de los LR, y resultados referidos a aspectos pedagógicos de los LR.

#### **3.3.1. Datos generales**

La muestra participante fue de 40 especialistas, de los cuales 23 contestaron el cuestionario en idioma inglés y 17 el correspondiente en idioma español, obteniéndose una edad promedio de 42 con una desviación estándar de 12 años. Son especialistas procedentes de 17 países como se muestra en la Figura 3.35.



**Figura 3.35.** Países de procedencia de los especialistas.

En relación a la distribución por país, hay una mayor participación de especialistas de España ( $n= 6$ ), seguido de Argentina ( $n= 5$ ). Con una frecuencia de cuatro participantes, se encuentran los países Australia, Brasil y Portugal. De Colombia y Suiza se tuvo la participación de tres especialistas de cada país. De Alemania participaron dos especialistas y por último completó el instrumento un solo participante de los siguientes países: Austria; Ecuador; Eslovaquia; Estados Unidos; Holanda; Inglaterra; Suecia; Serbia y Túnez.

Con respecto al grado académico de los especialistas, el 60% corresponde al grado de Doctor, el 25% Magister, Licenciado (10%) y por último se registró un técnico y un estudiante, tal como se muestra en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Grado académico de los especialistas.

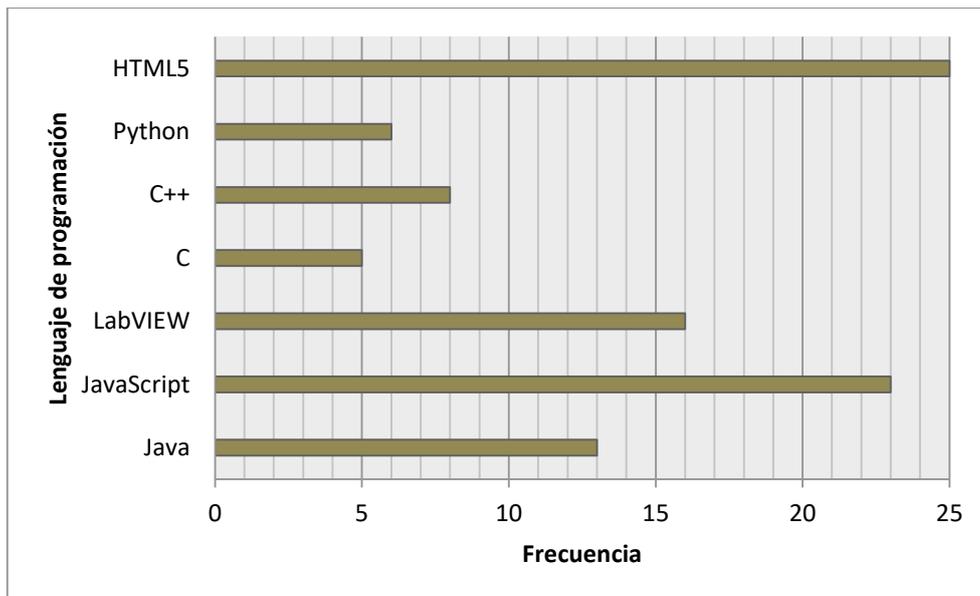
Grado académico	Frecuencia	Porcentaje
Doctor	24	60
Magister	10	25
Licenciado	4	10
Técnico	1	2,5
Estudiante	1	2,5
Total	40	100

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los datos de la Tabla 3.6, es de notar que todos los especialistas en LR consultados pertenecen a instituciones universitarias, y que el 95% de los mismos son académicos con experiencia y reconocimiento de sus pares.

### **3.3.2. Aspectos tecnológicos**

Con el fin de determinar el lenguaje de programación con el que se ha diseñado la aplicación web del LR en el que participan los especialistas, se planteó el interrogante: ¿En qué lenguaje de programación se ha elaborado la aplicación web de su Laboratorio Remoto?, en la Figura 3.36 se muestran los resultados obtenidos.



**Figura 3.36.** Lenguaje en el que se ha diseñado la aplicación web del LR.

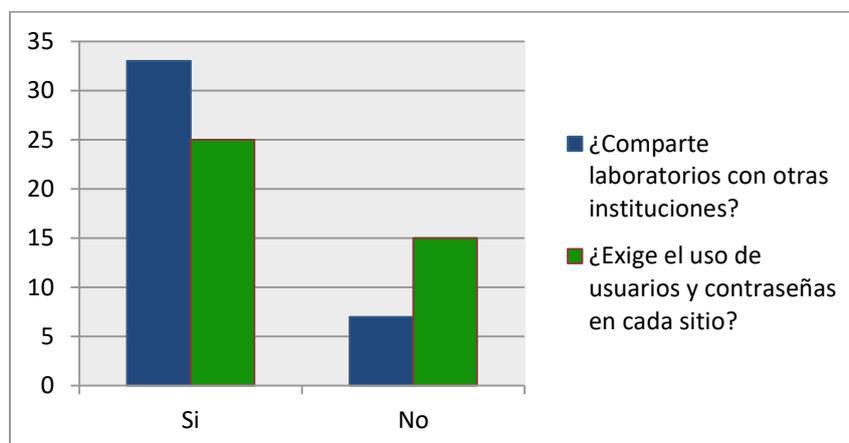
Con respecto al lenguaje de programación utilizado, hay preferencia por lenguajes HTML5, JavaScript y LabVIEW. Estos lenguajes permiten el acceso desde diferentes dispositivos. Con respecto a las ventajas que brinda el lenguaje utilizado señalan las siguientes:

- *Interfaces amigables (LabVIEW, C++).*
- *Compatibilidad con hardware (LabVIEW).*
- *Una interface gráfica muy buena y alta intuitividad (Python, PHP ASP).*
- *El lenguaje C permite acceso al hardware, JavaScript facilidad en la presentación de datos.*
- *Facilidad ya que el código en HTML5 permite visualizar en cualquier dispositivo y no es dependiente ni de sistema operativo ni de aplicación.*
- *Java es inherentemente amigable para la web e integra bien con muchas otras plataformas y aplicaciones.*
- *Acceso a datos vía web y control de equipos externos con una computadora de escritorio (Java, Delphi).*
- *LabVIEW: acceso directo al hardware, muy eficiente.*
- *Funciona en todos los navegadores, sin necesidad de instalar y complementos (JavaScript, HTML5).*

- *LabVIEW está predefinido para el equipo de NI que usamos principalmente.*
- *Multiplataforma (JavaScript, C, HTML5).*
- *Cada uno es distinto, depende de la aplicación y el entorno. HTML5 es el mejor y más flexible actualmente aunque LabVIEW es más rápido.*
- *HTML5 y JavaScript se ejecutan en dispositivos móviles. PHP se utiliza en el lado del servidor para gestionar los procesos de autenticación. El hardware está controlado por un servicio de Windows programado en C # para mayor confiabilidad y escalabilidad (la biblioteca .net se puede usar en otros proyectos).*
- *No requiere plugins de navegador adicionales para ser usados (JavaScript, HTML5).*

Se puede inferir que la elección del lenguaje de programación utilizado en la aplicación web del LR se define por la facilidad de acceso, además de que los LR puedan ser utilizados en distintas plataformas o dispositivos, y por último por la compatibilidad con el Hardware.

Para indagar sobre la colaboración y gestión del proyecto de LR en el que participan los especialistas, se formularon las preguntas: ¿Comparte laboratorios con otras instituciones? Y ¿Exige el uso de usuarios y contraseñas en cada sitio?, las respuestas a estas preguntas se presentan en la Figura 3.37.

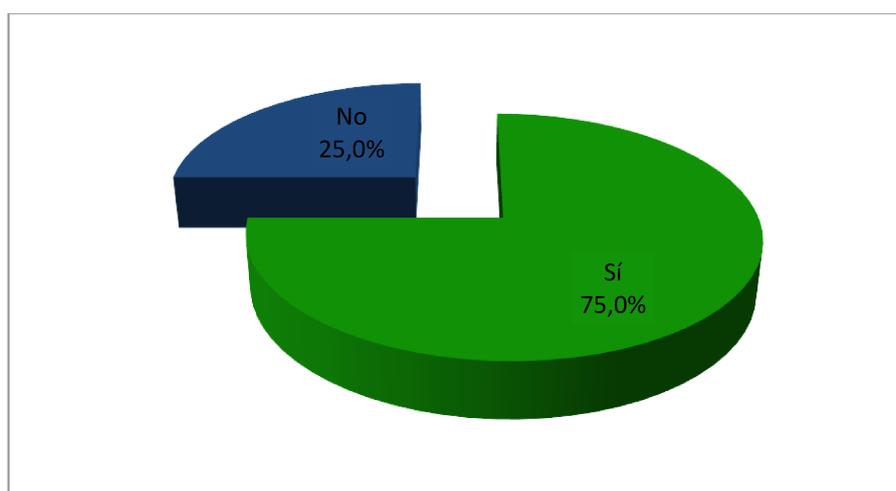


**Figura 3.37.** Respuestas a las preguntas ¿Comparte laboratorios con otras instituciones? Y ¿Exige el uso de usuarios y contraseñas?

Según las respuestas, un 82,2% (n= 33) indica compartir sus LR con otras instituciones, de ellos, el 62,2% (n= 25) indica no solicitar usuarios y contraseñas en sus prácticas de acceso remoto. Este aspecto es muy alentador ya que permite que instituciones que no cuentan con LR puedan disponer de prácticas de los proyectos que comparten sus LR y aún más, de aquellos que no solicitan datos de autenticación, lo que facilita el uso de estos recursos.

Debido a que en la EaD la utilización de plataformas educativas se ha vuelto muy habitual, se planteó la pregunta: ¿Considera conveniente gestionar un LR a través de un LMS?

Se obtuvo que un 75,0% (n= 30) señala que es conveniente realizar la gestión del LR con un LMS, mientras que el 25,0% (n= 10) indicó que no es conveniente, como se muestra en la Figura 3.38.



**Figura 3.38.** Respuestas a la pregunta ¿Considera conveniente gestionar un LR a través de un LMS?

Con el fin de determinar la relación entre la percepción de la conveniencia de gestionar el LR, con los años de trabajar en un proyecto de esta naturaleza, se dividió la muestra participante en dos grupos: los que tienen más de 10 años de

estar trabajando en el proyecto y los especialistas con menos de 10 años, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.7.

**Tabla. 3.7.** Conveniencia de gestionar el LR con un LMS según los años de trabajar en proyecto de LR.

Años de trabajar en el LR		¿Considera conveniente gestionar un LR a través de un LMS?		Total
		No	Sí	
Menos de 10	Recuento	5	27	32
	Porcentaje	15,6%	84,4%	100,0%
Más de 10	Recuento	5	3	8
	Porcentaje	62,5%	37,5%	100,0%
Total		10	30	40
		25,0%	75,0%	100,0%

Hay asociación inversa estadísticamente significativa ( $p= 0,015$ ) entre los años de trabajar en el proyecto de LR y el hecho de considerar conveniente gestionar el LR por medio de un LMS. Los especialistas que tienen más de diez años asociados a estos proyectos indican que no es conveniente gestionar el LR con un LMS por las siguientes razones:

- *LMS puede ser un factor limitante si alguien quiere probar el LR.*
- *Los LMS tienden a dejar de ser funcionales. Los estudiantes usan otras plataformas, principalmente las redes sociales.*
- *Optamos por que las prácticas sean de libre acceso y los LMS requieren que los usuarios se registren; usamos el LMS sólo para facilitar apoyos didácticos.*

- *No es necesario, se vuelve tedioso para el usuario.*
- *Debe ser una decisión del docente que utilizará el LR.*

Los especialistas con más experiencia ven como un factor negativo gestionar el LR con un LMS ya que el registro que exige una plataforma educativa puede limitar el uso del LR, y por ejemplo, un usuario que no se encuentre matriculado en un determinado curso no podría utilizar un LR que le parezca funcional para sus intereses educativos. Por ello, estos especialistas han permitido el uso libre de sus LR, lo cual es un factor muy positivo ya que el recurso puede ser utilizado sin la necesidad de solicitar permisos a las instituciones donde se encuentra el LR.

Cabe resaltar que los especialistas que tienen más de diez años están asociados a los proyectos: WebLab-Deusto, RexLab, Go-Lab y VISIR, los que han sido pioneros en compartir sus experiencias con otras instituciones, fomentando el trabajo experimental con estos recursos tanto en la escuela media como universitaria.

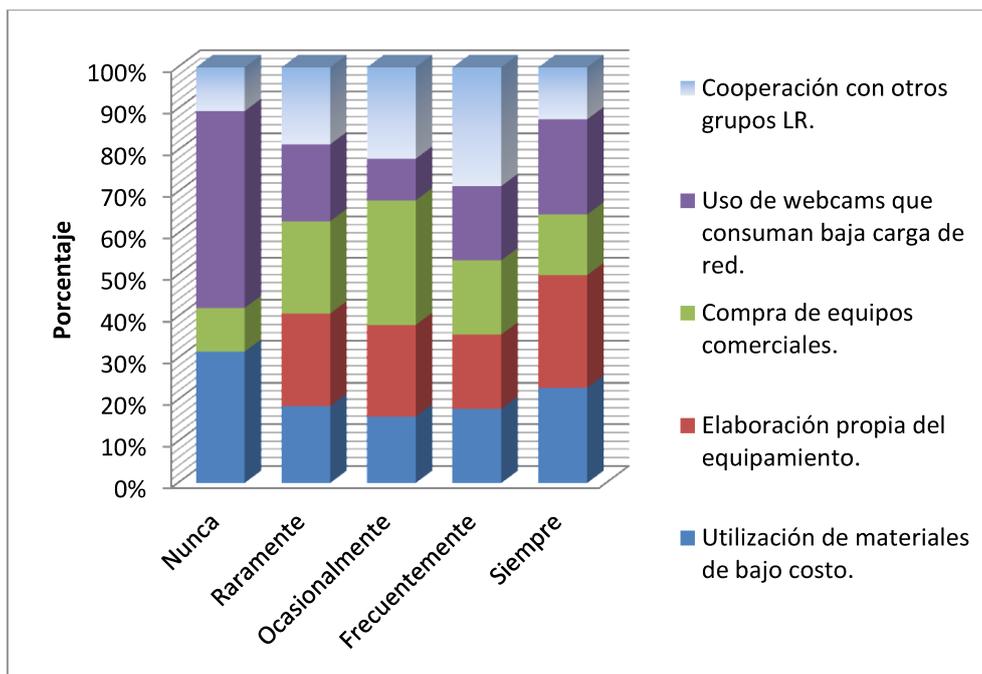
Los especialistas que tienen menos de diez años de trabajar en un proyecto de LR que indican que sí es conveniente gestionar el LR con LMS, señalan razones como las que se mencionan:

- *Integración en una única plataforma*
- *Si implica poder gestionar la configuración específica de un laboratorio (p.ej. por un profesor) podría en efecto ser conveniente hacerlo en el LMS que es donde quizás lo despliegue. Si se refiere a configuración interna del RLMS, sin embargo, tendría menos sentido.*
- *La integración del laboratorio con la parte educativa de las asignaturas o tareas es fundamental como complemento educativo.*
- *Puesto que ayudaría a la formación complementaria fuera de las aulas.*
- *Permite organizar mejor la administración de los usuarios.*
- *Para integrarlo como un área de pruebas (playground) para estudiantes de física.*

- *De esta manera es transparente el acceso al laboratorio y el acceso es únicamente a través de la plataforma virtual.*
- *Facilidad de acceso y complementación con otros recursos.*
- *Da facilidad en la gestión de usuarios.*
- *Se utiliza el LR en MOODLE, brinda facilidad al estudiante.*
- *Hay grupos de trabajo que han tenido buenos resultados.*
- *Para el uso del experimento en el entorno de aprendizaje, esto brinda un mejor escenario educativo.*

Es claro que estas posiciones refieren a tanto a cuestiones de gestión y administración de usuarios, por parte de los administradores del LR, como a aspectos vinculados con las facilidades que el estudiante podría tener desde un marco institucional. Sobre esta última cuestión, las opiniones positivas referidas, en su gran mayoría, a la integración de los LR en una única plataforma, reflejan lo que en programas de EaD, podría facilitar el aprendizaje de los estudiantes, al tener en un mismo espacio todos los recursos necesarios para el desarrollo de las distintas actividades del curso.

Por otra parte se consultó mediante una Grilla sobre el grado en el que se han tenido en cuenta algunos aspectos al diseñar el LR en el que trabaja el especialista consultado. Los resultados se presentan en la Figura 3.39.



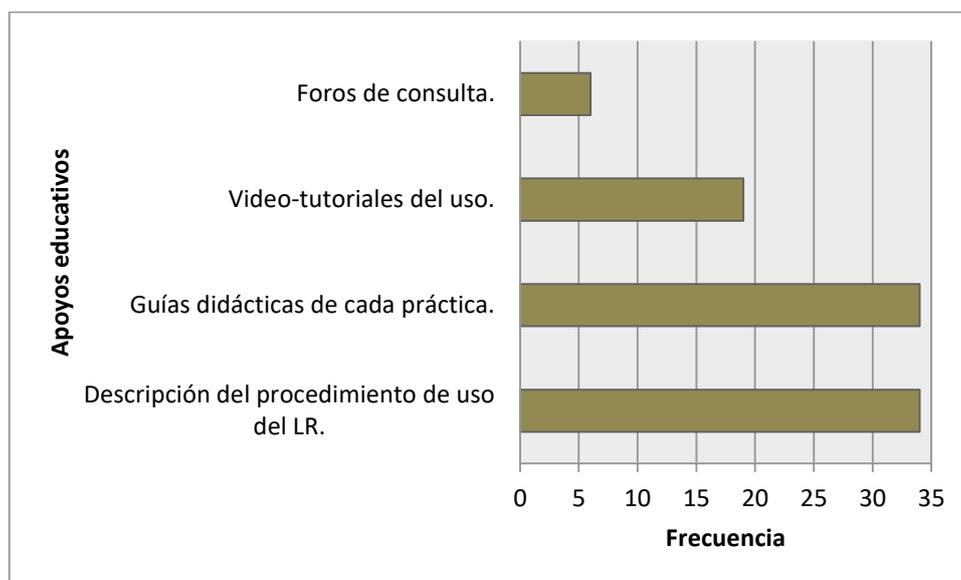
**Figura 3.39.** Aspectos que se han tenido en cuenta por parte de los especialistas al diseñar su LR.

Según estos especialistas, en el diseño de los LR del proyecto con el que están vinculados, se toman en cuenta frecuentemente o siempre la elaboración propia del equipamiento y la utilización de materiales de bajo costo, además de la cooperación con otros grupos de trabajo. Sin embargo hay un porcentaje considerable para la opción compra de equipos comerciales, esto es congruente con los resultados de la sección 3.3.1 donde se informó que varios de los proyectos han adquirido el LR VISIR, descrito en el inicio de este capítulo.

Por otra parte, de la Figura 3.39 se puede ver que a pesar de que el uso de cámaras web, que consuman baja carga de red, es un aspecto importante para el uso del LR, sobre todo en zonas donde la conexión no es muy buena, es un aspecto que una gran parte de los participantes no ha tomado en cuenta.

### 3.3.3. Aspectos pedagógicos

Cuando se utiliza un LR como recurso educativo se requieren materiales que permitan una fácil y correcta utilización de los mismos, por ello se indagó sobre los apoyos educativos que ofrecen las experiencias de acceso remoto de los participantes. Los resultados se muestran en la Figura 3.40.



**Figura 3.40.** Apoyos educativos de los LR.

En su gran mayoría ( $f= 34$ ) los recursos de apoyo educativo más utilizados por los especialistas son las guías didácticas de cada práctica y la descripción del procedimiento de uso del LR, seguido de los video-tutoriales ( $f= 19$ ) y por último los foros de consulta ( $f= 6$ ).

Como otros apoyos educativos se mencionaron además los siguientes:

- *Cuando se utilizan LR en MOOC se emplea el entorno MOODLE como complemento y repositorio.*
- *El portal del proyecto cuenta con materiales de apoyo técnico y educativo.*

- *Se realiza una presentación en las clases presenciales por el profesor con el fin de que conozcan el entorno en el que deben realizar las prácticas.*
- *Al ser un proyecto nuevo los recursos de apoyo educativo están en proceso de elaboración.*

Los proyectos de LR que se han desarrollado a nivel mundial y de los cuales los especialistas participantes de este estudio son miembros, pertenecen a universidades de modalidad presencial que han buscado apoyar el trabajo experimental con estos recursos; por esta razón, muchas de las explicaciones referidas al empleo educativo de los LR se realiza en las sesiones presenciales.

En relación con los apoyos educativos se les consultó si consideraban que los recursos de apoyo educativo de su proyecto eran suficientes y adecuados, con lo cual un 50,0% (n= 20) de la muestra señaló que sí, mientras que el restante 50,0% indica lo contrario.

Algunos comentarios de los especialistas que aducen que los apoyos educativos de sus proyectos no son suficientes ni adecuados son:

- *Falta de financiación.*
- *Poco apoyo en las instituciones.*
- *Faltan algunos desarrollos de tutoriales.*
- *Falta mayor colaboración con el personal académico.*
- *Nunca es suficiente cuando se trata de apoyos educativos.*
- *Falta personal para mejorar aspectos educativos para el uso del LR.*

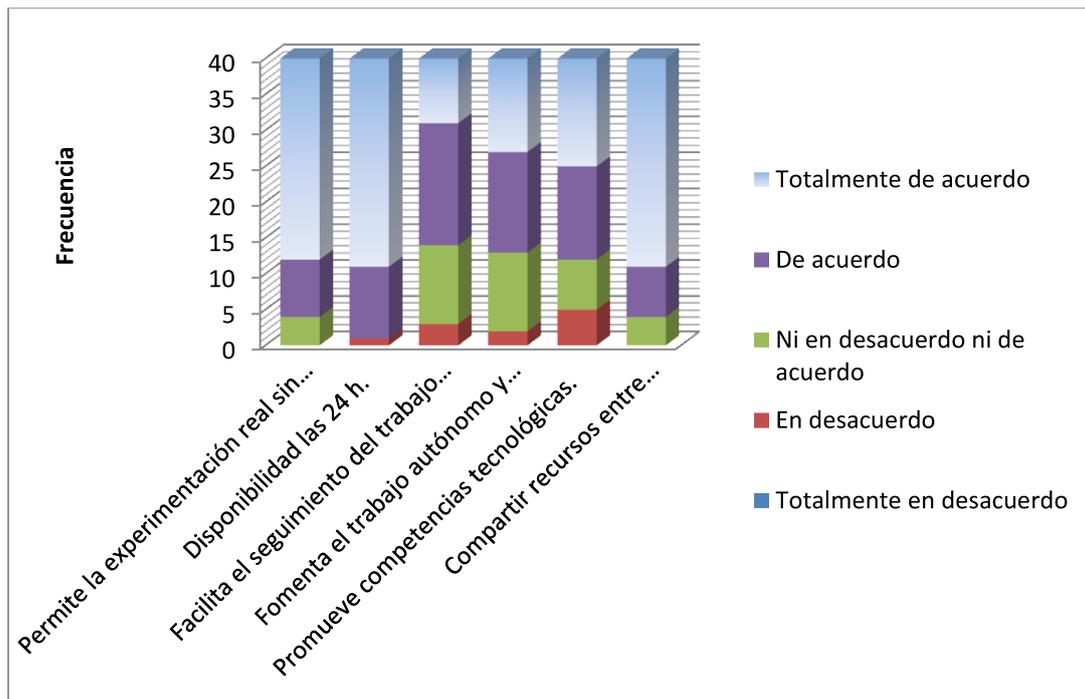
Según estas opiniones, la falta de mejores apoyos educativos para el uso de los LR se debe a razones de financiamiento que limita el personal necesario para trabajar en dichos desarrollos. Desde esta óptica, es importante que un proyecto de desarrollo de estos recursos educativos deba tener el apoyo institucional que provea el financiamiento suficiente, que permita el crecimiento, mejoramiento y fortalecimiento del mismo.

Por otra parte, los especialistas que indican que los apoyos educativos son los adecuados, expresan aspectos como los siguientes:

- *Según el feedback recibido por nuestros alumnos, sí, considero que son suficientes y adecuados.*
- *No hemos tenido inconvenientes en el uso de los experimentos.*
- *Así lo manifiestan los alumnos y el resultado del uso de laboratorio.*
- *Teniendo en cuenta la capacidad de los usuarios y la facilidad de manejo.*
- *Con la experiencia que se tiene en el proyecto de ocho años los apoyos se adecuan a las nuevas demandas de los usuarios.*
- *Utilizamos interfaces de usuario ajustables como andamios implícitos para los estudiantes.*

Estas opiniones positivas se basan en las experiencias de los usuarios, los cuales son un buen referente ya que son quienes realmente le dan valor al LR, al ser usuarios de los mismos, una vez desarrollados, y quienes los utilizan para fortalecer su aprendizaje.

Acerca de las ventajas educativas que poseen los LR en la EaD desde la visión de los especialistas (pregunta 16 del cuestionario reproducido en el Anexo 3), se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 3.41.



**Figura 3.41.** Ventajas que ofrecen los LR en la EaD.

Un 90% de los participantes indica estar entre Totalmente de acuerdo y De acuerdo en que los LR: permiten la experimentación real sin tener que desplazarse, están disponibles las 24 h y permiten que se compartan recursos entre instituciones.

Se consultó también sobre las tres características que, como especialistas, consideran que se deben tener en cuenta al diseñar un LR; algunas de las respuestas se muestran a continuación:

- *Alineado con los objetivos de una asignatura; fácil de usar; con resultados de aprendizaje claros.*
- *Facilidad, autoexplicativo y dinámico.*
- *Integración con la materia, definición clara de objetivos y competencias a alcanzar, uso de recursos educativos para la resolución.*
- *Realizar las especificaciones conjuntamente con los docentes que podrán utilizarlos; integrarlos a los planes de clases/estudios y no sólo ponerlos a disposición; que puedan dar retroalimentación a los alumnos.*

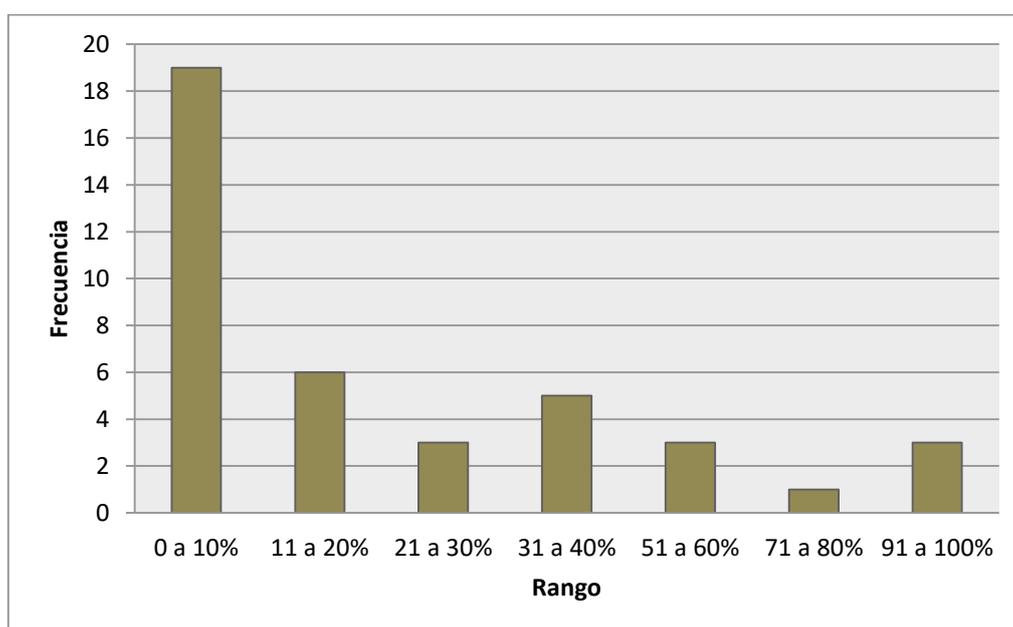
- *Experimentación de los fenómenos físicos, inclusión de instituciones que no tienen laboratorios y fusión de los contenidos teóricos de la asignatura con las prácticas.*
- *Interactividad, simplicidad e ilustración visual.*
- *Debe ser fácil de usar, intuitivo, brindar datos reales del experimento y facilitar la comprensión del tema al alumno.*
- *Experimentación sobre dispositivos no accesibles localmente, atemporalidad, consideración de los procesos cognitivos del estudiante.*
- *Facilidad de uso. Similitud con los dispositivos reales. Intuitivo.*
- *Repetibilidad, credibilidad (ayudar al usuario a entender qué es un dispositivo físico no una simulación y cualquier desviación de los resultados esperados no son fallas del sistema), confiabilidad.*
- *Simplicidad, pequeños experimentos que se pueden completar en pocos minutos, un laboratorio remoto debe ser pedagógicamente agnóstico (es decir, puede ser utilizado por diferentes profesores para diferentes fines).*
- *No restringir el tiempo o ubicación, que se pueda rehacer el laboratorio muchas veces.*
- *El LR debe proporcionar una experiencia clara e intuitiva (los estudiantes deben saber lo que están haciendo), atractivo (el experimento debe dar sentido y relación con problemas reales), utilidad educativa (los estudiantes deben ser capaces de llevar a cabo las tareas asignadas), y por supuesto el LR debe alentar a los estudiantes a "tratar de aprender".*
- *Los desarrolladores deben obtener los requisitos docentes, el material de aprendizaje debe proporcionarse, la interfaz de usuario de la aplicación debe ser fácil de usar.*
- *Simplicidad de uso, autonomía total y claridad de los objetivos educativos.*
- *Equipo robusto, objetivos educativos, facilidad de uso.*
- *Fácil de usar (la mayoría de los estudiantes son principiantes con las tecnologías); experiencia con la manera en que muchos científicos*

*profesionales hacen ahora la investigación; equidad - cualquier escuela de cualquier lugar tiene acceso a la misma tecnología y datos.*

- *Accesibilidad, facilidad de uso, escalabilidad, sostenibilidad (Conformación de un equipo de trabajo).*

Una de las características mencionadas con mayor frecuencia tanto por estudiantes (Figura 3.32) como por los especialistas, es que el LR sea de fácil acceso. Éste, sin duda, es un aspecto muy importante en el desarrollo de estos recursos, además como señaló uno de los especialistas, el diseño de un LR se debe pensar en que pueda ser útil para diferentes usuarios ya sea de la escuela media o para la formación superior.

Por último se consultó sobre el tiempo en que el LR, en el que el especialista está involucrado, estuvo inactivo el último año, obteniéndose los resultados que se muestran la Figura 3.42.



**Figura 3.42.** Frecuencia de respuestas sobre el porcentaje de tiempo en el último año, en el que el LR no estuvo disponible.

Pese a que una de las ventajas que presentan los LR es su disponibilidad las 24 h, todos los días del año, sólo un 47,5% (n= 19) indicó que su proyecto no

estuvo disponible entre 0 y 10% del año. Un 15,0% de los especialistas reveló que su LR no estuvo activo entre el 11 y 20% del tiempo, lo que representa que un 62,5% de los proyectos en los que trabajan los especialistas estuvieron disponibles un 80,0% del tiempo en el último año. Esto podría interpretarse que al tratarse de equipos reales los mismos son susceptibles a desperfectos mecánicos debido al uso y requieren de reparaciones o actualizaciones del software.

### **3.4. Síntesis del capítulo**

El desarrollo que ha tenido en las últimas dos décadas la tecnología asociada al acceso remoto ha posibilitado la creación y mejoramiento de numerosos LR para la enseñanza de la física, mayoritariamente destinados a la educación universitaria de carreras científico tecnológicas que tienen a la física como asignatura de formación básica y/o específica.

Ese mismo desarrollo está generando nuevos productos y servicios vinculados al uso de los LR para la educación universitaria, que intentan responder a las demandas de un aprendizaje progresivamente más autónomo, en el que el estudiante pueda elegir cuándo realizar las experiencias y cuántas veces repetirlas.

Los proyectos relevados dan cuenta de unas 70 experiencias de acceso remoto para la educación en física, destinadas a la formación universitaria y a la escuela media. La arquitectura y características tecnológicas de los proyectos relevados muestran aspectos comunes relacionados con la accesibilidad, claves para pensar el desarrollo de un LR para la UNED.

Los resultados del segundo estudio muestran que los estudiantes de la UNED disponen, en su mayoría, de dispositivos móviles para ingresar a los entornos virtuales y para realizar sus actividades de aprendizaje, por lo que los LR a ser diseñados deberán prever el acceso desde esos dispositivos.

Las dificultades percibidas por los estudiantes para el uso de LR en sus procesos de aprendizaje se refieren a problemas de conectividad, que se

presentan en ciertas regiones del país, y a cuestiones relativas a la enseñanza. Con respecto a la conectividad, se espera que ésta vaya mejorando en relación con el incremento de la demanda del mercado de telefonía celular, y con respecto a las medidas para resolver las otras dificultades, se deben diseñar estrategias y materiales didácticos adecuados, conjuntamente con un trabajo docente y de tutoría que apoye al estudiante en el uso de estos recursos en la UNED.

Asimismo, los estudiantes esperan que los LR sean de fácil acceso, principalmente desde los dispositivos móviles, con instrucciones claras y con el apoyo de video-tutoriales.

En esta investigación se logró contar con la participación de especialistas de los proyectos de diversas partes del mundo, los cuales coinciden en que en el desarrollo de LR se busca que se pueda acceder a estos recursos desde distintos dispositivos, es decir que sean multiplataforma. Esto puede hacerse gracias a lenguajes de programación que lo permiten como HTML5 y JavaScript entre otros, lo que facilita el acceso y mayor uso de estos recursos educativos.

Según los especialistas hay una tendencia en compartir sus experimentos con otras instituciones, fomentando el trabajo colaborativo de investigadores y docentes, y promoviendo la experimentación en los estudiantes, lo que permite ampliar las posibilidades de realizar experimentos reales en las instituciones, regiones o países que no cuentan con estos recursos educativos.

La gestión del LR con una plataforma educativa es bien vista por los especialistas ya que permite integrar los recursos educativos en un mismo entorno, facilitando los apoyos requeridos para el uso efectivo del LR. Sin embargo también se ve esta integración como un problema sobre todo para el uso libre del LR ya que para ingresar a una plataforma educativa (LMS) se requiere completar un proceso de registro.

## 4. Propuesta

En este capítulo se presentan aspectos relevantes a incorporar en los LR que se desarrollen o se adquieran en la UNED, como una propuesta elaborada a partir de los resultados obtenidos de los estudios realizados.

Se incluyen características generales y apoyos didácticos requeridos, además de los primeros pasos importantes en el establecimiento del proyecto de LR para la enseñanza de la física de la UNED y se finaliza con la convergencia del trabajo experimental.

#### 4.1. Necesidades tecnológicas para el LR de la UNED

Considerando los resultados de esta investigación, un LR debe poseer determinadas características para cumplir con las necesidades educativas en la EaD, las mismas se detallan en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Características generales deseables en un LR.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Accesibilidad	El LR debe presentar facilidad de acceso, que no exija la descarga de complementos para su uso.
Multiplataforma	Debe poder ser utilizado en diferentes dispositivos fijos o móviles. Por lo cual la aplicación web se debe programar en lenguajes que permitan el acceso en diferentes dispositivos y navegadores.
Adaptabilidad	Es deseable que las prácticas remotas se puedan adaptar para el abordaje de contenidos tanto de la escuela media como en la educación superior.  Esta característica es indispensable para fomentar el uso de LR en la escuela media en Costa Rica.
Plataforma virtual (LMS)	Integración con la plataforma MOODLE que se utiliza en la UNED, de tal forma que permita integrar los recursos de aprendizaje que se utilizan en las asignaturas de física.

Disponibilidad	Debe estar disponible las 24 h los 365 días del año, salvo fechas en que se programen actualizaciones o por reparación de averías.
Capacidad de uso simultáneo	Es apropiado que el LR pueda ser utilizado por múltiples usuarios de forma simultánea (conurrencia).  De los LR descritos en la sección 3.1, solo el VISIR satisface esta característica.
Robustez del equipo	Los equipos utilizados deben ser de la más alta calidad de manera que soporten el uso intensivo del LR.

Fuente: Elaboración propia.

Como fue expuesto en el capítulo anterior, los estudiantes que no cuentan con computadora en su casa y no pueden asistir al CeU más cercano, optan por utilizar el Smartphone; ésta es una de las razones por las que un LR debe ser multiplataforma y se pueda acceder a él desde dispositivos móviles.

#### **4.1.1. Apoyos educativos**

En la EaD los recursos educativos cumplen un rol medular. En el modelo pedagógico de la UNED se establece que se deben brindar los recursos y medios necesarios para que los estudiantes puedan gestionar su propio aprendizaje; en este sentido para el uso adecuado de los LR se debe desarrollar apoyos educativos para facilitar, por un lado, el ingreso y manipulación de la experiencia y, por otro, favorecer aprendizajes significativos utilizando prácticas de acceso remoto.

Esto exige trabajar de forma articulada con los diferentes programas que desarrollan materiales educativos en la UNED para ofrecer a los estudiantes apoyos educativos acordes a la EaD que ofrece la UNED.

**Tabla 4.2.** Apoyos pedagógicos para un LR en EaD.

<b>Apoyos</b>	<b>Descripción</b>
Manuales técnicos	Se deben realizar manuales técnicos preferiblemente en formato multimedia; éstos pueden ser desarrollados en el PEM para que cumplan con los estándares de la UNED.
Manuales didácticos	Es un trabajo que deben realizar los equipos de trabajo de las cátedras en conjunto con los encargados del LR, con el fin de que las experiencias cumplan con los objetivos de aprendizaje que se busca alcanzar.
Video-tutoriales	Se deben elaborar video-tutoriales cortos donde se expliquen tanto detalles técnicos como educativos de estos recursos.
Tutorías presenciales	Tanto tutores como instructores de laboratorio deben realizar, en las instancias presenciales, una descripción de lo que se pretende que los estudiantes logren trabajando con el LR y motivar el uso de estos recursos educativos.
Video-tutorías	Durante la semana que se destina a la realización de la experiencia remota, se debe apoyar a los estudiantes por medio de algunas de las herramientas con las que cuenta la UNED para realizar video-tutorías sincrónicas en el entorno virtual de los cursos.

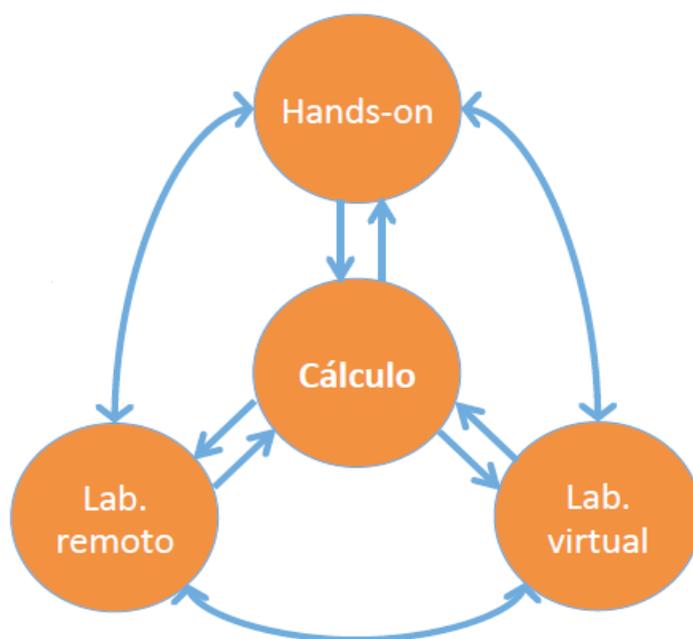
Fuente: Elaboración propia.

Es conveniente que se incorporen estos apoyos educativos en la plataforma virtual de los cursos en los que se utilice un LR. Es muy importante la disponibilidad de tutores para que aclaren las dudas que se presenten durante la realización de una determinada experiencia remota.

#### **4.2. Integración de las actividades experimentales**

El especialista en LR, Gustavo Alves señala que, en la actualidad, el trabajo experimental debe contemplar una integración de los LT (hands-on), los LV y los LR, permitiendo secuencias de enseñanza y aprendizaje en las que el

cálculo debe ocupar un lugar primordial en el aprendizaje de la física. En la Figura 4.1 se muestra esta concepción de integración del trabajo experimental propuesto por Alves (2017).



**Figura 4.1.** Modelo de enseñanza y aprendizaje experimental (Alves, 2017).

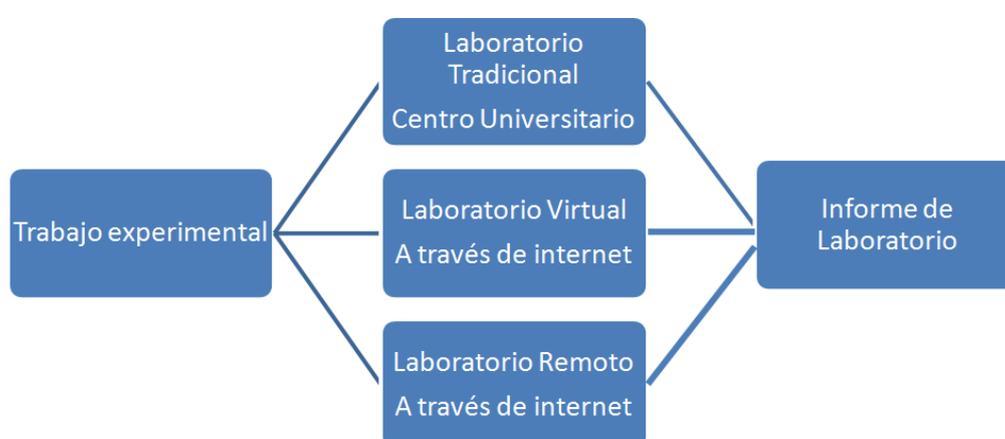
Se propone que el estudiante resuelva problemas cuantitativos sobre el tema objeto de aprendizaje, compare los resultados obtenidos del cálculo con los valores arrojados por la experiencia realizada con el LR, y con los de la simulación con LV. Este proceso exige el análisis de las limitaciones del modelo teórico empleado en la resolución analítica del problema, del modelo matemático que sustenta la simulación, y de las condiciones reales de la experimentación.

Asimismo, el LR puede ser empleado para ir construyendo la teoría, a partir de la realización de experiencias en las que se vayan modificando los valores de diferentes variables relevantes del problema abordado.

Esta integración de recursos y actividades resulta importante para el diseño de estrategias didácticas para la enseñanza de la física que involucren recursos tecnológicos como LV, LR y LT.

En el caso de la UNED, con la implementación de prácticas de acceso remoto se busca ampliar y fortalecer el trabajo experimental por medio de los laboratorios tradicionales, virtuales y remotos, aprovechando las ventajas educativas que los mismos aportan. Se pretende generar espacios de aprendizaje acordes a las necesidades actuales de la EaD, en la que se utilicen las TIC como verdaderos recursos de aprendizaje.

Siguiendo estas premisas, en la Figura 4.2 se muestra una propuesta para el trabajo experimental en la UNED.



**Figura 4.2.** Trabajo experimental en la UNED. (Elaboración propia).

Como se muestra en la Figura 4.2, independientemente del tipo de laboratorio utilizado, la propuesta consiste en que el estudiante debe recolectar datos, analizarlos en el marco de las teorías y leyes físicas y redactar un informe de laboratorio. Esta integración de recursos proporciona un medio para explorar distintos tipos de representaciones semióticas, útiles para el desarrollo de conceptos, competencias experimentales y habilidades blandas.

Para que esta propuesta de desarrollo del LR de la UNED pueda ser concretada deben reunirse, además de las condiciones técnicas y pedagógicas ya expuestas, condiciones de infraestructura y gestión institucional, tales como espacio físico, personal capacitado, convenios con otras instituciones, etc. Las mismas serán analizadas a continuación.

### 4.3. El espacio físico para el LR

La UNED por medio del Acuerdo del Mejoramiento Institucional (AMI) y con el objetivo de “fortalecer la producción, la investigación y la experimentación para el desarrollo tecnológico y de la innovación” (UNED, 2012, p.47) construyó el edificio li+D (Investigación, Innovación y Desarrollo), en el que se ubicarán los funcionarios de la Vicerrectoría de Investigación y de la Dirección de Tecnología, Información y Comunicaciones, así como la mayoría de los funcionarios relacionados con las áreas de producción de recursos educativos. En este edificio fue asignado un espacio de 80 m<sup>2</sup> para alojar el LR de la UNED. Dicho espacio está provisto de la infraestructura, servicios, amoblamientos y las condiciones necesarias para el desarrollo, gestión y mantenimiento del LR.

En la Figura 4.3 se muestra la vista externa de este edificio ubicado en la sede central de la universidad, en la ciudad de San José, y en la Figura 4.4, una fotografía del espacio asignado a este proyecto.



**Figura 4.3.** Edificio li+D de la UNED.



**Figura 4.4.** Espacio físico asignado al LR.

Este espacio físico permitirá en un principio, el establecimiento del LR propio de la UNED y además la conformación del equipo de investigación de la universidad en esta área.

#### **4.4. Adquisición del primer LR de la UNED**

Debido a la participación de este doctorando en el proyecto VISIR+ (mencionado en el Capítulo 3) como miembro del equipo de la UNR, se conoció a fondo este LR.

Como producto de la capacitación que se ofreció en el marco del referido proyecto, y considerando el potencial educativo de este LR, se propuso en la UNED la adquisición de un equipo. La Vicerrectoría Académica, luego de una justificación técnica y educativa, aprobó la compra de un LR VISIR. Se trata de un equipo que satisface muchas de las características antes mencionadas de un LR para usarse en la modalidad a distancia.

Con este LR se pueden realizar, entre otras, las siguientes experiencias para las asignaturas Física IV para la Enseñanza de las Ciencias y Física General II,

de las carreras Enseñanza de las Ciencias Naturales e Ingeniería Industrial respectivamente:

- Ley de Ohm.
- Circuitos R-C.
- Leyes de Kirchoff.

Adicionalmente a la compra del VISIR, se adquirió el equipo necesario para desarrollar una práctica remota para desarrollar experiencias de mecánica: se cuenta con un equipo de la marca PASCO adquirido para el montaje de una experiencia de Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU). Específicamente se dispone de: una pista de aire de 2 m de longitud, el soplador para que pueda funcionar la pista de aire, un deslizador, y fotoceldas. Esta práctica será desarrollada a partir de la finalización de esta investigación.

En la Tabla 4.3 se muestra los posibles LR que serían desarrollados en la UNED en los próximos tres años.

**Tabla 4.3.** Previsión de LR a ser desarrollados en la UNED en los próximos tres años.

LR	Forma de adquisición	Año
VISIR <sup>16</sup>	Compra de los componentes de este LR	2018
Plano inclinado	Cooperación con ReXLab	2018
MRU	Desarrollo propio	2018-2019
Óptica	Desarrollo propio	2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a estas experiencias se pueden desarrollar otras a criterio del equipo de trabajo de la UNED, según las necesidades de los cursos que se ofrecen en las diferentes cátedras de física.

<sup>16</sup> En el caso VISIR se busca la cooperación con el equipo de trabajo de LabsLand para el despliegue de este equipo en la UNED, debido a la experiencia que los integrantes del mismo poseen con este LR.

#### **4.4.1. Proceso de diseño y desarrollo propuesto**

Las prácticas de acceso remoto que se diseñen y desarrollen en la UNED deberían tener, en la medida de lo posible, las características presentadas en la Tabla 4.1. Concretamente, se sugiere seguir las etapas que se detallan a continuación:

##### **4.4.1.1. Diseño del LR**

Se recomienda iniciar la etapa de diseño con la identificación de una práctica, ya sea por los investigadores o encargados de cátedra, que se podría desarrollar de forma remota. Se debe valorar las posibilidades reales desde el punto de vista técnico, tecnológico y educativo del desarrollo de la experiencia a ser realizada por los estudiantes con acceso remoto.

Si se concluye que ese LR es factible y pertinente, el equipo de trabajo interdisciplinario que se conforme debe analizar aspectos tales como:

- Definir el equipo de Hardware necesario que se debe adquirir para el desarrollo del LR.
- Realizar una proyección en relación a los lenguajes de programación idóneos para permitir el acceso remoto de los equipos reales y todos los aspectos de Software requeridos.
- Proyectar el diseño de los recursos educativos (Tabla 4.2) necesarios para el uso del LR en la UNED
- Gestionar la compra del equipo que se definió como necesario, a través de la Oficina de contratación y Suministros.
- Acordar con los diferentes desarrolladores los tiempos académicos necesarios.

Una vez que se han superado estas etapas, se inicia el desarrollo propiamente dicho del LR en el espacio asignado para el proyecto.

#### **4.4.1.2. Desarrollo del LR**

Para el desarrollo del LR lo primero que se debe realizar es definir la metodología que seguirá el equipo de trabajo; para cumplir con esta etapa se sugiere un proceso de trabajo que se puede establecer en distintas etapas:

- Montaje del LR: es la etapa medular del desarrollo debido a que se debe automatizar la experiencia de laboratorio para que sea operada de forma remota. En esta fase se requiere del trabajo de técnicos, ingenieros en electrónica, docentes de física y programadores.
- Desarrollo de la aplicación web: cuando la experiencia se encuentra automatizada se procede a la realización de la aplicación web; la misma debe ser desarrollada en un lenguaje de programación que permita el acceso desde diferentes dispositivos (computadoras, Smartphone y Tablet).
- Revisión del producto desarrollado: se realiza una revisión para valorar la calidad del producto, en ella deben participar los encargados de cátedra, docentes de física que usarán estos recursos, así como todo el equipo de trabajo. Las fallas o mejoras que se sugieren se incorporarán en la medida de que los recursos tecnológicos y económicos disponibles así lo permitan.
- Validación del LR: una vez que se han incorporado los aspectos señalados en la revisión, se debe proceder a validar el LR con una muestra de estudiantes y especialistas en el diseño, desarrollo y uso de estos recursos educativos, con el fin de que el mismo reúna las características tecnológicas y educativas para su utilización en la enseñanza de la física en EaD.
- Elaboración de recursos de apoyo pedagógicos: una vez superada la etapa de validación se debe coordinar con las diferentes instancias de la UNED que se encargan del desarrollo de materiales educativos que se utilizan en los cursos que ofrece la universidad descritos en la sección 1.3.2.

- **Habilitación del LR:** esta etapa implica que el LR está disponible para el empleo del mismo para la experimentación por parte de los estudiantes.

Al finalizar este proceso se puede utilizar la experiencia de acceso remoto en los cursos que ofrece la UNED, además se puede facilitar el acceso a otras instituciones tanto nacionales como extranjeras interesadas en estos recursos educativos. La Tabla 4.4 resume las etapas descritas anteriormente.

**Tabla 4.4.** Etapas propuestas para el diseño y desarrollo de un LR en la UNED.

<b>Etapas</b>	<b>Procedimientos</b>
<b>Selección</b>	Identificación de una experiencia
<b>Diseño</b>	Valoración de la viabilidad de la práctica
	Determinación de los equipos Hardware requeridos
	Determinación de los desarrollos web necesarios
	Compra de equipos
<b>Desarrollo del LR</b>	Definición de la metodología de trabajo
	Montaje del LR
	Desarrollo de la aplicación web
	Revisión final por parte de los encargados de cátedra, el experto en contenido y el equipo de trabajo en LR
	Mejora de aspectos detectados en la revisión
	Prueba piloto con especialistas en LR y estudiantes
	Mejora final del LR
<b>Desarrollo de materiales didácticos</b>	Diseño de los apoyos pedagógicos
	Edición de materiales
<b>Habilitación</b>	Habilitación web del LR
	Definición de protocolos de uso
<b>Empleo didáctico</b>	Uso del LR en los cursos de la UNED y otras instituciones

Fuente: Elaboración propia.

Se aclara que estas etapas son para los LR que se diseñen y desarrollen en la institución, no son validos para aquellos LR que se adquieran por medio de una compra o un convenio con otra universidad. En este caso, las etapas de desarrollo son reemplazadas por el procedimiento de instalación, a cargo de especialistas.

#### **4.5. Capacitación del equipo de trabajo**

La capacitación constante del equipo de trabajo se vuelve necesaria en un proyecto en el que están involucrados recursos tecnológicos, en primer lugar, para encontrarse a la vanguardia de los avances tecnológicos y las actualizaciones, tanto en temas de software como hardware, los cuales son necesarios para la continuidad y sostenibilidad del proyecto; y en segundo lugar, para que el diseño y uso de los LR estén acordes con las necesidades educativas de la institución.

Otro aspecto relevante es la asistencia a eventos académicos enfocados en el uso de LR, donde se pueda conocer los avances en estos recursos y a su vez dar a conocer los resultados de las investigaciones que se lleven a cabo por parte de los miembros del equipo de trabajo que se conforme en la UNED.

##### **4.5.1. Conformación del equipo de trabajo**

Para iniciar y desarrollar el proyecto de LR de la UNED es necesario en primer lugar que el mismo sea de interés institucional, de esta forma su continuidad y fortalecimiento es independiente del cambio de autoridades universitarias.

Se requiere que el equipo de trabajo esté integrado con profesionales de las siguientes áreas:

- Coordinador: enlace del proyecto con las diferentes instancias de la universidad y fuera de la misma.
- Informático / Programador: con conocimientos en lenguajes como HTML-5, JavaScrip, C, entre otros.
- Ingeniero electrónico.

- Docentes de física: capacitados en el uso de LR, que diseñen secuencias didácticas para la enseñanza de la física utilizando estos recursos.

Además de estos profesionales en algunas etapas serán necesarios otros miembros para la realización de tareas puntuales.

#### **4.6. Convenios con instituciones que cuentan con LR**

Es conveniente también fomentar el convenio con otras instituciones que cuentan con LR con el fin de utilizar sus experiencias en los cursos que se ofrecen en la UNED, y también con instituciones ya sean del nivel medio o superior que no cuentan con este recurso de tal forma que puedan utilizar las experiencias que se desarrollen en la UNED, y de esta forma propiciar el crecimiento y mayor impacto del proyecto.

Por otra parte, la suscripción de convenios como los que ya ha establecido la UNED con la UNR y la UNL puede favorecer el establecimiento de una futura federación para el uso compartido de estos recursos en la región latinoamericana, colocando a la UNED en un rol protagónico en ella.

#### **4.7. Síntesis del capítulo**

En este capítulo se presentaron las características deseables que debe tener un LR para su utilización en la EaD que ofrece la UNED de Costa Rica; a la vez se han mencionado los apoyos educativos que se deben elaborar para el aprovechamiento efectivo de estos recursos, así como las acciones de gestión institucional que apoyarían el crecimiento y mejora continua del LR a desarrollar en la UNED.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presentan las principales conclusiones de esta tesis, la síntesis de resultados, algunas recomendaciones y por último las perspectivas o nuevas líneas de investigación asociadas al uso educativo de los LR en la enseñanza y aprendizaje de la física.

### **5.1. Síntesis de los resultados**

Se relevaron un total de 12 proyectos con una amplia trayectoria de trabajo y 8 proyectos que están iniciando, que poseen experiencias de acceso remoto para la enseñanza de la física.

Los resultados de dicho relevamiento muestran que los LR abarcan diversos temas que son objeto de enseñanza de esta disciplina: cinemática, dinámica, fluidos, circuitos eléctricos, magnetismo e incluso física moderna.

Los LR relevados se localizan mayoritariamente en países europeos, siendo Argentina y Brasil los países de Latinoamérica que cuentan con la mayor cantidad de estos recursos.

En su totalidad los LR para la enseñanza de la física ofrecen además del experimento materiales de apoyo como guías técnicas, guías didácticas y video-tutoriales que permiten ofrecer andamios para encarar el proceso educativo.

En relación con aspectos tecnológicos, la mayoría de los LR ha programado sus aplicaciones web en lenguajes que permiten el acceso desde distintos dispositivos. Las arquitecturas empleadas en los diferentes proyectos, algunas de ellas muy sencillas pero efectivas y otras más complejas, permiten gestionar una gran cantidad de experiencias localizadas en distintas partes del planeta como la utilizada por WebLab-Deusto, RemLabNet y Labshare. También se mencionaron los lenguajes de programación utilizados en las aplicaciones de ingreso a las prácticas: en la mayoría de los proyectos se utilizan aquellos lenguajes que permiten que los LR sean multiplataforma.

Para gestionar los LR, dos de los proyectos (RexLab; UNEDLabs) han incorporado en su arquitectura la plataforma LMS MOODLE. Esto constituye un

aspecto a tomar en cuenta, debido a que en la UNED se utiliza esta plataforma de los distintos cursos que se ofrecen en la modalidad a distancia.

Con respecto al segundo estudio, se contó con la participación de 172 estudiantes de la UNED de 31 CeU de los 37 centros que posee la UNED en todo el país.

Los estudiantes que participaron disponen, en su mayoría, de dispositivos móviles para ingresar a los entornos virtuales y para realizar sus actividades de aprendizaje, constituyéndose, en muchos casos, la única forma de acceder al entorno virtual de la UNED.

En relación con las dificultades percibidas por los estudiantes para el uso de LR en sus procesos de aprendizaje, éstas se refieren a problemas de conectividad, que se presentan en ciertas regiones del país, y a cuestiones relativas a la enseñanza tales como un apoyo tutorial insuficiente.

Asimismo, los estudiantes esperan que los LR sean de fácil acceso, principalmente desde los dispositivos móviles, con instrucciones claras y con el apoyo de video-tutoriales.

Para el último estudio se contó con la participación de 40 especialistas de 17 países distintos, los cuales se encuentran asociados a proyectos de LR activos que ofrecen prácticas para la enseñanza de la física.

El 82,2% de los especialistas señalan que comparten sus experiencias con otras instituciones, y el 62,2%, no solicitan usuarios y claves para el uso de las experiencias del proyecto en el que se encuentran asociados.

Aconsejan que los LR sean diseñados de tal forma que ofrezcan facilidad de acceso para los usuarios, especialmente desde dispositivos móviles.

Parte de los resultados de esta investigación han sido comunicados a la comunidad científico-académica, a través publicaciones y ponencias en congresos, los mismos se listan en el Anexo 5.

La concreción de la propuesta presentada en el Capítulo 4 ha sido iniciada mediante las siguientes acciones: asignación del espacio físico para el LR, adquisición de un LR VISIR y del equipamiento para el desarrollo de una

experiencia de mecánica, además de la capacitación y formación doctoral del posible coordinador del proyecto.

## **5.2. Conclusiones**

En el relevamiento realizado sobre LR para la enseñanza de la física se muestran importantes desarrollos en los últimos años que permiten avizorar un uso progresivamente creciente de estos recursos. Se identificaron proyectos de LR en diferentes partes del mundo, que buscan complementar con estos recursos el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física ampliando las oportunidades de realizar trabajo experimental.

Muchos de los proyectos que desarrollan LR se realizan en conjunto entre varias universidades formando equipos interdisciplinarios. Esta tendencia cada vez más afianzada permite aprovechar el camino recorrido por otros centros de enseñanza, optimizar recursos materiales y humanos, logrando recursos educativos más completos.

Una de las características tecnológicas en la que tanto estudiantes como especialistas coinciden que fomenta el trabajo con un LR es la facilidad de acceso. Esta es una característica elemental para el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza.

Con respecto a las cuestiones didáctico-pedagógicas, se hace notar que la mayoría de los LR ya ofrecen guías didácticas y material de apoyo diverso para la realización de las experiencias por parte de los estudiantes. Este aspecto es relativamente reciente y ha habido un avance importante en fortalecer los apoyos didácticos en los diferentes proyectos de experimentación remota relevados.

El éxito de un proyecto de esta naturaleza requiere para su consolidación, permanencia y mejora continua de un equipo técnico y académico que diseñe, proyecte y utilice los LR. Además es indispensable la capacitación continua de dicho equipo de trabajo.

Por último, dado que la EaD alude al aprendizaje planeado que ocurre normalmente en un lugar diferente del local de enseñanza, no cabe duda que los LR permiten fortalecer este sistema educativo ya que con ellos es posible realizar trabajo experimental real sin tener que asistir a una tutoría presencial. La experimentación a distancia reduce el número de desplazamientos obligatorios que deben realizar los estudiantes de la UNED a los CeU.

### **5.3. Recomendaciones**

A los investigadores en educación en ciencias experimentales, se sugiere incrementar los estudios que abordan el empleo de LR, cuyos resultados podrían proveer conocimiento para mejorar el aprendizaje con este recurso.

A las autoridades de la UNED, se recomienda brindar el apoyo necesario para el establecimiento de un equipo de gestión, desarrollo e investigación permanente que se encargue del diseño y acompañamiento en la aplicación de experimentos de acceso remoto, acordes a las necesidades de la EaD, que permitan el fortalecimiento del aprendizaje de la física en esta modalidad. Además se recomienda la suscripción de convenios de cooperación con instituciones que cuentan con experiencia en el desarrollo y uso de experiencias de acceso remoto.

A las Cátedras de Física de la UNED en las que se usen LR en sus cursos, se sugiere solicitar a los tutores e instructores de laboratorio la asistencia a capacitaciones en el uso de estos recursos educativos, para que brinden un apoyo tutorial adecuado acorde al modelo pedagógico de la universidad y se dé un mayor aprovechamiento de los mismos.

### **5.4. Perspectivas**

En el desarrollo de esta tesis se inició una nueva línea de investigación, que se pretende consolidar, enfocada en el establecimiento de criterios para valorar la idoneidad didáctica de los LR como recursos para la enseñanza y aprendizaje

de la física (Arguedas, Concari y Giacomone, 2017), siguiendo el enfoque ontosemiótico de Godino, Batanero y Font (2007). La idea de idoneidad didáctica conduce al desarrollo de un sistema que funciona como una guía de criterios o heurísticas que orientan tanto al investigador como al profesorado en la organización de diseños educativos idóneos; asimismo, es una herramienta potente que permite evaluar la idoneidad de una implementación efectiva estudiando si se cumplen o no dichos criterios, permitiendo una mejora continua de las propuestas educativas.

Como una perspectiva a futuro se ha visionado la capacitación de docentes de física de la escuela media en el uso de LR para introducir estos recursos educativos en la secundaria costarricense y favorecer el componente experimental que requiere el aprendizaje de esta asignatura. Hasta la fecha, ya se ha realizado un taller con docentes en Costa Rica con resultados positivos (Arguedas-Matarrita y otros, 2017). Además se realizó un estudio preliminar sobre la anuencia de una muestra de docentes de física que trabajan en la escuela media para asistir a capacitaciones sobre el uso educativo de los LR, con resultados muy alentadores (Arguedas, Concari y García-Zubia, 2016).

Se espera continuar los estudios relativos al empleo de LR para la enseñanza de la física.

## 6. Bibliografía

Ahmed, A.S. Yassine, K. Mohamed, M. Youness, A. y Ahmed, F. (2017). Remote-controlled Laboratories of Experimental Physics: Measuring the Stiffness of a Spring. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, 5(4), 231-239

Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis*. Wiley-Interscience. 2<sup>da</sup> Edición. Estados Unidos de América.

Alfonso, I.R. (2003). La educación a distancia. *ACIMED*, 11(1), 3-4. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352003000100002&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352003000100002&lng=es&tlng=pt) (07/05/2017).

Álvaro, S. J. (2014). "Diseño e implementación de un módulo electrónico con acceso LAN para el desarrollo de una práctica de laboratorio de física general", <http://190.11.245.244/bitstream/47000/885/1/UISRAEL%20-%20EC%20-%20ELDT%20-%20378.242%20-206.pdf> (12/03/2017).

Alves, G. (2017). Estratégias de ensino e aprendizagem baseadas em laboratórios remotos e virtuais: Contributo para o sucesso da Educação em Engenharia. Conferencia llevada celebrada en: Jornadas Sucesso Académico no Ensino Superior. Porto, Portugal.

Alves, G.R., Fidalgo, A., Marques, A., Viegas, C., Felgueiras, M., Costa, R., Lima, N., Garcia-Zubia, J., Hernández-Jayo, U., Castro, M., Díaz-Orueta, G., Pester, A., Zutin, D., Kulesza, W., Gustavsson, I., Schlichting, L., Ferreira, G., De Bona, D., Da Silva, J., Alves, J., Biléssimo, S., Pavani, A., Lima, D., Temporão, G., Marchisio, S., Concari, S., Lerro, F., Fernández, R., Paz, H., Soria, F., Almeida, N., De Oliveira, V., M. Pozzo, M., y Dobboletta, E., (2016). Spreading re-mote lab usage. A System – A Community – A Federation. In Engineering Education (CISPEE), *2016 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education*, 19 al 21 de octubre, Vila Real, Portugal.

Amaya, G. (2009). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física. *El hombre y la Máquina*, (33), 82-95. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/478/47812225009/> (02/06/2016).

Andrés, M. M., Pesa, M. A. y Moreira, M. A. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales. *Ciência e Educação*,

12(2), 129-142.

Andújar, J.M. Mejías, A y Márquez, M.A. (2011). Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory. *IEEE. Transactions on Education*, 54(3):492 – 500.

Angulo, I. García-Zubia. Rodríguez-Gil, L. y Orduña, P. (2016). A new approach to conduct remote experimentation over embedded technologies. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 80-86. Madrid, España. IEEE.

Area, M. y Adell, J. (2009). eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos (Coord): Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet. Aljibe, Málaga, 391-424. Recuperado de <http://skat.ihmc.us/rid=1Q09K8F68-1CNL3W8-2LF1/e-learning.pdf> (12/08/2017).

Arguedas C. Concari, S. y Ureña, F. (2016). Cooperación Latinoamericana para el desarrollo de Laboratorios Remotos para la enseñanza de la física en ciencias e ingeniería. En: *III Congreso Argentino de Ingeniería– IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería*, Resistencia, Argentina, 2016.

Arguedas, C. Ureña, F. y Conejo, M. (2016). Laboratorios remotos: Herramientas para fomentar el aprendizaje experimental de la Física en educación a distancia. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 10(3), 3309-1.

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S.B., García-Zubía, J., Marchisio, S., Hernández-Jayo, U., Alves, G.R., Uriarte, I., Conejo, M., Gustavsson, I., y Ureña, F. (2017). A teacher training workshop to promote the use of the VISIR Remote Laboratory for electrical circuits teaching. En: *4<sup>th</sup> Experiment@ International Conference, University of Algarve, Faro, Portugal*, 6 al 8 de Junio, 2017.

Arguedas-Matarrita, C. Concari, S.B. y García-Zubía, J. (2016). Visualizando un proceso de capacitación docente para el uso de laboratorios remotos de física en la educación secundaria costarricense, *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as Ciências - Diálogo entre las Ciencias*, 5(1), 187-199.

Arguedas-Matarrita, C. Concari, S.B. y Giacomone, B. (2017). La idoneidad

didáctica de los Laboratorios Remotos como recursos para la enseñanza y aprendizaje de la física. *Revista Enseñanza de la Física*, 29(Extra, 511-517.

Atkan, B. (1996). Distance Learning Applied to Control Engineering Education. Tesis Master of Science in Electrical And Computer Engineering. Recuperado de <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/34806/AktanBurcin1996.pdf?sequence=3> (17/6/2015).

Aveleyra, E.E. Villafañe, A.R y Proyetti Martino, M. A. (2016). El acceso a los fenómenos físicos a través de Laboratorios remotos. Experiencias en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. En EDUCación y TECnología. Propuestas desde la investigación y la innovación educativa Roig-Vila (editora). Ediciones OCTAEDRO, S.L. Barcelona, España. Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/61788/1/2016\\_Educacion-y-tecnologia.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/61788/1/2016_Educacion-y-tecnologia.pdf) (03/05/2017).

Cabero Almenara, J. y Marín-Díaz, V. (2017). Blended Learning y Realidad Aumentada: experiencias de diseño docente. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 21(1), (versión preprint). doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.18719> (12/08/2017).

Cabero, J. (2012). La educación a distancia hacia el e-learning 2.0: la interacción como variable de éxito. En: Moreno, M. Veinte visiones de la educación a distancia. Guadalajara, México, 247-261.

Cardoso, D. C. (2016). “A descoberta do elétron como tema gerador de um ensino de física mediado por experimentação remota”, <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17791/1/DescobertaEletronComo.pdf> (13/03/2017).

Carrera, V. (2017). Una nueva herramienta al alcance de los estudiantes de la MAD. Recuperado de <http://noticias.utpl.edu.ec/una-nueva-herramienta-al-alcance-de-los-estudiantes-de-la-mad> (09/06/17).

Carreras, C. Yuste, M., y Sánchez, J. P. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Rev. Cubana de Física*, 24(1), 80-83.

Castro, M., Llamas, M., Díaz, G., San Cristóbal, E., Martín, S., Gil, R., Tawfik, M., Caeiro, M., Fontenla, J., Pastor, R., Hernández, R., Ros, S., Pesquera, A., García-Zubia, J., Orduña, P., Gómez, J.M., Tovar, E., Martínez-Bonastre, O., y Vincent, Y. (2009). Servicios para Plataformas Educativas: Laboratorios y Aplicaciones. En *TAAE 2010. IX Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*.

Chaves Torres, A. (2017). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI. *Revista Academia y Virtualidad*, 10(1), 23-41.

Chen, S. Chen, V. Ramakrishnan, S. Hu, S. Zhuang, Y. Ko, C. y Chen, M. (1999). Development of Remote Laboratory Experimentation through Internet. Recuperado de <http://vlab.ee.nus.edu.sg/~vlab/vlab/papers/C-IEEE-hksrc99.pdf> (14/6/2015).

Concari, S. B. y Kofman, H. A. (2012). Laboratorio remoto: una tecnología emergente para la formación en ingeniería. *XVII Congreso Internacional Tecnologías para la Educación y el Conocimiento. Tecnologías Emergentes XVIICITEC2012*, 3-5 de Julio, Madrid, España.

Culzoni, C. (2013). Calidad de las interacciones en una propuesta para enseñanza de la física en aula virtual y utilizando un Laboratorio Remoto. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 6(4), 29-43

Da Silva, J.B. (2006). *A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem*. (Disertación Doctoral). Universidad Federal de Santa Catarina. Recuperado de <http://btd.egc.ufsc.br/wp-content/uploads/2010/06/Juarez-Bento-da-Silva.pdf> (02/05/2016).

Da Silva, J.B. Rochadel, W. Simão, J.P. Marcelino, R. y Gruber, V. (2013). Using Mobile Remote Experimentation to Teach Physics in Public School. En *ICBL2013 – International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning*. Recuperado de [http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution16\\_a.pdf](http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution16_a.pdf) (05/06/2016).

Da Silva, J.B. Simão, J.P. Cristiano, M.A. Nicolete, P.C. Heck, C. y Coelho, K.S. (2016). A DC Electric Panel Remote Lab. *International Journal of Online*

*Engineering*, 12(4), 30-32. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5096/3912> (25/05/2016).

De Jong, T. Sotiriou, S. y Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1-16. Recuperado de <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-01205279/document> (07/06/2016).

De la Torre, L. Dormido, S. Heradio, R. Sánchez, J. Sánchez-Fernández, J. P. Carreras, C. y Yuste, M. (2013). Laboratorios remotos de Física. *Revista Española de Física*, 27(1), 1-4.

De la Torre, L. Sánchez, J.P. y Dormido, S. (2016). What remote labs can do for you. *Physics Today*, 69(4), 48-53; doi: 10.1063/PT.3.3139.

Del Alamo, J. Brooks, L. McLean, C. Hardison, J. Mishuris, G. Chang, V. y Hui, L. (2002). The MIT Microelectronics WebLab: a Web-Enabled Remote Laboratory for Microelectronic Device Characterization. <http://www-mtl.mit.edu/~alamo/pdf/2003-2002/2002/delAlamo%20NL%202002.pdf> (06/10/2015).

Dengo, E. (2004). *Educación Costarricense*. EUNED, San José, Costa Rica.

Díaz, A. y Hernández, R. (1999). Constructivismo y aprendizaje significativo. En: Estrategias docentes para el aprendizaje significativo. (pp.13-33). México, Mc Graw Hill. Recuperado de <http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/647/Constructivismo.pdf?sequence=1> (01/08/2017).

Díaz, S.M. (2014). Los Métodos Mixtos de Investigación: Presupuestos Generales y Aportes a la Evaluación Educativa, *Revista portuguesa de pedagogía*, 48(1), 7-23.

Dormido, S. Sánchez, J. De la Torre, L. Heradio, R Carreras, C. Sánchez J.P. y Yuste, M. (2012) Physics Experimentsatthe UNEDLabs Portal. *International Journal of Online Engineering*, 8(Especial), 26-27. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1945/2061> (21/05/2016).

Dormido, S. Sánchez, J. Vargas, J. De la Torre, L. Heradio, R. (2011). UNEDLabs: a Network of Virtual and Remote Laboratories. In: Using Remote

Labs in Education. J. García-Zúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 253-270. Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (21/10/2015).

Escobar-Pérez, J. y Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36. Recuperado de [http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3\\_Juicio\\_de\\_expertos\\_27-36.pdf](http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf) (14/01/2017).

Franco, A. Beléndez, A. y Ablanque, J. (2013). Recursos multimedia para la enseñanza on-line de la Física. *Revista Española de Física*, 27(1), 49-56.

Freeman, S. Eddy, S. L. McDonough, M. Smith, M. K. Okoroafor, N. Jordt, H. y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.

García Aretio, L. (2016). El juego y otros principios pedagógicos. Su pervivencia en la educación a distancia y virtual. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19(2), 09-23. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.19.2.16175>.

García, F. Macho, A. San Cristóbal, E. Rodríguez, M. Díaz, G. Castro, M. (2016). Remote Laboratories for Electronics and New Steps in Learning Process Integration. En *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 106-111. Madrid, España.

García, L. (1999). Historia de la educación a distancia. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 2(1), 8-27.

García, L. (2014). *Bases, mediaciones y futuro de la educación a distancia en la sociedad digital*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

García, L. y García, M. (2016). Modelos educativos a distancia ligados a los desarrollos tecnológicos. *Revista Internacional de Didáctica de las Lenguas Extranjeras, Monográfico*, (1), 17-29.

García, T. (2003). El cuestionario como instrumento de investigación/evaluación. Recuperado de

[http://www.univsantana.com/sociologia/EI\\_Cuestionario.pdf](http://www.univsantana.com/sociologia/EI_Cuestionario.pdf) (22/02/2016).

García, Y. Reyes, D. y Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 18, 37-48. Recuperado de <http://revistas.umce.cl/index.php/dialogoseducativos/article/view/1168/1177> (01/11/2017).

García-Zubía, J., Romero, S., Guenaga, M., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Cuadros, J., González-Sabaté, L., Orduña, P., Dziabenko, O., y Rodríguez-Gil, L. (2014). Experiencia de Uso y Evaluación de VISIR en Electrónica Analógica. Presentando en: *XI congreso de Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica –TAAE 2014*, 11-13 de junio, Bilbao, España.

García-Zubía, J. Angulo, I. Martínez-Pieper, G. López, D.; Hernández, U. Orduña, P. et al. (2015). Archimedes remote lab for secondary schools. En: Experiment@ International Conference (Exp. at'15), 2015 3<sup>rd</sup>, IEEE. DOI: [10.1109/EXPAT.2015.7463215](https://doi.org/10.1109/EXPAT.2015.7463215) (23/09/2016).

García-Zubia, K. Hernández, U. Angulo, I. Orduña, P. Irurzun, J. (2009). Acceptance, Usability and Usefulness of WebLab-Deusto from the Students Point of View. *International Journal of Online Engineering*, 5(1), 1-7.

Giraldo, M.L. y Pamplona, L.E. (2014). Desarrollo de un módulo para un laboratorio de física controlado de manera remota. (Trabajo final de grado). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4682/4/531324G516.pdf> (28/05/2016).

Godino, J. D. Batanero, C. y Font, V. (2007). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39, 127-135.

Gómez, A. García, C.M. y Díaz, G. (2016). La evaluación como instrumento de formación para el aprendizaje a través de los laboratorios remotos. *REDU-Revista de Docencia Universitaria*, 14(1), 377-403.

González, M. A. Perdomo, K. V. y Pascuas, Y. (2017). Aplicación de las TIC en modelos educativos blended learning: una revisión sistemática de literatura.

<http://revistas.ugca.edu.co/index.php/sophia/article/view/364/1050> (23/05/2017).

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*, 4(1), 19-25.

Gröber, S. Vetter, M. Eckert, B. y Jodl, H. (2008). Experimenting from a Distance-Remotely Controlled Laboratory (RCL). Recuperado de <http://discoverlab.com/References/Experimenting%20from%20a%20Distance.pdf> (24/5/2015).

Guinaldo, M. De la Torre, L. Heradio, R. Dormido, S. (2013). A Virtual and Remote Control Laboratory in MOODLE: The Ball and Beam System. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015340799> (15/05/2016).

Heck, C. y Dos Santos, C. (s.f). Experimentação Remota Móvel para Educação Básica. Propagação de calor por condução. <http://relle.ufsc.br/doc/conducao.pdf> (22/12/2015).

Henaó, J.C. Barrera, J.B. y Mulcúe, L.F. (2013). *Physilab: Conceptos y Ejercicios*. Pereira, Colombia: Universidad Católica de Pereira.

Henry, J. (1998). Laboratory Teaching via the World Wide Web. En *Proceedings of the 1998 ASEE Southeastern Section Conference* (180-187). Recuperado de <http://icee.usm.edu/icee/conferences/ASEE-SE-2010/Conference%20Files/ASEE1998/Henry.pdf> (12/02/2016).

Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*, Mc Graw Hill, México.

Hesselink, L. Rizal, D. y Bjornson, E. (2000). CyberLab: Remote access to laboratories through the world-wide-web. Recuperado de <http://www.discoverlab.com/References/043.pdf> (27/5/2015)

Hooper, C. Mora, F. Valerio, C. Castro, A. Durán, Y. y Paniagua, M. (2017). Diseño y organización de entornos virtuales de aprendizaje. En: *Consideraciones para el diseño y oferta de asignaturas en línea*, 79-87.

Recuperado de <https://www.uned.ac.cr/academica/images/vicerrectoria/documentacion/Consideraciones-diseno-oferta-asignaturas-linea.pdf> (10/08/2017).

Infante, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa*, 19(62), 917-937. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v19n62/v19n62a13.pdf> (16/07/2017).

Instituto Costarricense de Enseñanza Radiofónica (ICER). En Maestro en casa. Recuperado de <http://www.costarica.elmaestroencasa.com/index.php?page=historia>(23/07/2017).

Johnson, L. Adams Becker, S. Gago, D. García, E. y Martín, S. (2013). NMC Perspectivas Tecnológicas: Educación Superior en América Latina 2013-2018. Un Análisis Regional del Informe Horizon del NMC. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Jona, K. Roque, R. Skolnik, D. Uttal, D. y Rapp, D. (2011). Are Remote Labs Worth the Cost? Insights From a Study of Student Perceptions of Remote Labs, *International Journal of Online Engineering*, 7 (2), 48-53.

Kärkkäinen, K. and S. Vincent-Lancrin. (2013). SparkingInnovation in STEM EducationwithTechnology and Collaboration: A Case Studyofthe HP CatalystInitiative. OECD EducationWorkingPapers, 91, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en> (03/11/2017).

Kofman, H. De Greef, M. Poesa, J. y Lucero, P. (2011). Estudio del campo magnético de un solenoide con experimento remoto y simulación. *Revista de Enseñanza de la Física*. 24(2), 55-64. Recuperado de <http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8171/9050> (29/5/2015).

Kofman, H. y Concari, S. (2011). Using remote labs for Physics teaching. En: *Using Remote Labs in Education*. J. García-Zúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 293-308 (2011). Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (02/06/2016).

Kostulski, T. y Murray, S. (2011). Student Feedback from the First National Sharing Trial of Remote Labs in Australia. En *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2015 12th International Conference on*. Brasov, Romania, 29 de junio al 02 de julio, p. 203-211.

Kouzes, R. Myers, J. y Wulf, W. (1996). Collaboratories: Doing Science on the Internet. Recuperado de <http://www.virginia.edu/cs/people/faculty/pdfs/Collaboratories.pdf> (23/5/2015).

Kreiter, C. Oros, R. G. Pester, A., Gustavsson, I. Castro, M. Fidalgo, A. y Alves, G. R. (2017). VISIR federation: Initial building steps: PILAR experience— Work in progress. En: *Experiment@ International Conference (exp. at'17)*, 6 al 8 de junio, Faro, Portugal.

Labshare.(2017). Benefits for students. Recuperado de <http://www.labshare.edu.au/remotelabs/students> (13/09/2017).

Lemus, L. Llorens, A. Bollo, M. y Gómez, J. (2005). Empleo de laboratorios virtuales en el espacio europeo de enseñanza. En: *XI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 13-15 julio, Valencia, España.

Lerro, F. Marchisio, S. Perretta, M. Plano, M. y Protano, M. (2011). Using the Remote Lab of Electronics Physics (“Laboratorio Remoto de Física Electrónica”) to Support Teaching and Learning Processes in Engineering Courses. En: *Using Remote Labs in Education*. J. García-Zúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 211-230, (2011). Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (04/06/2016).

Lerro, F. Orduña, P. Marchisio, S. y García-Zubia, J. (2014). Development of a Remote Laboratory Management System and Integration with Social Networks. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)*, 2(3), 33-37. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-jes/article/view/3821/3227> (23/05/2016).

Lerro, F. y Marchisio, S. (2016). Preferences and uses of a remote lab from the students' viewpoint. *International Journal of Online Engineering*, 12(3), 53-57. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5468/3855> (23/05/2016).

Lima, J.P. Simão, J. P.Silva, I. N. Nicolete, P. C. Da Silva, J. B. y Alves, J. B. (2016b). An Inclined Plane Remote Lab. En: REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 24-26 de febrero, Madrid, España.

Lima, N., Viegas, C., Alves, G. y Garcia-Peñalvo, F. J. (2016a). VISIR's usage as an educational resource: a review of the empirical research. En *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. Salamanca, España, 2 al 4 de noviembre, 893-901. doi:10.1145/3012430.3012623

Lowe, D., Newcombe, P. y Stumpers, B. (2013). Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education*, 43(3), pp.1197-1219.

Lustig, F. (2016). Simple modular system “iSES Remote Lab SDK” for creation of remote experiments accessible from PC, tablets and mobile phones. En: REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 24-26 de febrero, Madrid, España.

Marchisio, S., Concari, S.B., Lerro, F., Saez de Arregui, G., Plano, M., Merendino, C. y Alves, G.R. (2016). *Uso compartido de módulos educativos para circuitos eléctricos y electrónicos del laboratorio remoto VISIR*. En: 7° Seminario Internacional de Educación a Distancia. Santa Fe, Argentina, 20 y 21 de octubre.

Martín, G. (2013). Diseño e implementación de laboratorio remoto para la experimentación con el principio de Arquímedes mediante arquitectura asíncrona distribuida. (Tesis de grado en Ingeniería en Telecomunicaciones). Universidad de Deusto. Bilbao, España.

Meisel, D., J. D, Bermeo, A., H. P., Saavedra, M., C. y Patiño, G., L. (2010). El éxito en la enseñanza de las Ciencias basada en Indagación (EBCI): ¿Una cuestión más allá del aula de clase? *Pedagogía y Saberes*, (32), 111-124.

Mejía, J. C. (2012). Framework para la elaboración de laboratorios de ciencias básicas remotos. Recuperado de

<http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/1949/1/CDMIST72.pdf> (28/05/2016).

Méndez-Estrada, V. y Monge, J. (2006). Las TIC en un entorno latinoamericano de educación a distancia: la experiencia de la UNED de Costa Rica. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 15, 1-13. Recuperado de <http://revistas.um.es/red/article/viewFile/24321/23661> (11/08/2017).

Meneses, G.A. y Ordosgoitia, C.E. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP. *Revista Educación en Ingeniería*, 4(7), 62-73.

Mill, D. (2014). Flexibilidade educacional na cibercultura: analisando espaços, tempos e currículo em produções científicas da área educacional. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 97-126.

Molina, C.D. Calvo, A.F. y Pamplona, L.E. (2017). Desarrollo de un módulo experimental de difracción de la luz para un laboratorio de física controlado de forma remota. *Prospectiva*, 15(1), 100-111. Doi: <http://dx.doi.org/10.15665/rp.v15i1.744>

Molina, I. (2016). *La educación en Costa Rica de la época colonial al presente*. Editoriales Universitarias Públicas Costarricenses (EDUPUC). Primera edición, San José, Costa Rica.

Molina, S. (2008). *La joven Benemérita. Universidad Estatal a Distancia*. San José: Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Monge, J. y Méndez, V. H. (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Educación*, 31(1), 91-108.

Morales, O. A. (2003). Fundamentos de la Investigación Documental y la Monografía. En Manual para la elaboración y presentación de la monografía (Norelkys Espinoza y Ángel Rincón, Editores). Recuperado de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16490/1/fundamentos\\_investigacion.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16490/1/fundamentos_investigacion.pdf) (11/08/2016).

Navarro, E. y Tizón, J.M. (2016). Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos. *Modelling in Science Education and Learning*, 9(1), 129-138.

Nunes de Oliveira, I. Douglas, V. Gomes, M. Takiya, C. y Soares, M. (2016). As mudanças ocorridas nos programas de ensino da física, os laboratórios didáticos de física e a inclusão de novas tecnologias no desenvolvimento dos experimentos remotos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 11(3), 51-68.

Orduña, P. (2013). *Transitive and Scalable Federation Model for Remote Laboratories*. (Disertación Doctoral). Universidad de Deusto. Bilbao, España. Recuperado de <https://morelab.deusto.es/media/publications/theses/pablo-orduna.pdf> (22/04/2015).

Orduña, P. Rodríguez-Gil, L. García-Zubia, J. Angulo, I. Hernández, U. y Azcuenaga, E. (2017). Increasing the value of Remote Laboratory federations through an open sharing platform: LabsLand. En 14<sup>th</sup> *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, New York, USA.

Ortiz, A. L., Reales, J. P. y Rubio, B. I. (2014). Ontología y episteme de los modelos pedagógicos. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(18), 23-34.

Ozoldova, M. Cernansky, P. Lustig, F. y Schauer, F. (2005). Experience with Remote Physics Experiments in Student's Laboratory. [http://www.ises.info/old-site/clanky\\_pdf/paper2.pdf](http://www.ises.info/old-site/clanky_pdf/paper2.pdf) (23/08/2015).

Rodríguez, L. (2013). Diseño e implementación de la plataforma Boole-WebLab-Deusto para el prototipado rápido de sistemas digitales mediante el uso de laboratorios remotos y realidad aumentada. Recuperado de [http://weblab.deusto.es/pub/pfc\\_luis/pfc\\_luis.pdf](http://weblab.deusto.es/pub/pfc_luis/pfc_luis.pdf) (9/6/2015).

Rodríguez, N. (2014). Fundamentos del proceso educativo a distancia: enseñanza, aprendizaje y evaluación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 75-93.

Rodríguez-Triana, M. Vozniuk, A. y Gillet, D. (2016). Using Learning Analytics at School: a Go-Lab Study. Recuperado de [https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/621/1/2016\\_LASI\\_Using\\_Learning\\_Analytics\\_at\\_School\\_a\\_Go\\_Lab\\_Study.pdf](https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/621/1/2016_LASI_Using_Learning_Analytics_at_School_a_Go_Lab_Study.pdf) (29/05/2017).

Rosado, L. y Herreros, J. (2009). Nuevas Aportaciones Didácticas de los Laboratorios Virtuales y Remotos en la Enseñanza de la Física. En *International Conference on Multimedia and ICT in Education*, Lisboa, Portugal. Recuperado de <http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf> (15/08/2017).

Ruiz, L. Sánchez, M. y Maroto, S. (2017). Recursos y materiales en entornos virtuales de aprendizaje. En: Consideraciones para el diseño y oferta de asignaturas en línea, 101-112. Recuperado de <https://www.uned.ac.cr/academica/images/vicerrectoria/documentacion/Consideraciones-diseno-oferta-asignaturas-linea.pdf> (11/08/2017).

Saez de Arregui, G. Plano, M. Lerro, F. Petrocelli, L. Concari, S. B. Scotta, V. Marchisio, S. T. (2012). Un sistema laboratorio remoto móvil para la educación en el área de energías para el desarrollo sostenible. *Congreso Mundial de Educación en Ingeniería. WEEF 2012*, Buenos Aires, Octubre 2012.

Salas, I. (2010). Procesos de virtualización en la UNED de Costa Rica. Recuperado de <http://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/10991.pdf> (09/08/2017).

San Cristóbal, E. (2010). Metodología Estructura y Desarrollo de Interfaces Intermedias para la Conexión de Laboratorios Remotos y Virtuales a Plataformas Educativas. (Disertación Doctoral en Sistemas de Información): Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. Recuperado de [http://meteo.ieec.uned.es/www\\_Usumeteo7/tesis%20esancristobalruiz.pdf\(20/05/2016\)](http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteo7/tesis%20esancristobalruiz.pdf(20/05/2016)). (06/05/2015).

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *TheTechnologyTeacher*, 68 (4), 20-26.

Schauer, F, Krbec, M. Beno, P. Gerza, M Palka. y Spilaková, P. (2015). REMLABNET II - open remote laboratory management system for university and secondary schools research based teaching. En *REV2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 109-112. Bangkok, Thailandia.

Schauer, F. Krbec, M Beno, P. Gerza, M. Palka, L. Spilaková, P. y Tkac, L. (2016). REMLABNET III – federated remote laboratory management system for university and secondary schools. En: *REV2016 13th International Conference*

on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 24-26 de febrero, Madrid, España.

Schauer, F. Krbecek, M., Beno, P. Gerza, M. Palka, L. y Spilakova, P. (2014). REMLABNET-open remote laboratory management system for e-experiments. *En: REV2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 268-273. Porto Portugal.

SINAES. (2017). Lista de carreras acreditadas. Recuperado de [http://www.sinaes.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=115](http://www.sinaes.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=115) (18/08/2017).

Smith, M. L. (2006). *Multiple methods in education research*. En J. Green, G. Camilli y P. Elmore (Eds.), *Handbook of complementary methods in educational research* (pp. 457-475). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

TAE-2. (2016). Material del Taller: Training Action-2 del proyecto VISIR+. Rosario, Argentina.

Thoms, L. y Girwidz, R. (2017). Experiments on Optical Spectrometry in the VirtualRemoteLab. *En: Experiment@ International Conference (exp. at'17)*, 6 al 8 de junio, Faro, Portugal.

Tomaseti, E. Sánchez, N. y García, J.H. (2014). Google Drive: Una herramienta para el desarrollo de cuestionarios "on line". *En: Experiencias Docentes en Estadística*. Recuperado de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4093/gdh.pdf?sequence=6&isAllowed=y> (19/06/2017).

Torres, J.L. y Castillo, T. (2009). La educación a distancia en Costa Rica. Realidades y tendencias. *En La Educación Superior a Distancia en América Latina y el Caribe*. Lupio, P. y Rama, C. (coordinadores). Recuperado de [http://www2.uned.es/catedraunesco-ead/cosypedal/Libro\\_EduDist2009.pdf](http://www2.uned.es/catedraunesco-ead/cosypedal/Libro_EduDist2009.pdf) (06/02/2017).

UNED (2004). *El Modelo Pedagógico de la Universidad Estatal a Distancia* Aprobado por el Consejo Universitario en sesión No. 1714-2004. Recuperado de

[http://www.uned.ac.cr/conuniversitario/images/docs\\_cu/politicas\\_academicas/ModeloPedagogico\\_000.pdf](http://www.uned.ac.cr/conuniversitario/images/docs_cu/politicas_academicas/ModeloPedagogico_000.pdf) (22/03/2015).

UNED (2012). *Plan de mejoramiento Institucional*. Rectoría. Recuperado de <https://www.uned.ac.cr/ami/iniciativas> (23/03/2016).

UNED. (2010). *Cómo diseñar y ofertar cursos en línea. Consideraciones generales*. Recuperado de: <https://www.uned.ac.cr/academica/images/PACE/recursos/CursosenLineaversionweb.pdf> (11/02/2017).

UNED. (2013). *Plan de Desarrollo Académico 2008-2011*. San José, Costa Rica: UNED. Recuperado de [https://www.uned.ac.cr/academica/plan\\_academico/insumos/PlanDesAcad\\_UNED\\_final.pdf](https://www.uned.ac.cr/academica/plan_academico/insumos/PlanDesAcad_UNED_final.pdf) (26/07/2017).

Ureña, F. y Arguedas, C. (2017). Propuesta para el diseño de laboratorios virtuales para la enseñanza de la física en un modelo de educación a distancia. En: XXIV Congreso Internacional de Educación y Aprendizaje. Honolulu, Hawaii, USA, 19-21 de julio, 2017.

Vega, E. Muñoz, G. Roncancio, H. Velasco, H. Ballén, J. y Rodríguez, C. (2002). Laboratorio Remoto en la Educación de la Ingeniería. *Revista de Ingeniera Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 7(1), 85-87.

Velasquez, Y. Ramos, O. y Amaya, D. (2016). Technology Used for the Implementation of Remote Laboratories. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(11), 7456-7461.

Vygostki, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Editorial Paidós, Barcelona, España.

WebLab-Deusto. (2016). *WebLab-Deusto Documentation Release 5.0*. Recuperado de <https://media.readthedocs.org/pdf/weblabdeusto/latest/weblabdeusto.pdf> (06/06/2016).

Wong,H. Kapila, V. y Tzes, A. (2001). Mechatronics/process control remote laboratory. Recuperado de <http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=vmv6ugjyqtd5?url=file%3A%2F%>

[2Flocalhost%2FE%3A%2Fsearch%2Fconference%2F25%2FAC%25202001Paper672.PDF&index=conference\\_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset](http://localhost%2FE%3A%2Fsearch%2Fconference%2F25%2FAC%25202001Paper672.PDF&index=conference_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset) (28/5/2015).

Zamora, R. (2012). Laboratorios Remotos: Actualidad y tendencias futuras. *Scientia et technica*, 17(51), 113-118.

## 7. Agradecimientos

Primero que todo a la Universidad Estatal a Distancia (UNED) por la beca otorgada a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI) para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina, lo que hizo posible iniciar esta aventura doctoral e iniciarme como investigador.

A mi directora y amiga la Dra. Sonia Beatriz Concari, por compartir su conocimiento y los sabios consejos y ayuda en cada etapa de este proceso.

A mi esposa (Adriana) y mis hijas (Ashley y Valeria) por aceptar este cambio de vida y acompañarme en Argentina.

A mis padres (Carlos y Sandra) por todo, toda mi vida estaré orgulloso de ser su hijo, gracias por mostrarme desde chico, la importancia del estudio, esto hace posible hoy que el hijo de padres humildes pero muy trabajadores pueda estar escribiendo estos agradecimientos.

Al Grupo de investigación en Laboratorios Remotos de la UNR por permitirme participar en sus proyectos en especial a la Dra. Susana Marchisio.

A mi compañero y amigo Fernando Ureña por el apoyo y gestiones que realizó en la UNED, además de Oscar Barahona y Ronald Sánchez quienes estuvieron cuando los necesité.

A toda mi familia quienes se preocuparon por mí mientras estaba en Argentina, en especial mis hermanas Liliana y Sandra.

En la UNED quiero agradecer: del AMI a la Mag. Heydi Rosales por todo el apoyo, al igual que Katherine Abarca y Alban Espinoza por su eficiencia, y del COBI a Valeria Corrales y Marcela Pérez por su preocupación con mi beca. Y al señor Rector Mag. Luis Guillermo Carpio y la Dra. Lizzete Brenes quienes me apoyaron desde el inicio de este proceso y a la Vicerrectora Académica Dra. Katya Calderón por la confianza y apoyo en este proyecto y gestionar el presupuesto para la compra del primer Laboratorio Remoto de la UNED; además al Ing. Luis Montero director de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales por el apoyo para acceder a la beca.

Al Dr. Hector Odetti por el apoyo en mi estancia en Argentina. Y la Dra. Fernanda Simoniello por los buenos asados en su casa y su buena amistad.

Al Dr. Pablo Orduña de LabsLand, por el apoyo brindado. Además al Dr. Javier García Zubía por compartir las prácticas de WebLab-Deusto cuando se requirieron.

Al Dr. Juarez Bento Da Silva por recibirme en mi estancia en RexLab.

Al Dr. Gustavo R. Alves por la colaboración y por socializar el instrumento con los especialistas de otros proyectos.

A Pablo Lucero del Grupo Galileo de la UNL por facilitarnos sus prácticas de acceso remoto.

Por último a los expertos, estudiantes y especialistas que formaron parte de esta investigación.

A todos ellos mi sincero agradecimiento, como dijo Gustavo Cerati “Gracias totales”.

Carlos Arguedas Matarrita

## 8. Anexos

## Anexo 1. Ficha para la validación de los instrumentos

Universidad Nacional del Litoral

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales

### Ficha para la validación de los instrumentos

Estimado especialista, le agradecemos por colaborar en el proceso de validación de los dos instrumentos de recolección de información a utilizar en la tesis doctoral denominada “***Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica***”, los que se detallan a continuación:

- Instrumento 1: Cuestionario a estudiantes; el mismo consta de 12 preguntas divididas en tres secciones (Datos generales, conectividad y Laboratorio Remoto). El objetivo de este instrumento es indagar la percepción de los estudiantes acerca del uso de Laboratorios Remotos y sobre aspectos referentes al uso y disponibilidad de dispositivos con Internet.
- Instrumento 2: Cuestionario a expertos; consta de 16 preguntas divididas en tres partes (Datos generales, Aspectos tecnológicos y aspectos pedagógicos sobre los Laboratorios Remotos). El objetivo del mismo es conocer las características del LR con el que están vinculados, los fundamentos didácticos del mismo, así como los recursos tecnológicos y educativos que lo complementan.

Antes de agregar sus recomendaciones a los instrumentos, por favor complete los siguientes datos:

Grado académico \_\_\_\_\_

País \_\_\_\_\_

Especialidad: Educación\_\_\_\_\_ Ingeniería\_\_\_\_\_ Tecnología \_\_\_\_\_  
Física\_\_\_\_\_ Metodología de la investigación \_\_\_\_\_ Didáctica \_\_\_\_\_

Por favor registre sus observaciones en las siguientes Tablas.

Tabla 1. Observaciones instrumento a estudiantes

Pregunta	Observaciones
P.1	
P.2	
P.3	
P.4	
P.5	
P.6	
P.7	
P.8	
P.9	
P.10	
P.11	
P.12	

Tabla 2. Observaciones instrumento a expertos

Pregunta	Observaciones
P.1	
P.2	
P.3	

P.4	
P.5	
P.6	
P.7	
P.8	
P.9	
P.10	
P.11	
P.12	
P.13	
P.14	
P.15	
P.16	

## Anexo 2. Cuestionario dirigido a estudiantes

### Cuestionario

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas  
Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales

Tema de investigación:

“Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica”

Estimado estudiante.

Este cuestionario forma parte de una investigación doctoral dirigida a diseñar el Laboratorio Remoto de Física de la Universidad. Los Laboratorios Remotos (LR), los LR son herramientas tecnológicas que integran software y hardware para configurar una experiencia real a la que se accede de manera remota a través de Internet o de redes académicas, y se puede observar en tiempo real lo que se ejecuta a través de cámaras web.

Para cumplir los objetivos del estudio es imprescindible contar con su colaboración, por ello le solicitamos completar los ítems que se presentan a continuación. La información que usted suministre será confidencial y se utilizará exclusivamente para la investigación que se le indica.

De antemano le agradecemos su valiosa colaboración.

Instrucciones

El cuestionario se compone de tres partes a saber: Datos generales, Conectividad y Laboratorio Remoto.

**\*Obligatorio**

### I Parte. Datos generales

1. **1. Edad: Por favor seleccione sólo una de las siguientes opciones: \***

*Marca solo un óvalo.*

- Entre 18 y 25 años
- Entre 26 y 33 años
- Entre 34 y 41 años
- Entre 42 y 49 años
- Más de 50 años

2. **2. Carrera en la que se encuentra matriculado \***

*Marca solo un óvalo.*

- Enseñanza de las Ciencias Naturales
- Ingeniería Industrial

**3. 3. Centro Universitario en el que se encuentra matriculado \***

*Marca solo un óvalo.*

- San José (01)
- Quepos (02)
- Cartago (03)
- Alajuela (04)
- San Carlos (05)
- Palmares (06)
- Nicoya (07)
- Cañas (08)
- Puntarenas (09)
- Ciudad Neylli (10)
- Osa (11)
- Limón (12)
- San Isidro (13)
- Siquirres (14)
- Guápiles (16)
- Orotina (17)
- Sarapiquí (18)
- Puriscal (20)
- San Vito (21)
- Jicaral (22)
- La Cruz (23)
- Upala (24)
- San Marcos (25)
- Liberia (26)
- Turrialba (27)
- Buenos Aires (29)
- Santa Cruz (32)
- La Reforma (33)
- Heredia (34)
- Atenas (35)
- Tilarán (36)
- Monte Verde (37)
- Puerto Jiménez (40)
- Desamparados (42)
- Pavón (43)
- Talamanca (44)
- Acosta (45)
- Sede Interuniversitaria de Alajuela (81)

**4. Centro Universitario al que asiste a las tutorías presenciales de física \***

*Marca solo un óvalo.*

- San José (01)
- Quepos (02)
- Cartago (03)
- Alajuela (04)
- San Carlos (05)
- Palmares (06)
- Nicoya (07)
- Cañas (08)
- Puntarenas (09)
- Ciudad Neylli (10)
- Osa (11)
- Limón (12)
- San Isidro (13)
- Siquirres (14)
- Guápiles (16)
- Orotina (17)
- Sarapiquí (18)
- Puriscal (20)
- San Vito (21)
- Jicaral (22)
- La Cruz (23)
- Upala (24)
- San Marcos (25)
- Liberia (26)
- Turrialba (27)
- Buenos Aires (29)
- Santa Cruz (32)
- La Reforma (33)
- Heredia (34)
- Atenas (35)
- Tilarán (36)
- Monte Verde (37)
- Puerto Jiménez (40)
- Desamparados (42)
- Pavón (43)
- Talamanca (44)
- Acosta (45)
- Sede Interuniversitaria de Alajuela (81)

**II Parte. Conectividad**

5. **¿Cuántas veces ingresa a la plataforma virtual? (Elija los lugares y la veces que ingresa de cada una de las opciones) \***

Marca solo un óvalo por fila.

	Todos los días	De 4 a 5 días por semana	Entre 2 y 3 días por semana	Sólo fines de semana	Nunca
Casa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Café internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Celular inteligente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Centro universitario	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. **Comenta cualquier clarificación que creas necesaria acerca de tus respuestas:**

---



---



---



---



---

7. **6. ¿Cómo considera la velocidad de conexión a internet que usted utiliza, en cada uno de los siguientes lugares/dispositivos, para ingresar a los cursos en línea o cualquier otra actividad en la que requiere internet? (Solo elija los que utiliza) \***

Marca solo un óvalo por fila.

	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Deficiente	No aplica
Casa	<input type="radio"/>					
Café internet	<input type="radio"/>					
Celular inteligente	<input type="radio"/>					
Centro Universitario	<input type="radio"/>					
Trabajo	<input type="radio"/>					

8. **7. ¿Cuáles de los siguientes dispositivos con acceso a internet utiliza para ingresar a la plataforma virtual? (puede escoger varias opciones) Por favor, marque las opciones que correspondan:**

Selecciona todos los que correspondan.

- Computador de escritorio (desktop)
- Computador portátil (Laptop/notebook/netbook)
- Tableta
- Teléfono celular inteligente (Smart Phone)

### III Parte. Laboratorio Remoto

Por favor observe el siguiente vídeo.



<http://youtube.com/watch?v=aXs6xInmRk8>

9. 8. ¿Tenía conocimiento de lo que es un Laboratorio Remoto? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

10. 9. ¿Ha utilizado en alguna ocasión un Laboratorio Remoto? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

11. 10. Indique las tres dificultades que tuvo (o considera que podría tener) al trabajar con un Laboratorio Remoto (LR): \*

Selecciona todos los que correspondan.

- No poder acceder al LR  
 No tener los dispositivos necesarios para utilizarlo  
 No saber utilizar el LR  
 No comprender el uso del LR  
 No tener la asistencia del docente  
 No tener la velocidad de internet adecuada  
 Otro: \_\_\_\_\_

12. 11. Elija tres características que le gustaría que tenga el Laboratorio Remoto de la UNED: (Elija solo tres) \*

Selecciona todos los que correspondan.

- Fácil acceso  
 Accesible en diferentes dispositivos  
 Video-tutoriales de apoyo  
 Instrucciones claras  
 Accesibles desde la plataforma virtual  
 Otro: \_\_\_\_\_

13. **12. Considera que el LR en la educación a distancia (complete con todas las opciones que considere): \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Es un medio para hacer experimentos reales
- Es un complemento de la experimentación en el laboratorio real
- Permite realizar experimentos sin la necesidad de asistir al Centro Universitario
- Acerca al futuro profesional al empleo de la tecnología con un fin educativo
- Se adecua a la formación a distancia
- Otro: \_\_\_\_\_

14. **13. ¿Considera importante utilizar recursos tecnológicos en el trabajo experimental en su formación universitaria? \***

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- En ocasiones

15. **¿Por qué? \***

---

---

---

---

---

## Anexo 3. Cuestionario dirigido a especialistas

### Cuestionario

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas  
Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales

Tema de investigación:

"Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica"

Estimado profesor/investigador

Este cuestionario forma parte de una investigación dirigida a conocer su percepción acerca de las características que debe tener un Laboratorio Remoto (LR) destinado a la enseñanza de la física en educación a distancia, el mismo forma parte de una investigación que tiene como finalidad desarrollar el LR de la UNED de Costa Rica.

Para cumplir los objetivos del estudio es imprescindible contar con su colaboración, por ello le solicitamos completar los ítems que se presentan a continuación. La información que usted suministre será confidencial y se utilizará exclusivamente para la investigación que se le indica. De antemano le agradecemos su valiosa colaboración.

Instrucciones

El cuestionario se compone de tres partes a saber: Datos generales, Aspectos tecnológicos y aspectos pedagógicos sobre los Laboratorios Remotos.

\*Obligatorio

### I Parte. Datos generales

1. 1. Laboratorios Remotos (LR) con los que trabaja: \*

---

2. 2. Años de trabajar en ese o esos proyectos de LR \*

---

3. 3. País: \*

---

4. 4. Edad \*

---

5. 5. Grado académico: \*

*Marca solo un óvalo.*

- Doctor
- Magister
- Licenciatura
- Bachiller
- Técnico
- Estudiante

6. **6. Cargo docente \***

---

## II Parte. Aspectos tecnológicos

7. **7. ¿En qué lenguaje de programación se ha elaborado la aplicación web de su Laboratorio Remoto? \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Java
- JavaScript
- LabVIEW
- C++
- Python
- HTML5
- C
- Otro: \_\_\_\_\_

8. **8. ¿Qué ventajas le proporcionan dicho lenguaje de programación al LR? \***

---

9. **9. Sobre su proyecto de LR, conteste las siguientes preguntas: \***

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Sí	No
¿Comparte laboratorios con otras instituciones?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Exige el uso de usuarios y contraseñas en cada sitio?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. **10. ¿Considera conveniente gestionar un LR a través de un LMS? \***

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

11. **11. Justifique su respuesta \***

---

---

---

---

---

12. **12. ¿Cuáles aspectos tecnológicos se han tenido en cuenta al diseñar su LR?(Considere 1: Nunca, 2: Raramente, 3: Ocasionalmente, 4: Frecuentemente, 5: Siempre) \***

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
Utilización de materiales de bajo costo.	<input type="radio"/>				
Elaboración propia del equipamiento.	<input type="radio"/>				
Compra de equipos comerciales.	<input type="radio"/>				
Uso de webcams que consuman baja carga de red.	<input type="radio"/>				
Cooperación con otros grupos LR.	<input type="radio"/>				

### III Parte. Aspectos pedagógicos

13. **13. ¿Cuáles apoyos educativos posee el LR en el que participa? \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Descripción del procedimiento de uso del LR.
- Guías didácticas de cada práctica.
- Video-tutoriales del uso.
- Foros de consulta.
- Otro: \_\_\_\_\_

14. **14. ¿En qué idiomas se ofrecen estos apoyos educativos?**

\_\_\_\_\_

15. **15. ¿Considera que los apoyos educativos de su proyecto son suficientes y adecuados? Justifique su respuesta. \***

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

16. **16. ¿Qué ventajas considera usted que ofrecen sus LR en la educación a distancia? (Indique el grado en el que usted está de acuerdo, o en desacuerdo, con cada una de las opciones) 1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Ni en desacuerdo ni de acuerdo 4. De acuerdo 5. Totalmente de acuerdo \***

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
Permite la experimentación real sin tener que desplazarse.	<input type="radio"/>				
Disponibilidad las 24 h.	<input type="radio"/>				
Facilita el seguimiento del trabajo del estudiante.	<input type="radio"/>				
Fomenta el trabajo autónomo y colaborativo.	<input type="radio"/>				
Promueve competencias tecnológicas.	<input type="radio"/>				
Compartir recursos entre instituciones.	<input type="radio"/>				

17. 17. ¿Cuáles son los tres aspectos educativos que usted considera más importantes al diseñar un LR? \*

---

---

---

---

---

18. 18. ¿El año pasado, qué porcentaje del tiempo diría que no estuvo disponible el LR de su grupo? \*

*Marca solo un óvalo.*

- 0 a 10%
- 11 a 20%
- 21 a 30%
- 31 a 40%
- 41 a 50%
- 51 a 60%
- 61 a 70%
- 71 a 80%
- 81 a 90%
- 91 a 100%
- Otro: \_\_\_\_\_

## Anexo 4. Cuestionario dirigido a especialistas (en inglés)

### Questionnaire

Universidad Nacional del Litoral  
College of Biochemistry and Biological Sciences  
PhD in Education in Experimental Sciences

Area of Research:

“Design and development of a Remote Lab for the teaching of Physics at Costa Rica UNED”

Dear teacher/researcher,

The following questionnaire is part of research aimed at knowing your idea about the features that a Remote Lab (RL) for the teaching of physics in remote learning must have; it is also part of research aiming at developing the Costa Rica UNED RL.

In order to fulfil the aims of the research it is essential to count on your contribution, that is why we ask you to complete the following items. The information you supply will be confidential and shall be exclusively used for the present research.

We thank you for your valuable cooperation in advance.

Instructions:

The questionnaire is made up of three parts, namely: Master Data, Technological and Pedagogical Sides of Remote Labs.

\*Obligatorio

### Part I. Master Data

1. 1. Remote Labs (RL) you are working with: \*

---

2. 2. How long you have been working on that or those RL projects: \*

---

3. 3. Country: \*

---

4. 4. Age: \*

---

5. 5. Academic Degree: \*

*Marca solo un óvalo.*

PhD

MSc

Graduate

Baccalaureate

Technical

Student

Otro: \_\_\_\_\_

6. **6. Teaching position \***

---

## Part II. Technological Sides

7. **7. Which programming language have you used to elaborate the web app of your Remote Lab? \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Java
- JavaScript
- LabVIEW
- C
- C++
- Python
- HTML5
- Otro: \_\_\_\_\_

8. **8. What are the advantages of that programming language to the RL? \***

---

9. **9. As regards your RL project, please answer the following questions: \***

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Yes	No
Do you share laboratory with other institutions?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Are usernames and passwords requested in every site?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. **10. Do you consider it convenient to handle an RL through an LMS? \***

*Marca solo un óvalo.*

- Yes
- No

11. **11. Account for your reply. \***

---

12. **12. Which technological sides have been taken into account when designing your RL? (Consider 1: Never, 2: Hardly ever, 3: Sometimes, 4: Often, 5: Always)**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
Use of low-cost material	<input type="radio"/>				
Self-made equipment	<input type="radio"/>				
Purchase of commercial equipment	<input type="radio"/>				
Use of low netload consuming webcams	<input type="radio"/>				
Cooperation with other RL groups	<input type="radio"/>				

### Part III. Pedagogical Sides

13. **13. Which educational supports does the RL you are taking part in have? \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Description of the proceedings for the use of RL.
- Teaching guides for each practice.
- Video-tutorials of use.
- Consultation forums.
- Otro: \_\_\_\_\_

14. **14. What are the languages used for these teaching supports? \***

\_\_\_\_\_

15. **15. Do you consider the teaching supports of your project are enough and suitable? Account for your reply. \***

\_\_\_\_\_

16. **16. Which, in your opinion, are the advantages offered by RL in distance learning? (Show your degree of agreement or disagreement with each option) 1. In total disagreement 2. In disagreement 3. Neither in agreement nor in disagreement 4. In agreement 5. In total agreement \***

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
It allows for real experimentation without the need to move.	<input type="radio"/>				
24-hour availability	<input type="radio"/>				
It makes it easier to follow the student's activities	<input type="radio"/>				
It encourages self and collaborative work	<input type="radio"/>				
Promotes technological abilities.	<input type="radio"/>				
Share resources among institutions	<input type="radio"/>				

17. **17. Which, in your opinion, are the three most important educational aspects when designing a RL? \***

\_\_\_\_\_

18. 18. How much time would you say the RL of your group was not available last year? \*

*Marca solo un óvalo.*

- 0 to 10%
  - 11 to 20%
  - 21 to 30%
  - 31 to 40%
  - 41 to 50%
  - 51 to 60%
  - 61 to 70%
  - 71 to 80%
  - 81 to 90%
  - 91 to 100%
- 

Con la tecnología de  
 Google Forms

## **Anexo 5. Listado de comunicaciones producto de esta tesis**

### **Publicaciones**

#### **Artículos en revistas indexadas**

Arguedas, C. y Concari, S.B. (2015). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 133-139.

Arguedas, C., Ureña, F. y Conejo, M. (2016). Laboratorios remotos: Herramientas para fomentar el aprendizaje experimental de la Física en educación a distancia. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, 10(3), 3309, 1-5.

Arguedas, C. y Concari, S. B. (2016). Laboratorios remotos para la enseñanza de la física: características tecnológicas y pedagógicas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 235-243.

Arguedas, C., Concari, S.B., Conejo, M., Pérez, R. y Herrero, D. (2016). El uso de un Laboratorio Remoto de mecánica en la enseñanza de la física en dos modalidades de educación superior. *Revista Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 305-312.

Arguedas-Matarrita, C. Concari, S.B. y García-Zubía, J. (2016). Visualizando un proceso de capacitación docente para el uso de laboratorios remotos de física en la educación secundaria costarricense, *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as Ciências - Diálogo entre las Ciencias*, 5(1), 187-199.

Arguedas-Matarrita, C. Concari, S.B. y Giacomone, B. (2017). La idoneidad didáctica de los Laboratorios Remotos como recursos para la enseñanza y aprendizaje de la física. *Revista Enseñanza de la Física*, 29(Extra), 511-517.

#### **Comunicaciones en congresos**

Arguedas C. Concari, S. y Ureña, F. (2016). Cooperación Latinoamericana para el desarrollo de Laboratorios Remotos para la enseñanza de la física en

ciencias e ingeniería. En: III Congreso Argentino de Ingeniería– IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería – Resistencia, 2016.

Arguedas, C. y Concari, S. B. (2016). Remote laboratories used in physics teaching: a estate of the art. Presentado en *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 24-26 de febrero, Madrid, España.

Arguedas-Matarrita C. Concari, S. B. y Marchisio, S.T. (2017). Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica. En: I Simposio Ibero-Americano de Tecnologías Educativas, Araranguá, Santa Catarina, Brasil, 8 al 10 de mayo, 2017.

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S.B. García-Zubía, J., Marchisio, S., Hernández-Jayo, U., Alves, G.R., Uriarte, I., Conejo, M., Gustavson, I., y Ureña, F. (2017). A teacher training workshop to promote the use of the VISIR Remote Laboratory for electrical circuits teaching. En: *4<sup>th</sup> Experiment@ International Conference, University of Algarve, Faro, Portugal*, 6 al 8 de Junio, 2017.

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S.B., Gómez-Jiménez, A., Marchisio, S.T., Alves, G.R., García-Zubía, J., y Hernández-Jayo. (2018). El aprendizaje por indagación del tema circuitos eléctricos en la escuela secundaria utilizando el Laboratorio Remoto VISIR. A presentar: IV Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. San José, Costa Rica.

## **Divulgación**

UMBRALES UNED. (2015). Laboratorios remotos de Física en la UNED. 10 de julio de 2015. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ByuEmXAzReo>

LASERA (2016). Tallerista: El uso del Laboratorio Remoto VISIR en la enseñanza de la física. En II Seminario Latinoamericano de Investigación en Educación en Ciencias, San José Costa Rica. 26 y 27 de octubre de 2017.

REFXX (2017). Tallerista: Uso de laboratorios remotos en la enseñanza secundaria y universitaria básica de física. En XX Reunión Nacional de Educación en Física, Concordia, Entre Ríos, Argentina. 28 y 29 de setiembre de 2017.