

ESTUDIO DE LOS APORTES DE LAS HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN EL DESARROLLO DE LABORATORIOS CON ACCESO REMOTO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU EFECTIVIDAD Y DIFERENCIACIÓN EN EL APRENDIZAJE.

RONALD ZAMORA MUSA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÉNFASIS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.
2014

ESTUDIO DE LOS APORTES DE LAS HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN EL DESARROLLO DE LABORATORIOS CON ACCESO REMOTO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU EFECTIVIDAD Y DIFERENCIACIÓN EN EL APRENDIZAJE.

RONALD ZAMORA MUSA

Trabajo de grado para optar al Título de Magister en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Director:
Jose Luis Villa Ramírez
Doctor en Ingeniería

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÉNFASIS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.
2014

Cartagena de Indias D. T y C. 2014

Señores:

**COMITÉ EVALUADOR
Maestría en Ingeniería
Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter para estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado ***ESTUDIO DE LOS APORTES DE LAS HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN EL DESARROLLO DE LABORATORIOS CON ACCESO REMOTO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU EFECTIVIDAD Y DIFERENCIACIÓN EN EL APRENDIZAJE*** desarrollado por el estudiante Ronald Zamora Musa, en el marco de la ***Maestría en Ingeniería (Énfasis Ingeniería Eléctrica y Electrónica)***.

Como director del proyecto considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Cordialmente,

PhD Jose Luis Villa Ramírez

Director de Trabajo de Grado

Cartagena de Indias D. T y C. 2014

Señores:

**COMITÉ EVALUADOR
Maestría en Ingeniería
Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter para estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado ***ESTUDIO DE LOS APORTES DE LAS HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN EL DESARROLLO DE LABORATORIOS CON ACCESO REMOTO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU EFECTIVIDAD Y DIFERENCIACIÓN EN EL APRENDIZAJE*** desarrollada en el marco de la ***Maestría en Ingeniería (Énfasis Ingeniería Eléctrica y Electrónica)***.

Cordialmente,

Ronald Zamora Musa

Investigador

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, 2014

DEDICATORIAS

En primera instancia quiero dar gracias a Dios por haberme permitido llegar a feliz término el trabajo de grado de maestría, el cual quiero dedicar a toda mi familia compuesta por mi Mama Yomaira (Chiqui), mi Papa Jairo, mis hermanos Jairo y Yeison y demás familiares abuelos, tíos, primos; igualmente a mi novia Ana María por su apoyo y energía, de la misma manera a los amigos y compañeros con quienes se trabaja colaborativamente para sacar todos los proyectos adelante especialmente a la Ing. Katherinne Salas y a la Ing. Nohora Mercado, también a los compañeros del énfasis en Ingeniería Electrónica y Eléctrica, adelante con sus trabajos. Además de dedicarles este trabajo a todas las personas especiales en mi vida, también quiero darles las gracias por no hacerme sentir culpable por haberles robado tiempo, estando ausente en múltiples noches, fines de semana, momentos familiares y de amistad cuando estaba inmerso desarrollando este trabajo de grado de maestría.

Al ingeniero PhD Jose Luis Villa Ramírez y a todo el grupo de trabajo de GAICO - UTB Y GIACUC - CUC por el apoyo y confianza, que me brindaron durante la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado pudo desarrollarse gracias a la ayuda incondicional de todo un equipo de trabajo que involucra a personal directivo, administrativo y académico de la Universitaria de la Costa – CUC y de la Universidad Tecnológica de Bolívar – UTB y a todos aquellos que hicieron sus aportaciones técnicas que invitaron a la reflexión, afinamiento y fortalecimiento de este trabajo de grado de maestría.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS.....	7
CAPITULO I.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	8
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS.....	13
CAPITULO II.....	14
2. CONTEXTO Y MOTIVACIÓN.....	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Contexto y Descripción del Problema.	14
2.3. Marco Teórico y Estado del Arte	16
2.3.1. Laboratorio con acceso remoto.	16
2.3.2 Características de los laboratorios con acceso remoto.	18
2.3.3 Clasificación de los entornos de experimentación.....	20
2.3.4 Ejemplos de laboratorios con acceso remoto Implementados.	24
2.3.5 Entornos Colaborativos e Inmersivos	38
2.4 Conclusiones.....	44
CAPITULO III.....	46
3. HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS.....	46
3.1 Introducción.....	46
3.2 Tipo y área de trabajo disciplinar.....	46
3.3 Plataformas para el Desarrollo de Entornos Virtuales Colaborativos e Inmersivos.....	49
3.3.1 Entorno Virtual 3D con Second Life.....	51
3.3.2 Entorno Virtual 3D con OpenSimulator.....	53
3.4 Comparación de plataformas para el desarrollo de Entornos Virtuales Colaborativos e Inmersivos.	57
3.5 Herramientas Educativas para entornos colaborativos e inmersivos.	60
3.6 Conclusiones.....	61
CAPITULO IV.....	63
4. CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL APRENDIZAJE EN ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS.....	63
4.1 Introducción.....	63
4.2 Pautas generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto.	64
4.3 Características asociadas al público objetivo y docente para el uso de un laboratorio a través de entornos colaborativos e inmersivos.....	66

4.4	Aspectos generales que influyen en la efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos.	68
4.5	Criterio y estrategias de evaluación.	76
4.6	Conclusiones	79
CAPITULO V		80
5.	DESARROLLO DEL LABORATORIO CON ACCESO REMOTO APOYADO EN HERRAMIENTAS COLABORATIVAS E INMERSIVAS	80
5.1	Introducción	80
5.2	Configuración de OpenSim	81
5.2.1	Instalación y configuración del visor 3D RealXtend	83
5.2.2	Configuración para ingreso de varios avatares a una región de OpenSim (Colaboración)	85
5.3	Acceso Remoto a Entorno Virtual	86
5.3.1	Requisitos y configuración en el servidor.	86
5.3.2	Requisitos y configuración en el sitio remoto.	90
5.4	Diseño Final del Entorno Colaborativo e Inmersivo.	91
5.5	Conclusiones	94
CAPITULO VI		95
6.	EVALUACIÓN DE LOS APORTES DE LOS ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN UN LABORATORIO CON ACCESO REMOTO.	95
6.1	Procedimiento y Metodología	95
6.2	Participantes	96
6.3	Estrategia de evaluación validada a través de ABET	96
6.3.1	Resultados a través de la estrategia de evaluación validada a través de ABET.	98
6.4	Estrategia de evaluación validada a través de SUMI	104
6.4.1	Resultados a través de la estrategia de evaluación validada a través de SUMI	106
CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJO FUTURO		110
Bibliografía		113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Laboratorio Tradicional.....	18
Figura 2. Diagrama laboratorio con acceso remoto	18
Figura 3. Interacción Ambiente – Estudiante.	22
Figura 4. Procesos que intervienen en un sistema de tecnología de aprendizaje.	23
Figura 5. Ejemplo laboratorio de Circuitos Lógicos WebLab-Deusto.....	25
Figura 6. Arquitectura Distribuida WebLab-Deusto.....	26
Figura 7. Página Principal WebLab-Deusto	27
Figura 8. Ejemplo de Laboratorio de Weblabdeusto.....	28
Figura 9. Ejemplo de laboratorio Universidad Federal Santa Catarina.	29
Figura 10. Ejemplo de laboratorio Universidad Nacional de Rosario, Argentina.	30
Figura 11. Laboratorios UNED – eMersion.....	32
Figura 12. Proyecto AutomatL@bs.....	32
Figura 13. TriLab – iLough.....	33
Figura 14. Ejemplo Laboratorio iLough-Lab.....	34
Figura 15. Arquitectura Laboratorio ACT.	35
Figura 16. Laboratorio ACT	35
Figura 17. Interfaz de Usuario del Laboratorio ACT.....	36
Figura 18. Características del trabajo colaborativo.....	39
Figura 19. Relación entre entorno inmersivo, presencia y satisfacción..	41
Figura 20. Diagrama laboratorio con acceso remoto.	42
Figura 21. Ejemplo Tendencia laboratorio con entorno inmersivo.	43
Figura 22. Ejemplo entorno inmersivo en la educación.	43
Figura 23. Avatares - Inmersion y efectividad	44
Figura 24. Campo científico de laboratorio con acceso remoto.	47
Figura 25. Selección del área disciplinar	49
Figura 26. Arquitectura para OpenWonderland	50
Figura 27. Ejemplo de programa en LSL	52
Figura 28. Arquitectura Standalone de OpenSim.....	54
Figura 29. Arquitectura Grid de OpenSim.....	55
Figura 30. Comparación OpenSim y Second Life	59
Figura 31. Herramientas educacionales para entornos colaborativos.	61
Figura 32. Pautas generales para aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto.	65
Figura 33. Flujograma de ingreso a interfaz de usuario de un laboratorio con acceso remoto.	69
Figura 34. Requerimientos no funcionales para atributos de calidad y efectividad.	70
Figura 35. Diagrama de acciones usuarios en un laboratorio con acceso remoto.....	71
Figura 36. Grafica tecnologías del lado del estudiante remoto.	76
Figura 37. Modelo evaluación laboratorios con acceso remoto.	78
Figura 38. Configuración OpenSim – Selección Carpeta “bin”	81

Figura 39. Configuración OpenSim – Ejecución Archivo OpenSim.exe	81
Figura 40. Ventana Configuración OpenSim	82
Figura 41. Interfaz del visor RealXtend	83
Figura 42. Avatar que representa a un usuario conectado a una región virtual.	84
Figura 43. Dos avatares en una región virtual – Espacio Colaborativo.....	85
Figura 44. WampServer Activo.	86
Figura 45. Configuración dirección IP para Metaverso	87
Figura 46. Configuración dirección IP para Metaverso	87
Figura 47. Ingreso dirección IP configurada para Metaverso.....	88
Figura 48. Configuración nombre de usuario de administrador y su contraseña ...	88
Figura 49. Configuraciones iniciales con Avatar Maestro	89
Figura 50. Creación de Usuario desde usuario remoto.....	90
Figura 51. Creación de Usuario Remoto y visualización en consola	91
Figura 52. Avatar desarrollando el objetivo de aprendizaje número uno.....	92
Figura 53. Instrucciones previas o guía de laboratorio para realizar la actividad colaborativa e inmersiva	92
Figura 54. Estudiantes desarrollando el objetivo de aprendizaje número dos.	93
Figura 55. Estudiantes desarrollando el objetivo de aprendizaje número tres.	93
Figura 56. Identificación de Compuerta Lógicas en entorno inmersivo.....	98
Figura 57. Estudiante interactuando con entorno y recibiendo retroalimentación automática.....	99
Figura 58. Estudiantes trabajando colaborativamente en entorno inmersivo.....	100
Figura 59. Estudiantes decidiendo respuesta en entorno inmersivo	100
Figura 60. Retroalimentación del entorno colaborativo e inmersivo.....	101
Figura 61. Intervalos LSD (Least Significant Difference).....	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de Educación a Distancia.	11
Tabla 2. Entornos de Experimentación	20
Tabla 3. Características de visores con respecto a OpenSim.	56
Tabla 4. Análisis de las tecnologías del lado del estudiante remoto.	73
Tabla 5. Promedios y valor-P para tecnologías del lado del estudiante remoto. ..	75
Tabla 6. Resultados a través de criterio “resultados de los estudiantes” ABET...	102
Tabla 7. Resumen estadístico y prueba de normalidad utilizando técnica ABET	103
Tabla 8. Datos resultantes SUMI	106
Tabla 9. Resumen Estadístico utilizando técnica SUMI.....	107
Tabla 10. Pruebas de normalidad utilizando técnica SUMI.....	109

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los diferentes modelos de educación y las nuevas aplicaciones de los laboratorios han generado un impacto que ha llevado a un entorno de revolución educativa, esto sumado a las nuevas generaciones de estudiantes formados en un mundo digital, ha derivado en la creación de nuevos enfoques y métodos de enseñanza, donde la pedagogía y la tecnología tienen un mayor acercamiento y articulación.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en especial Internet y las redes académicas de alta velocidad, como medios o herramientas, posibilitan la capacidad de movilizar información, documentos, imágenes y programaciones didácticas que permiten establecer una “relación” educativa entre docentes y estudiantes, más allá de las barreras espaciales y temporales. Estas brindan a las Universidades la oportunidad de ofrecer un mejor servicio a la comunidad educativa y una mejora de los procesos de formación, es por ello que mediante la inclusión de herramientas tecnológicas en las prácticas de laboratorios, se suplen necesidades de espacio físico y de disponibilidad de recursos en cualquier institución de educación.

Hoy en día, en que la información es casi ubicua, donde los escenarios formativos que hacen uso de las TIC¹ han ido en aumento y que las IES² las han incorporado en sus proyectos, políticas, metas y estrategias institucionales, se hace importante el desarrollo de laboratorios con acceso remoto favoreciendo el establecimiento de horarios flexibles e ingresos desde cualquier lugar y en cualquier momento para la realización de prácticas.

¹ TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

² IES: Instituciones de Educación Superior. (En Colombia)

Los laboratorios con acceso remoto se podrían ubicar por sus características en la cuarta y quinta generación de la educación a distancia, definidas por (Taylor, 2001) . En resumen, la primera generación corresponde a la educación por correspondencia siendo la imprenta el principal actor de esta generación, en la cual se presenta la ausencia de interacción de primera mano entre el docente y el estudiante; la segunda generación corresponde al modelo multimedia predominando las cintas de audio y de video, así como el aprendizaje basado en computadoras; en la tercera generación hace su primera aparición las TIC con la tele y videoconferencia ofreciendo disponibilidad horaria, llamándose a esta generación el tele-aprendizaje; para la cuarta y quinta generación aparecen modelos flexibles de aprendizaje que todavía están en desarrollo, en donde las aplicaciones para las mismas se encuentran en fase de crecimiento.

Igualmente en las mencionadas generaciones aparece la multimedia interactiva en línea con acceso a recursos y servicios a través de portales institucionales en Internet, ofreciendo distintas alternativas en torno al ritmo y metodología de aprendizaje, además de permitir procesos de evaluación más ajustados y precisos. Diferencias iniciales entre éstas dos últimas generaciones, es que la quinta generación además de ofrecer un modelo flexible también es inteligente y su teoría de aprendizaje se podría mencionar que es un complemento entre el constructivismo y conectivismo, mencionando que las nuevas tendencias en el aprendizaje se encuentran alrededor del uso de herramientas tecnológicas y cómo éstas definen u orientan el pensamiento. Es decir muchos de los procesos cognitivos actualmente pueden ser apoyados por la tecnología (Leal, 2007); de esta manera se puede mencionar que los laboratorios con acceso remoto presentan características de los principios del conectivismo donde el aprendizaje puede residir o ser transferido desde dispositivos no humanos y de implicaciones como el diseño y desarrollo de ambientes de aprendizaje (Siemens, 2005).

En la Tabla 1 se ilustran las generaciones especificadas por (Taylor, 2001), que hacen parte de los modelos de la educación a distancia, adaptándolas o realizando un enlace con los laboratorios con acceso remoto se tendría que la cuarta generación del modelo de educación a distancia estaría enlazado con una primera generación de este tipo de laboratorios y así mismo para la quinta generación con la respectiva segunda generación de los laboratorios con acceso remoto.

Teniendo en cuenta lo anterior este trabajo de grado se basa en el estudio de los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en Ingeniería Electrónica desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje.

Para el estudio de los aportes de entornos colaborativos e inmersivos en un laboratorio con acceso remoto se debe realizar el análisis de requisitos desde varios puntos de vista teniendo en cuenta los distintos elementos o participantes que intervienen en un laboratorio; como marco referencial de las distintas tecnologías, comparativas entre áreas de trabajo, entre otros aspectos a tener en cuenta.

Como puede concluirse los laboratorios con acceso remoto están inmersos en el desarrollo de la tecnología que a su vez genera aportes en la educación en Ingeniería Electrónica, desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje.

Tabla 1. Modelos de Educación a Distancia.

Modelos de Educación a Distancia y Tecnologías de Distribución Relacionadas	Flexibilidad	Materiales de alta calidad	Entrega avanzada e interactiva	Costos variables aprox. a cero	Entorno Colaborativo
	Tiempo – Lugar - Ritmo				
1° Generación El Modelo de Correspondencia	Conductista				
Impreso	si	si	no	no	No
2° Generación El Modelo Multimedia	Cognitivista				
Impreso	si	si	no	no	No
Cintas de Audio	si	si	no	no	No
Cintas de Video	si	si	no	no	No
Aprendizaje basado en PC	si	si	si	no	No
Video Interactivo (disco y cintas)	si	si	si	no	No
3° Generación El Modelo de Tele-aprendizaje	Constructivista				
Audio-Teleconferencia	no	no	si	no	Si
Videoconferencia	no	no	si	no	Si
Comunicación Audiográfica	no	si	si	no	No
Transmisión de Radio/TV	no	si	si	no	No
4° Generación El Modelo Flexible de Aprendizaje (1° Generación de laboratorios con acceso remoto)	Constructivista				
*Multimedia Interactiva en línea	si	si	si	si	Si
*Acceso a recursos a través de Internet	si	si	si	si	Si
*Pc's mediados a través de la comunicación	si	si	si	no	No
*Acceso a equipos o recursos tecnológicos de laboratorio	si	si	si	si	No
5° Generación El Modelo Inteligente y Flexible de Aprendizaje (2° Generación de laboratorios con acceso remoto)	Constructivista – Conectivista				
*Multimedia Interactiva en línea	si	si	si	si	Si
*Acceso a recursos a través de Internet	si	si	si	si	Si
*Uso de sistemas de auto-respuesta con Pc's mediados a través de la comunicación	si	si	si	si	Si
*Acceso a servicios y recursos a través de un Portal Institucional	si	si	si	si	Si
*Acceso a equipos o recursos tecnológicos de laboratorio de forma colaborativa	si	si	si	si	Si

*Características asociadas a un laboratorio con acceso remoto.

Teniendo en cuenta la anterior discusión, este proyecto tiene como objetivo general aplicar herramientas de entornos Colaborativos e Inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto con el propósito de evaluar la efectividad y diferenciación del aprendizaje en los estudiantes de Ingeniería Electrónica.

Para ello se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el tipo y el área de trabajo disciplinar del laboratorio virtual y con acceso remoto al cual se le aplicaran herramientas de entornos colaborativos e inmersivos.
- Determinar las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos más adecuadas para ser aplicadas en el desarrollo de laboratorios virtuales y con acceso remoto.
- Implementar un laboratorio con acceso remoto apoyado en herramientas colaborativas e inmersivas.
- Definir los criterios sobre los cuales se evaluara la efectividad del aprendizaje de estudiantes de ingeniería al aplicar herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios virtuales y con acceso remoto.
- Diseñar estrategias de evaluación para medir el desempeño de estudiantes de ingeniería al utilizar entornos colaborativos e inmersivos en laboratorios virtuales y con acceso remoto.
- Evaluar las competencias de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en cuanto al proceso de aprendizaje a través de entornos colaborativos e inmersivos siguiendo el modelo de indagación en ingeniería tipo ABET.

RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS

El documento asociado al estudio de los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en ingeniería electrónica desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje está compuesto de 6 capítulos, los cuales son desarrollados de la siguiente manera: en el primer capítulo que se encuentra desarrollado en los párrafos anteriores se especifican cuestiones preliminares las cuales se convierten en la hoja de ruta de la investigación, conformado por la descripción del proyecto, la introducción y los objetivos a desarrollar.

El segundo capítulo se centra en el contexto de la temática desarrollada, realizándose una documentación referida al marco teórico y estado del arte acerca de los laboratorios con acceso remoto, sus características y clasificación, además de una enumeración de ejemplos de este tipo de laboratorios; de la misma manera también se realiza una revisión y documentación de lo referente a los entornos colaborativos e inmersivos.

El tercer capítulo está asociado a las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos, así como también a las plataformas para el desarrollo de estos entornos, donde se realiza una comparación de las mismas. El cuarto capítulo se refiere a los criterios y estrategias de evaluación de efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos.

El quinto y sexto capítulo se refieren al desarrollo del laboratorio con acceso remoto apoyado en herramientas colaborativas e inmersivas y a la evaluación de los aportes de estas herramientas a la educación en ingeniería electrónica desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje. Por último se tienen las conclusiones generales y trabajo futuro.

CAPITULO II

2. CONTEXTO Y MOTIVACIÓN

2.1. Introducción

La puesta en marcha de los laboratorios con acceso remoto por parte de las universidades es cada vez mayor. Su uso alrededor del mundo se ha realizado en distintas disciplinas usando diferentes tecnologías, interfaces y protocolos. En este sentido es válido concluir que no existe una metodología o estándar para su implementación lo que conlleva a que los investigadores se cuestionen acerca de la efectividad y diferenciación en el aprendizaje de los mismos en la realización de las prácticas de laboratorio.

De la misma manera es necesario mencionar la importancia de utilizar herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto debido a que estas complementan su uso y aplicación.

2.2. Contexto y Descripción del Problema.

En cualquier ámbito cuando una tecnología, o nueva forma de hacer las cosas, o un nuevo paradigma está siendo implementado, empieza a ser cuestionada su efectividad, debido a esta razón es necesario evaluar los resultados de aprendizaje en un laboratorio con acceso remoto.

No existen muchas mediciones disponibles para que los investigadores puedan tomar decisiones acerca de la tecnología adecuada para un laboratorio con acceso remoto (Nickerson, Corter , Esche, & Chassapis, 2007), sin embargo existen algunos estudios acerca de su efectividad, principalmente cuando es un

solo usuario (estudiante o investigador). Dichas mediciones son normalmente realizadas comparando el desempeño del estudiante en un laboratorio tradicional, en un laboratorio con acceso remoto y el desempeño en un laboratorio híbrido o *blended*.

Algunos de los resultados de los estudios mencionados muestran por ejemplo que: en el 90% de los estudiantes la efectividad y el impacto de un laboratorio con acceso remoto es comparable con el de un laboratorio tradicional (Nickerson, Corter , Esche, & Chassapis, 2007). En otro caso se observa que los estudiantes que utilizaron las herramientas de un laboratorio con acceso remoto alcanzaron mejor preparación y obtuvieron mejores resultados (Fabregas, Farias, Dormido-Canto, Dormido, & Esquembre, 2011), de la misma manera en (Jara, Candelas, Puente, & Torres, 2011) se especifica que los estudiantes que usaron la metodología de aprendizaje híbrido adquirieron mayor conocimiento y habilidades que los estudiantes que utilizaron el método clásico de e-learning, por otro lado se observa que los estudiantes tiene preferencia por el laboratorio tradicional porque es el formato al que están acostumbrados, pero que el laboratorio con acceso remoto tiene una clara ventaja en los tiempos de configuración (Cortez, Esche, Chassapis, Ma, & Nickerson, 2011).

Por lo anterior, cuando se tiene un solo estudiante en el sitio remoto, para cumplir con la competencia de trabajo en equipo se necesitan nuevos entornos de trabajo colaborativos e inmersivos como los que se están desarrollando en estos últimos años en los laboratorios con acceso remoto, para los cuales también es necesario realizar mediciones y comparaciones de desempeño para determinar la efectividad en su implementación, teniendo en cuenta lo anterior surge el siguiente interrogante de investigación:

¿Cuáles son las ventajas o aportes a la educación de los entornos colaborativos e inmersivos? ¿Es efectivo y diferenciador el aprendizaje?

2.3. Marco Teórico y Estado del Arte

El componente práctico es realmente importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje debido a que éste permite que los fundamentos teóricos se afiancen logrando así la aprehensión de los conocimientos, siendo los laboratorios los que más aportan al mencionado componente práctico. Hasta finales del siglo XX se definía un laboratorio como un espacio o lugar físico el cual está equipado de dispositivos, instrumentos y elementos de medición donde se desarrollan actividades académicas y/o de investigación, pudiéndose o no acondicionar características de un entorno real de acuerdo al tipo de experimentación; es decir un Laboratorio Tradicional (LT).

2.3.1. Laboratorio con acceso remoto.

Actualmente es necesario hablar de otros tipos de laboratorios como los laboratorios con acceso remoto, los cuales se pueden definir de una forma básica como un sistema a través del cual el estudiante o investigador puede acceder desde un sitio remoto a través de herramientas tecnológicas que permiten a los usuarios (estudiantes o investigadores) realizar prácticas o afianzar conocimientos (Rosado & Herreros, 2002).

Hoy en día es necesario que en el aprendizaje del estudiante actual se incluya a la tecnología, para que el individuo pueda afrontar y solucionar los problemas del futuro, el aprendizaje debe estar enmarcado en una gestión y apropiación de conocimiento. De esta manera ingresan variables al aula como: el establecimiento de horarios flexibles de estudios y la necesidad de existencia de disposición de tiempo y espacio para una favorable realización de prácticas y/o laboratorios (Domínguez, Fuertes, Reguera, Diez, Robles, & Sirgo, 2006).

Los laboratorios con acceso remoto son normalmente utilizados cuando se requiere que los estudiantes pongan en práctica de manera autónoma lo aprendido las veces que lo requieran, preferiblemente en horarios reservados, pero con la ventaja de tener la flexibilidad de utilizar esta herramienta por fuera de los horarios fijos pre-establecidos en sus estudios, esto les permite confrontar sus conocimientos previos con los nuevos conocimientos adquiridos hasta llegar a construir un nuevo conocimiento. Se podría decir entonces que en este nuevo escenario prevalece el modelo constructivista-desarrollista que les permite a los estudiantes adquirir aprendizajes significativos para la vida (Zamora, 2010).

Las tecnologías avanzadas ofrecen una serie de posibilidades didácticas que pueden revolucionar el mundo de la enseñanza. Esta revolución puede suponer el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza en los que el estudiante será el centro del proceso y el aula escolar superará las limitaciones tradicionalmente impuestas por su localización física y los horarios impuestos (Tirado, 2006).

El inconveniente mencionado de tiempo y espacio es solventado con la implementación de un laboratorio con acceso remoto. Dicha implementación es un concepto el cual no implica reemplazo de los LT o de la infraestructura actual, debido a que llegan a complementar la educación de los estudiantes incluyendo tecnología a su formación (Rosado & Herreros, 2004).

En un LT, los estudiantes ejercen una interacción con los equipos de laboratorio mediante acciones físicas incluyendo manipulación directa con las manos y como resultado se obtiene retroalimentación; En la Figura 1 se ilustra este concepto.

En un laboratorio con acceso remoto dicha interacción se produce entre el estudiante en un lugar remoto y una plataforma de acceso a un servidor a través de un entorno colaborativo e inmersivo; En la Figura 2 se ilustra este concepto.

Figura 1. Diagrama Laboratorio Tradicional.

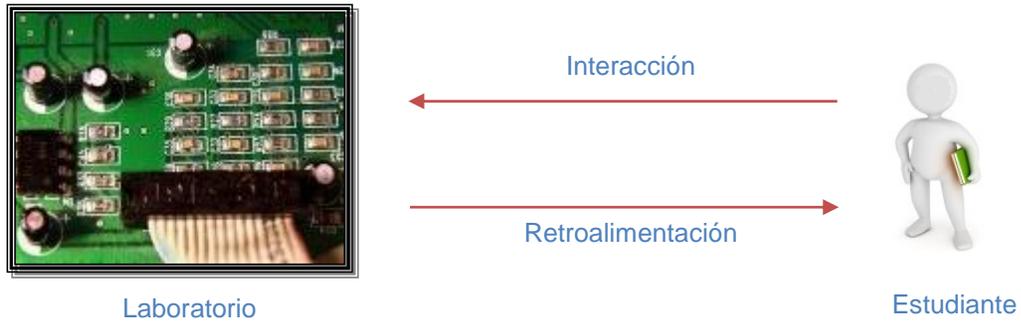
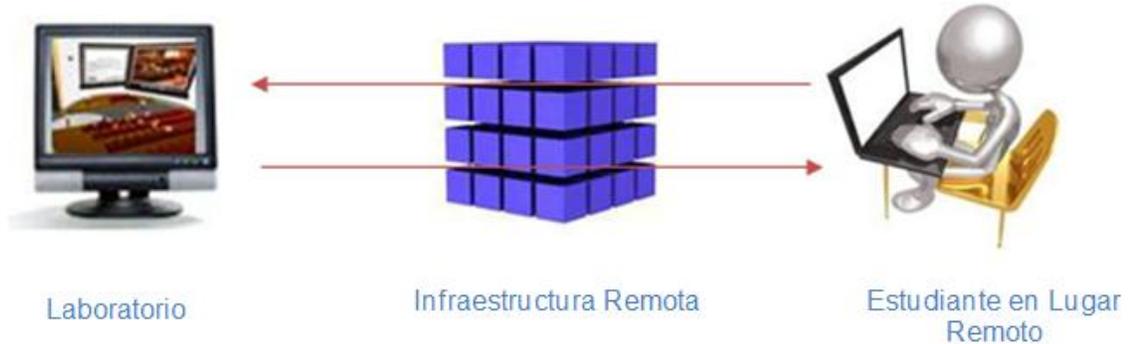


Figura 2. Diagrama laboratorio con acceso remoto



2.3.2 Características de los laboratorios con acceso remoto.

A continuación se enlistan algunas características de los laboratorios con acceso remoto, las cuales también pueden ser catalogadas como ventajas:

- Se presentan menos daños y averías por uso incorrecto de los equipos, logrando de esta manera optimizar los equipos del laboratorio, además de generar seguridad en las prácticas.

- La implementación de los laboratorios con acceso remoto permite que pueda existir una enseñanza a distancia complementaria en ingeniería; además dicha implementación y gracias a que en estos laboratorios no existe restricción espacial y temporal, permite que se puedan realizar prácticas de laboratorio que ayudan a los estudiantes a realizar interpretación y análisis de resultados, formando así nuevos investigadores (Bermejo & Saboya, 2004).
- Las universidades fortalecen su imagen ante entidades como el MEN (Ministerio de Educación Nacional), debido a que hace uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC como herramienta diferenciadora en la educación y mejora su posicionamiento teniendo en cuenta que al estudiante se le amplía su oferta horaria.
- Generan flexibilidad al horario, porque facilitan su experimentación, aunque el laboratorio y el estudiante no tengan coincidencia en el espacio físico.
- La enseñanza se adecua a las circunstancias y necesidades de los estudiantes.
- Permite enseñanza constructivista generando aprendizaje significativo y autónomo, además es una herramienta rentable para el estudiante en su formación porque este puede seguir adquiriendo conocimientos fuera de los “horarios normales”, incrementando la dedicación por parte del estudiante en la realización de las prácticas de laboratorio.
- Ofrece un medio para realizar las actividades independientes de los estudiantes en el área práctica, mejorando y reforzando de esta manera el proceso de aprendizaje.

2.3.3 Clasificación de los entornos de experimentación.

A continuación, tomando como referencia a (Dormido, 2004), se realiza una clasificación de los entornos de experimentación con respecto al siguiente criterio: la manera como se acceden a los recursos o plataforma del laboratorio para realizar los experimentos. Este criterio es examinado desde el punto de vista del estudiante y genera la Tabla 2 observándose que el entorno en el cual se basa este trabajo de grado se encuentra etiquetado con el número cuatro (4).

Tabla 2. Entornos de Experimentación

		Naturaleza del Sistema	
		Real	Virtual
Acceso al Recurso	Local	1. Practicas con laboratorio tradicional	2. Laboratorio Virtual y local, sin necesidad de acceso a Internet
	Remoto	3. Laboratorio Tele-operado accediendo a equipos reales a través de Internet	4. Laboratorio con acceso remoto accediendo a un entorno colaborativo e inmersivo a través de Internet

Fuente: Adaptado de (Dormido, 2004)

También se puede mencionar a manera de marco teórico un modelo de entorno de aprendizaje que se basa o es soportado a través de tecnologías de la información aplicadas a la educación, dicho modelo es desarrollado por la IEEE-LTSC³, llamado especificación LTSA⁴, la cual es una arquitectura de alto nivel para el aprendizaje y para sistemas de experimentación soportados a través de tecnologías de la información, como por ejemplos los laboratorios con acceso remoto.

³ IEEE-LTSC: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – LTSC (Learning Technology Standards Committee)

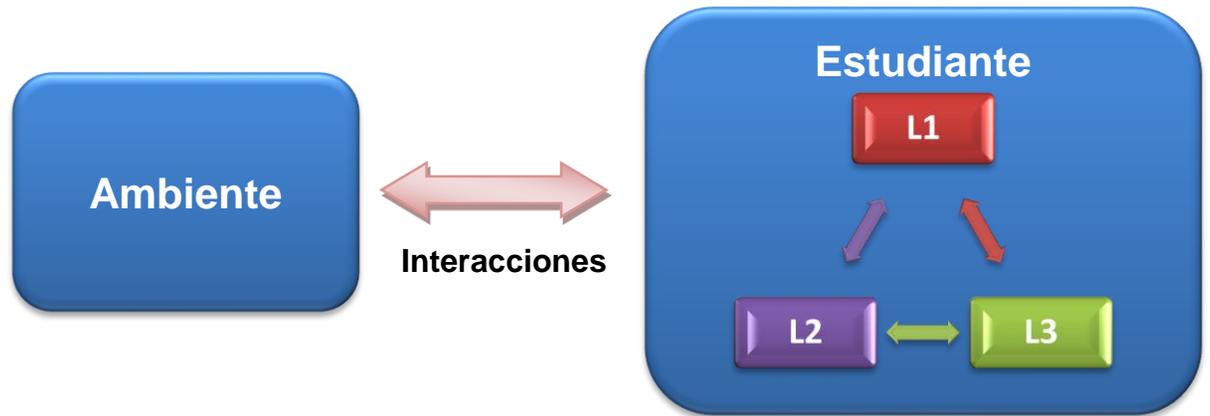
⁴ LTSA: Learning Technology Systems Architecture – Arquitectura de Sistema Tecnológico para el Aprendizaje.

Los componentes de LTSA, de acuerdo al comité de estándares de tecnologías de aprendizaje, están conformados por 5 capas:

- Capa 1 Interacción Ambiente – Estudiante: consiste en la adquisición, transferencia, intercambio, formulación, descubrimiento del conocimiento y/o información por parte del estudiante a través de la interacción con el ambiente.
- Capa 2 Características de diseño relacionadas con el estudiante: describe el efecto que el sistema tecnológico de aprendizaje tiene sobre el estudiante.
- Capa 3 Componentes del sistema LTSA: describe la arquitectura LTSA basada en componentes, identificando los procesos que intervienen en un sistema de tecnología de aprendizaje.
- Capa 4 Perspectivas y prioridades de la implementación de la puesta en práctica o experimentación: describe un sistema tecnológico de aprendizaje desde perspectivas atendiendo los subconjuntos de la capa 3 componentes del sistema LTSA.
- Capa 5 Funcionalidad e Interoperabilidad de los componentes, códigos, APIs y protocolos: describe los componentes genéricos *plug-n-play* y las interfaces en una arquitectura tecnológica de aprendizaje basada en las tecnologías de la información.

En la Figura 3 se muestra un diagrama explicativo de la capa 1 de LTSA correspondiente a la interacción Ambiente – Estudiante.

Figura 3. Interacción Ambiente – Estudiante.



En la Figura 3 se pueden observar tres códigos (L1, L2, L3), los cuales representan el flujo o la interacción entre el ambiente y el estudiante; de acuerdo al estándar LTSA: el código L1 representa el flujo de datos sobre el estudiante, entre la evaluación y el seguimiento al estudiante; el código L2 representa el flujo de datos sobre información del estudiante a partir del seguimiento del alumno, dirigido al tutor y el código L3 representa el flujo de datos sobre información del estudiante, desde el tutor hacia el seguimiento del alumno.

Ahora en la Figura 4 se muestra el diagrama explicativo de la capa 3 componentes del sistema LTSA, donde se identifican los procesos que intervienen en un sistema de tecnología de aprendizaje como lo son los laboratorios con acceso remoto.

Figura 4. Procesos que intervienen en un sistema de tecnología de aprendizaje.



2.3.4 Ejemplos de laboratorios con acceso remoto Implementados.

A continuación se sintetizan algunos laboratorios con acceso remoto implementados a nivel mundial. En cada uno de ellos se utilizan distintas tecnologías, plataformas y protocolos; lo cual muestra que cada una de las universidades, centro de investigación o investigadores han utilizado distintas plataformas o formas de puesta en marcha con lo cual se podría mencionar que no existe un procedimiento estandarizado para su desarrollo.

Se especifica que los laboratorios con acceso remoto que se muestran a continuación no hacen parte de una clasificación con respecto a alguna característica pero si es una presentación de la descripción de algunos de este tipo de laboratorios disponibles actualmente, los cuales siguen creciendo alrededor del mundo.

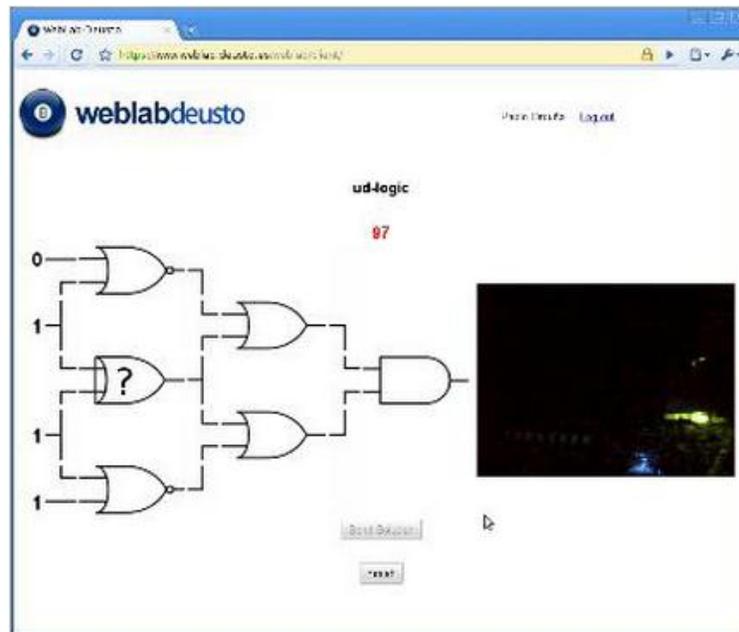
2.3.4.1 WebLab-Deusto.

Es un laboratorio distribuido escalable basado en web, independiente del experimento, que ha estado en continuo desarrollo en la Universidad de Deusto, que tiene campus ubicados en Bilbao y San Sebastián España, al cual se puede acceder desde <https://weblab.deusto.es/weblab/client> (Weblabdeusto, 2013); ofrece experimentos reales que pueden ser accedidos y utilizados por los usuarios a través de Internet, quienes obtienen unos resultados exactamente iguales a los obtenidos en un laboratorio tradicional. Algunos de sus laboratorios con acceso remoto ofrecidos son: FPGA (*Field Programmable Gate Array*), CPLD (*Complex Programmable Logic Device*) y Microcontroladores PIC. WebLab-Deusto también es un grupo de investigación llamado WebLab-Deusto Research Group, donde su enfoque está direccionado hacia la experimentación remota.

Algunas de las características que manejan los Laboratorios de WebLab-Deusto son: Interfaz de usuario, autenticación, gestión de turnos, escalabilidad, seguridad, registro y seguimiento de usuarios, panel de administración. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de laboratorio con acceso remoto de circuitos lógicos de WebLab-Deusto.

En la Figura 6 se muestra una arquitectura utilizada por WebLab-Deusto, en la cual los usuarios, pueden estar accediendo desde distintos equipos informáticos como: Computadores de escritorio, portátiles y equipos móviles, donde cada uno de ellos puede manejar distintos sistemas operativos o plataformas y del lado de la Universidad se encuentran varios servidores manejando todos los servicios del Laboratorio.

Figura 5. Ejemplo laboratorio de Circuitos Lógicos WebLab-Deusto.



Fuente: WebLab-Deusto.

Figura 6. Arquitectura Distribuida WebLab-Deusto.



Fuente: (García-Zubía, 2008)

En la Figura 7 se puede observar la página principal del laboratorio de la Universidad de Deusto; Weblabdeusto, en donde el usuario final (estudiante o investigador) tiene acceso a los distintos experimentos ingresando su nombre de usuario o *username* y su contraseña o *password*. En la Figura 8 se muestra otro ejemplo de realización de práctica de Laboratorio de Weblabdeusto .

Figura 7. Página Principal WebLab-Deusto

WebLab-Deusto

WebLab-Deusto is a Remote Laboratory. Students access experiments physically located in the university, having the same experience as if in traditional hands-on-lab sessions. There is more information regarding the project in the [WebLab-Deusto Research Group](#) site.

Support
For any technical issue you may find, please contact us at weblab@deusto.es

Demo
If you do not have a user account, you can try our demo experiments with the username **demo** and the password **demo**.

Mobile
Perform your experiments in the mobile version by clicking [here](#)

Log in

Username:

Password:

Don't have an account? Create one through Facebook

[Administration Panel](#)

WebLab-Deusto en Facebook

Me gusta

A 94 personas les gusta WebLab-Deusto.

Erik Roderval Santiago Gustavo Cristina Ibon

Plug-in social de Facebook

Fuente: WebLab-Deusto.

Figura 8. Ejemplo de Laboratorio de Weblabdeusto.



ud-fpga

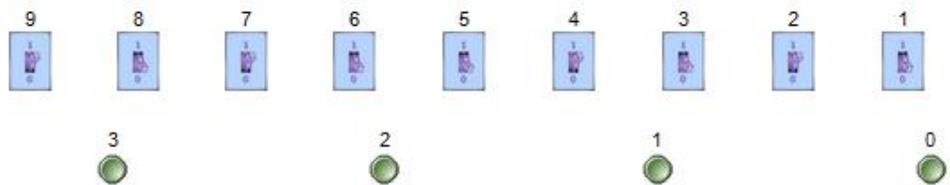


01:23 Device ready

1000

Activate

Deactivate



Fuente: WebLab-Deusto.

2.3.4.2 Laboratorio de Experimentação Remota – UFSC.

El laboratorio de la Universidad Federal de Santa Catarina y su Departamento de Informática y Estadística en Brasil tiene como objetivo principal ampliar la gama de uso de Internet con la experimentación a distancia. Proporcionando interacción con el mundo físico y permitiendo a los estudiantes el acceso a recursos escasos. Estos laboratorios prácticos se pueden realizar en cualquier lugar y a cualquier hora, al cual se puede acceder desde <http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/frame3.htm> (Laboratório de Experimentação Remota. Universidad Federal de Santa Catarina – Brasil., 2013). En la Figura 9 se muestra un ejemplo de laboratorio de experimentación remota de la UFSC.

Figura 9. Ejemplo de laboratorio Universidad Federal Santa Catarina.

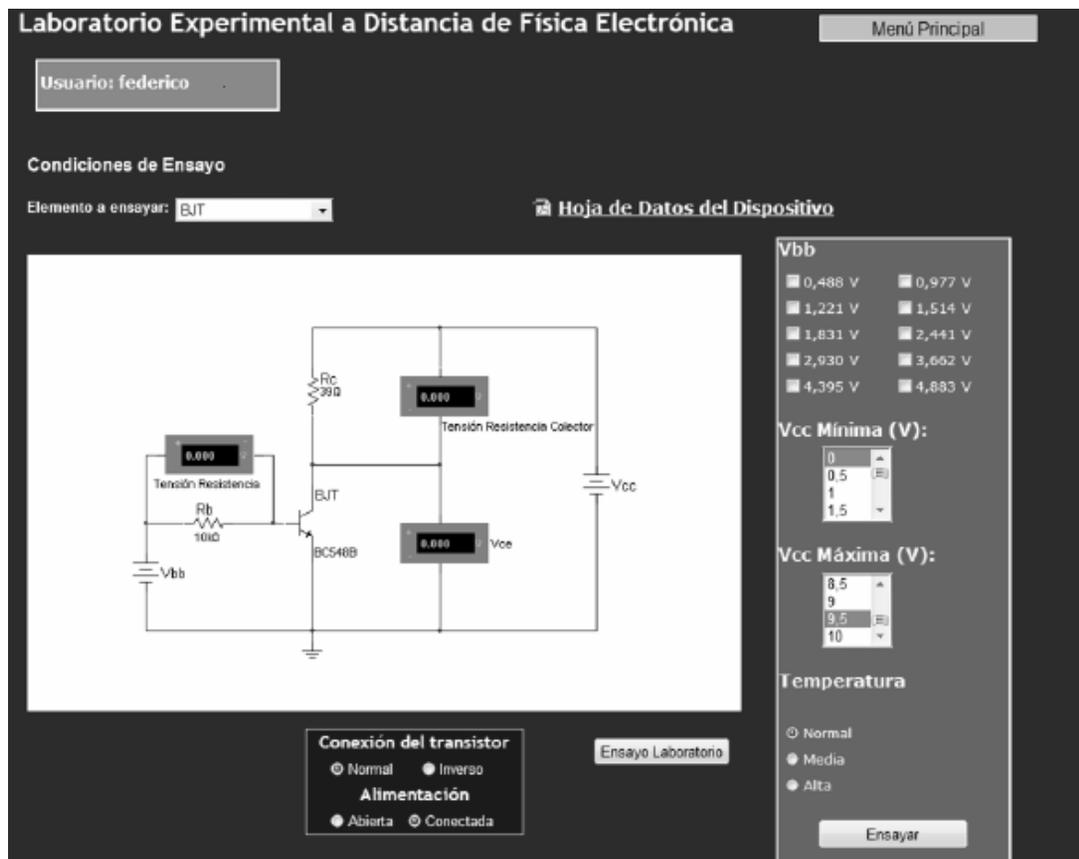


Fuente: UFSC

2.3.4.3 Laboratorio Universidad Nacional del Rosario - UNR

El laboratorio de la Universidad Nacional de Rosario y su Departamento de Educación a Distancia en Argentina, está enmarcado en el desarrollo de aprendizajes significativos en el área de dispositivos electrónicos básicos, al cual se puede acceder desde <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>. (Universidad Nacional del Rosario, 2013) En este laboratorio a nivel de hardware se utiliza una placa de adquisición de datos de National Instruments y a nivel de software se utiliza como servidor web una plataforma .Net y aplicaciones en Visual Studio. En la Figura 10, se muestra un ejemplo de un laboratorio correspondiente a un transistor bipolar.

Figura 10. Ejemplo de laboratorio Universidad Nacional de Rosario, Argentina.



Fuente: (Universidad Nacional del Rosario, 2013)

2.3.4.4 Proyecto AutomatL@bs, Laboratorios Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED

Los laboratorios de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), España, están a la vanguardia en la implementación de nuevos sistemas de enseñanza práctica, con la implementación de sus laboratorios es posible realizar prácticas de Ingeniería desde cualquier lugar a través de Internet. El factor diferenciador e innovador en los laboratorios en la UNED, ha sido en primera instancia la integración de los distintos laboratorios locales (de la misma universidad) en una misma plataforma, llamada eMersion, donde se tiene la misma interfaz, sistemas de reservar y autenticación, a los cuales se puede acceder desde <http://lab.dia.uned.es/rlab/index.html>. (Laboratorios Virtuales y Remotos. UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) Departamento de Informática y Automática – España. , 2011). En la Figura 11 se muestra la integración de sistemas de laboratorios con acceso remoto en la plataforma eMersion de la UNED.

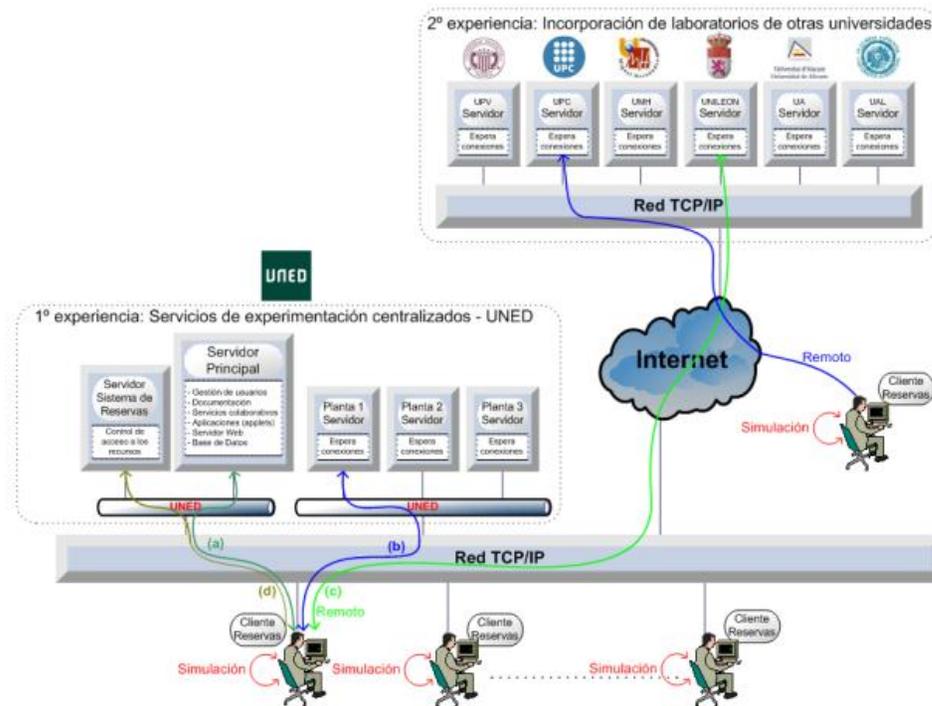
Y en segunda instancia la integración o incorporación de otras universidades al sistema de prestación de servicios de experimentación virtual y remota de la UNED, llamado proyecto AutomatL@bs accesible desde <http://lab.dia.uned.es/automatlab/> (Proyecto AutomatL@bs. Red de Laboratorios de Automática – España. , 2011), el cual es una experiencia interuniversitaria en donde 7 universidades de España (Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED, Universidad de Alicante – UA, Universidad de Almería – UAL, Universidad Politécnica de Valencia – UPV, Universidad Politécnica de Catalunya – UPC, Universidad Miguel Hernández – UMH, Universidad de León - UL) han integrado sus aplicaciones de experimentación en línea impulsando la investigación y el trabajo colaborativo entre universidades (Dormido, y otros, 2008). En la Figura 12 se muestra la infraestructura de red y servicios web del proyecto AutomatL@bs.

Figura 11. Laboratorios UNED – eMersion.



Fuente: Plataforma eMersion – UNED.

Figura 12. Proyecto AutomatL@bs.



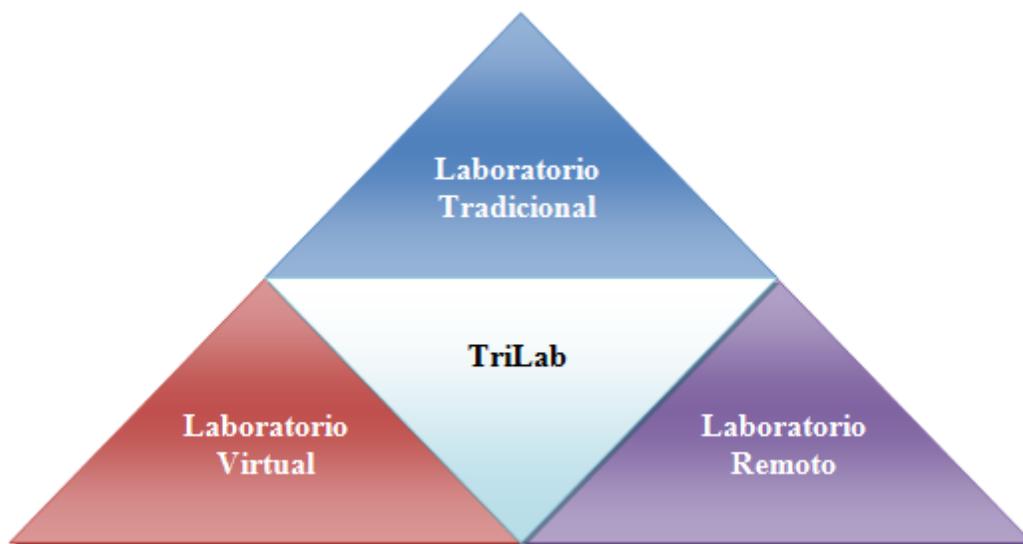
Fuente: (Dormido et al, 2008)

En la implementación del lado del servidor en el proyecto AutomatL@bs se utiliza el software LabVIEW, el cual es un entorno de desarrollo gráfico muy poderoso, creado por National Instruments (NI), empresa que también ha diseñado tarjetas de adquisición que también son utilizadas en el desarrollo de Laboratorios con acceso remoto.

2.3.4.5 Laboratorio iLough-Lab.

La Universidad de Loughborough, Reino Unido, combina tres tipos de laboratorios utilizados en la educación (laboratorio práctico o laboratorio tradicional, Laboratorio Virtual, Laboratorio Remoto), modalidad híbrida llamada TriLab, como se muestra en la Figura 13 al cual se puede acceder desde <http://www.ilough-lab.com> (iLough-Lab. Universidad de Loughborough - Reino Unido. , 2011).

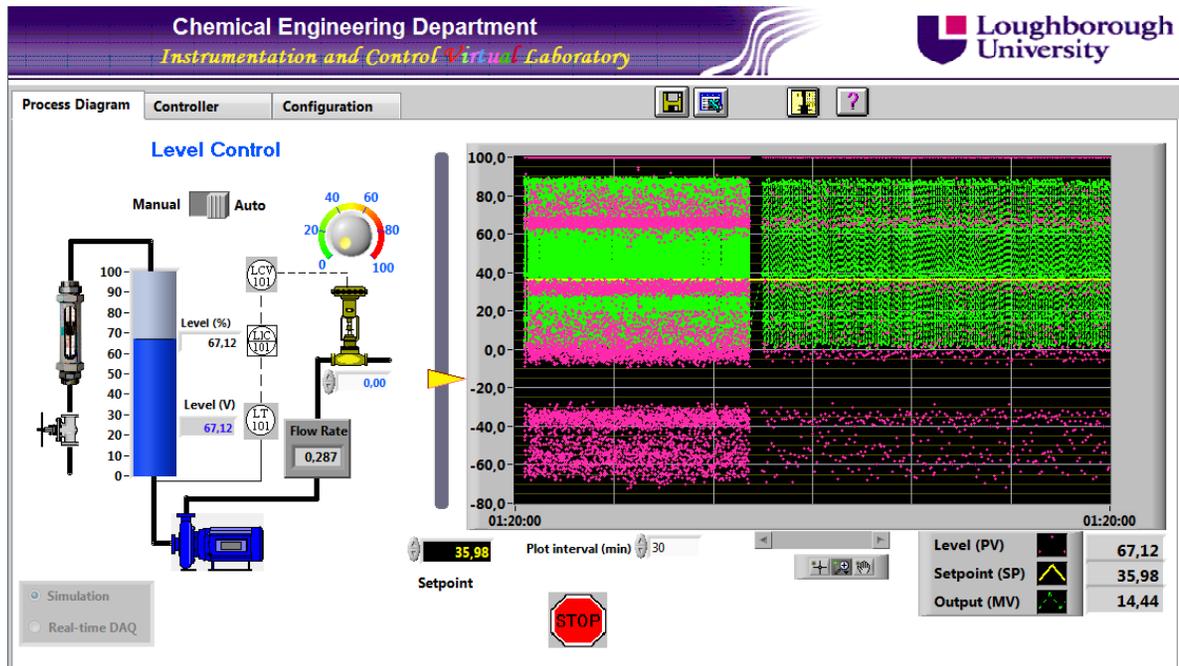
Figura 13. TriLab – iLough.



Fuente: iLough-Lab.

En la Figura 14 se puede observar un ejemplo de uno de los tipos de laboratorio que hacen parte de TriLab utilizado en iLough-Lab.

Figura 14. Ejemplo Laboratorio iLough-Lab.

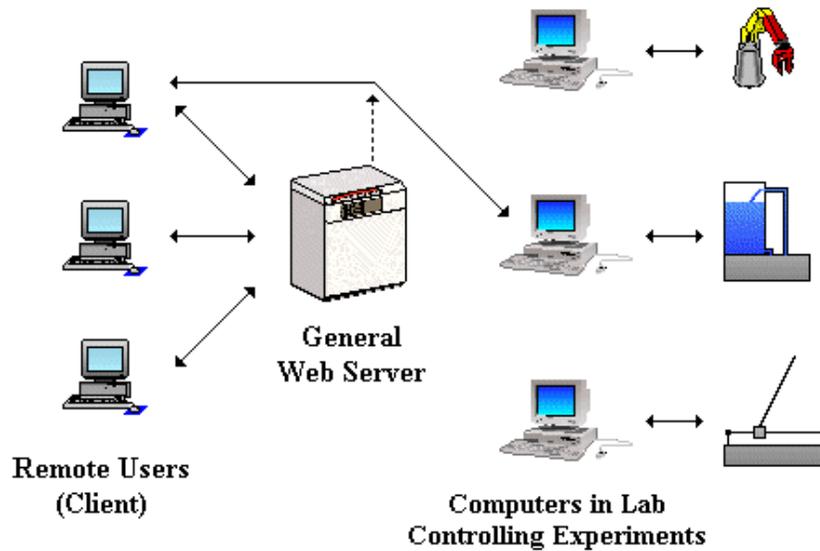


Fuente: iLough-Lab

2.3.4.6 Laboratorio Automatic Control Telelab - ACT

La Universidad de Siena - Italia, adscrito al Departamento de Ingeniería de la Información, cuenta con el laboratorio ACT viene de la sigla *Automatic Control Telelab*. Este laboratorio hace énfasis en el concepto de que una teleoperación y visualización remota agrega valor si es realizada en tiempo real y además se puedan obtener datos del sistema, para ser interpretados por los usuarios remotos, al cual se puede acceder desde <http://act.dii.unisi.it/home.php> (ACT – Automatic Control Telelab. Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – Italia.). En la Figura 15 se muestra la arquitectura del Laboratorio ACT.

Figura 15. Arquitectura Laboratorio ACT.



Fuente: *Automatic Control Telelab.*

En la Figura 15 se puede observar que se manejan distintos tipos de laboratorios sobre la misma arquitectura, y en la Figura 16 se muestran varios de los experimentos manejados por este laboratorio, lo cual confirma la flexibilidad de dicha arquitectura.

Figura 16. Laboratorio ACT

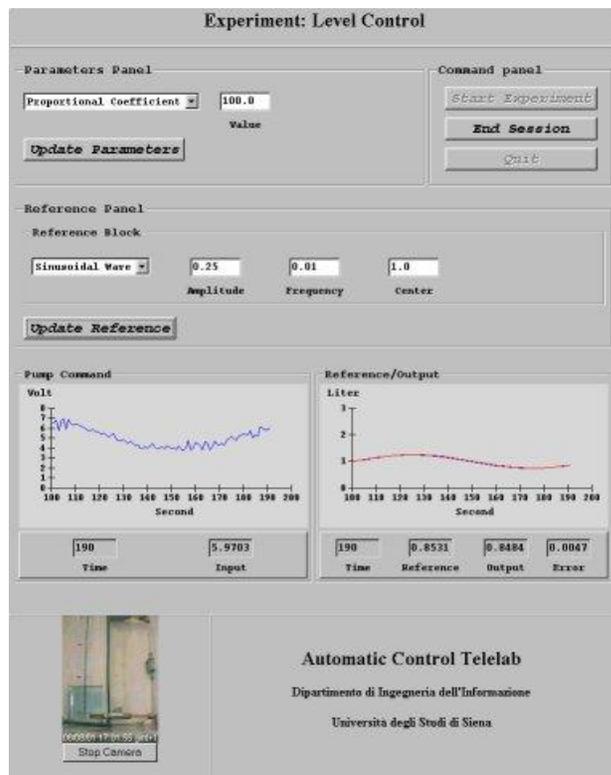
Automatic Control Telelab

<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0;">ACT</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Introduction</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Lab Manual</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Experiments</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Competitions</p> <hr/> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">People</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">FAQ</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Reports</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 5px 0;">Links</p>	Remote Experiments		
	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">DC Motor Position Control</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">System Description</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Video Sample</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">On-line Camera</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Control Experiment</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Process Ready</p> </div>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Water Tank Level Control</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">System Description</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Video Sample</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">On-line Camera</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Control Experiment</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Process Ready</p> </div>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Magnetic Levitation Stable Configuration</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">System Description</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Video Sample</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">On-line Camera</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Control Experiment</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em; color: #000080;">Student Competition</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Process Ready</p> </div>

Fuente: *Automatic Control Telelab.*

La interfaz de usuario del laboratorio ACT se encuentra dividido en 5 partes: 1. El panel de comandos para iniciar o finalizar el experimento; 2. El panel de controles de parámetros con el cual el estudiante o investigador interactúa con el laboratorio modificando valores al experimento estudiado; 3. El panel de referencia, donde se pueden observar valores y tomar decisiones entre varias opciones; 4. Ventana dinámica del experimento que muestra resultados de salida del proceso del experimento; 5. Ventana de video en vivo. En la Figura 17 se ilustra la interfaz de usuario mencionada.

Figura 17. Interfaz de Usuario del Laboratorio ACT.



Fuente: *Automatic Control Telelab*

De acuerdo a los párrafos anteriores se puede concluir que la implementación de los laboratorios con acceso remoto en los últimos años se ha masificado. La búsqueda de referentes muestra que estos están siendo utilizados en universidades alrededor del mundo, como se puede observar en (Ma & Nickerson,

2006). Es lógico pensar que en el área de conocimiento donde hay mayor cantidad de laboratorios es en la ingeniería teniendo en cuenta que esta disciplina del saber es la aplicación de las ciencias y en un laboratorio es donde mejor se puede estudiar, aplicar, analizar y sacar resultados de las ciencias; estando las ingenierías eléctrica y electrónica como las que en donde más se encuentran aplicaciones de laboratorios con acceso remoto. En (Gravier, Fayolle, Bayard, Ates, & Lardon, 2008), (Gomes & Bogosyan, 2009) y (Zamora, 2011) se observan varios ejemplos aplicados a: Electrónica, microelectrónica, electrónica de potencia y accionamientos eléctricos, control y automatización, robótica, microprocesadores, FPGA y sistemas embebidos.

En todas estas aplicaciones el estudiante o investigador trabaja de forma individual desde una terminal remota, evidenciando que existen elementos no considerados como la colaboración, el cual es un punto a trabajar en este trabajo de grado. Por otro lado en el párrafo anterior se mencionó que los laboratorios son usados para poner en práctica los conocimientos teóricos con el fin de alcanzar ciertas competencias o metas, en ingeniería (ABET, 2014), ABET sigla en inglés conformada por *Accreditation Board for Engineering and Technology*, define a través de su criterio general “resultados de los estudiantes” competencias que sirven de referencia en conjunto con objetivos de aprendizaje.

Actualmente existen nuevas características para los laboratorios con acceso remoto (Colaboración e Inmersión), que permiten lograr más participación e interacción del estudiante y/o investigador con los experimentos a desarrollar. Algunos de estos entornos más representativos a nivel internacional son Second Life y OpenSim. También se pueden mencionar a Opencroquet, OpenWonderlan y RealXtend (Lorenzo, Sicilia, & Sanchez, 2012), los cuales son mundos virtuales en tercera dimensión (3D) o metaversos⁵.

⁵ Metaverso: Entorno de interacción social en un espacio 3D virtual que actúa asemejándose al mundo real, a través de un Avatar o Icono (Representación Virtual de una persona)

2.3.5 Entornos Colaborativos e Inmersivos

El crecimiento acelerado de la tecnología en conjunto con la facilidad de acceso a la información, además de los cambios en la estructura social (ejemplo nativos digitales) está generando cambios en el aprendizaje con nuevas competencias por desarrollar, donde éstas no solo se transmiten al estudiante si no que éste hace parte e interactúa con el proceso educativo. Todas estas características han promovido una tendencia al trabajo en equipo (colaborativo o cooperativo).

En el aprendizaje cooperativo se desarrollan ciertas actividades para realizar una tarea en grupo, en la cual cada uno de los individuos realizan distintas partes de la misma. En el aprendizaje colaborativo el trabajo o tarea se realiza todo en conjunto, es decir de forma interdependiente entre los individuos, utilizando técnicas que conllevan una construcción cognitiva, interactiva y social común. De acuerdo a (Hertz-Lazarowitz & Miller, 1992) la colaboración con respecto a la cooperación se encuentra en un nivel jerárquico mayor, la colaboración engloba o abarca a la cooperación pero no en sentido contrario.

Tomando como referencia a (Martínez, 2003) en el trabajo colaborativo debe existir interacción entre los estudiantes para la realización de las actividades generando esto una interdependencia entre los miembros del grupo con lo cual se desarrollan técnicas interpersonales, conociendo que el profesor no es la única fuente de información pero es quien define los objetivos, las actividades y el proceso de evaluación, en la Figura 18 se ilustran las características mencionadas.

Figura 18. Características del trabajo colaborativo. Adaptado de Martínez (2003)



Teniendo en cuenta las definiciones y características anteriores de trabajo colaborativo, se menciona que la efectividad de un laboratorio con acceso remoto es directamente proporcional al uso de interfaces interactivas con retroalimentación lo que genera un rendimiento óptimo que influencia de forma positiva este tipo de laboratorios como lo indican los estudios de (Griffin, Provancher, & Cutkosky, 2005), además de la implementación de requisitos no funcionales mencionados en (Zamora, 2011), como: disponibilidad y reusabilidad, rendimiento y capacidad, mantenibilidad y escalabilidad, seguridad y fiabilidad; además del uso de un entorno colaborativo.

De acuerdo a (Ma & Nickerson, 2006) el uso de entornos colaborativos en los laboratorios con acceso remoto generan valor agregado en el desarrollo de

competencias y habilidades en los estudiantes; en estos entornos también se debe tener en cuenta teorías cognitivas y sociales acerca de las motivaciones y respuestas actitudinales que se pueden presentar en los estudiantes (Mayer & Alexander, 2011).

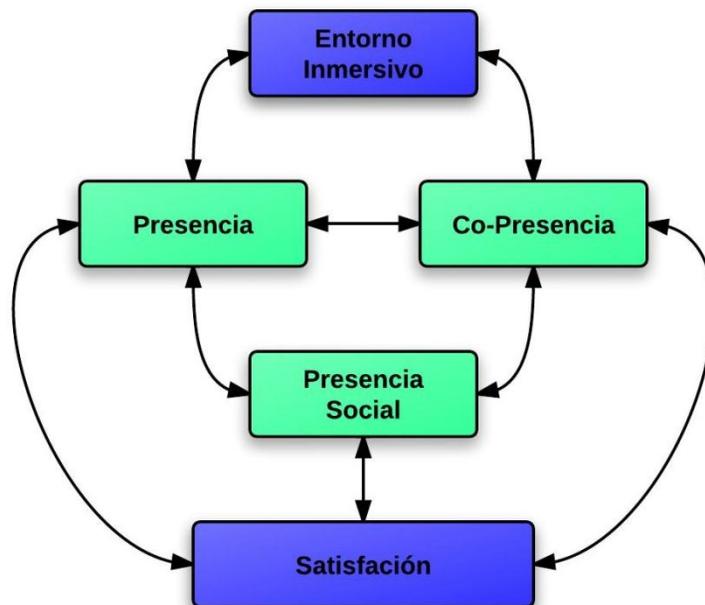
Referenciando a (Schaf, Muller, Bruns, Pereira, & Erbe, 2009) acerca de los entornos colaborativos en la educación en Ingeniería, para lograr niveles más altos en las interacciones entre humanos, las cuales son necesarias para resolver problemas complejos de ingeniería, se requiere un fuerte apoyo de la multi-perspectiva y colaboración, concepto que está estrechamente relacionado con el aprendizaje. En la colaboración, los seres humanos interactúan utilizando la auto-crítica (reflexión), investigando y desarrollando habilidades, las cuales impulsan la construcción de conocimiento, esencia misma del modelo pedagógico constructivista, mencionado anteriormente, y utilizado actualmente en entornos virtuales.

Existe una componente virtual de los laboratorios con acceso remoto que está empezando a tener presencia en las universidades a nivel mundial, la cual es una dimensión inmersiva que de acuerdo a (Kapp & O'Driscoll, 2010) es un entorno donde los estudiantes y/o investigadores son representados mediante un avatar mediante el cual pueden relacionarse con otros avatares con el principal propósito de aprender.

Una de las características de los entornos inmersivos está relacionada con la “sensación” de estar presente en un sitio diferente al que se está presencialmente con lo cual se logra simular o representar la “presencia” en un mundo 3D. Esta “presencia” virtual de acuerdo a (Tugba Bulu, 2012) se puede agrupar en tres categorías: presencia, presencia social y co-presencia; en donde el usuario en “presencia” responde al entorno virtual como si este fuera real o lo siente como en la vida real; “presencia social” es la percepción de los individuos para conectarse con el medio (no necesariamente virtual) y crear una interacción cercana como el

mismo (Lombard & Ditton, 1997); y “co-presencia” complementa la “sensación” de “estar ahí” a la sensación de estar acompañado, accesible y disponible para otros avatares (Nowak, 2001). La relación entre entorno inmersivo, presencia y satisfacción del usuario es mostrada en la Figura 19 adaptada de (Tugba Bulu, 2012).

Figura 19. Relación entre entorno inmersivo, presencia y satisfacción. Adaptado de Tugba Bulu (2012).



Teniendo la conceptualización y características de los entornos colaborativos e inmersivos, en la Figura 20 se muestra un diagrama de un laboratorio con acceso remoto, adaptado de Zamora (2011).

Figura 20. Diagrama laboratorio con acceso remoto.



También en la Figura 21 se muestra un ejemplo de un laboratorio con entorno inmersivo. En la Figura 22 se muestra un ejemplo donde con la utilización de entornos inmersivos y colaborativos en la enseñanza los asistentes tienen la posibilidad de interactuar en un foro.

Figura 21. Ejemplo Tendencia laboratorio con entorno inmersivo.



Fuente: Universidad de Deusto, weblabdeusto.

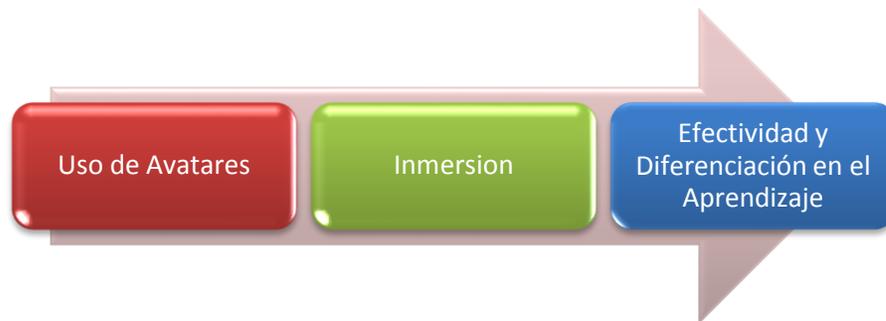
Figura 22. Ejemplo entorno inmersivo en la educación.



Fuente: (Cheong, 2010)

El uso de Avatares o de representaciones visuales de forma humanoide de los usuarios como es mostrado en la Figura 21 y la Figura 22 es importante en el desarrollo de entornos colaborativos e inmersivos, de acuerdo a (Bredl, Grob, Hünninger, & Fleischer, 2012) (Kay Michel, Helmick, & Mayron, 2011) (Levesque & Lelievre, 2011) la inmersión es el concepto o característica que genera efectividad y diferenciación en el aprendizaje aportando efectos positivos en la educación con el uso de entornos virtuales 3D, adaptando de (Christopoulos, 2013), el concepto anterior se ilustra en la Figura 23.

Figura 23. Avatares - Inmersión y efectividad



Fuente: (Christopoulos, 2013)

2.4 Conclusiones

El aprendizaje colaborativo es una estrategia efectiva para la educación de las matemáticas y las ciencias (Toumasis, 2004), permitiendo que se pueda tener mejores resultados y el desarrollo de actividades como predicción, experimentación, análisis entre otras. El diseño en los laboratorios puede tener diferentes formas de colaboración e interacción a través de la inmersión permitiendo el incremento de la efectividad en el aprendizaje (Nickerson et al, 2007)

La colaboración puede tener un fuerte impacto en el proceso de aprendizaje, debido a la forma en que disminuye la carga cognitiva de los estudiantes (Kirschner, Pass, & Kirschner, 2009), promoviendo el intercambio de saberes y enriqueciendo el aprendizaje. De la misma manera la inmersión desde el punto de vista de la realidad virtual también genera impacto teniendo en cuenta que presenta interactividad en tiempo real (Huang, Rauch, & Liawc, 2010). Los entornos inmersivos para la educación son plataformas que se encuentra en desarrollo, las cuales están siendo definidas por el grupo tecnológico de la educación inmersiva (IETG – Immersive Education Technology Group), la cual es una iniciativa internacional de colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas de alto impacto, como: *Boston College, Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), MIT Media Lab, Stanford University, United States Department of Education National Aeronautics and Space Administration (NASA), Federation of American Scientists (FAS), Sun Microsystems, Open Wonderland Foundation, realXtend (Finland), The MOFET Institute (Israel), University of Aizu (Japan), Keio University (Japan), National University of Singapore, Royal Institute of Technology (Sweden), University of Essex (UK), Coventry University (UK), Giunti Labs (Italy)*, entre otros.

Con la revisión de investigaciones anteriores, se evidencia la necesidad puntual de aplicar herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios, debido a que estas generarían la adquisición de competencias como la construcción de trabajo y conocimiento en equipo que actualmente no se obtiene en los laboratorios con acceso remoto convencionales debido a que su uso es individual, igualmente es necesario la medición de la efectividad de la aplicación de estas herramientas.

CAPITULO III

3. HERRAMIENTAS DE ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS

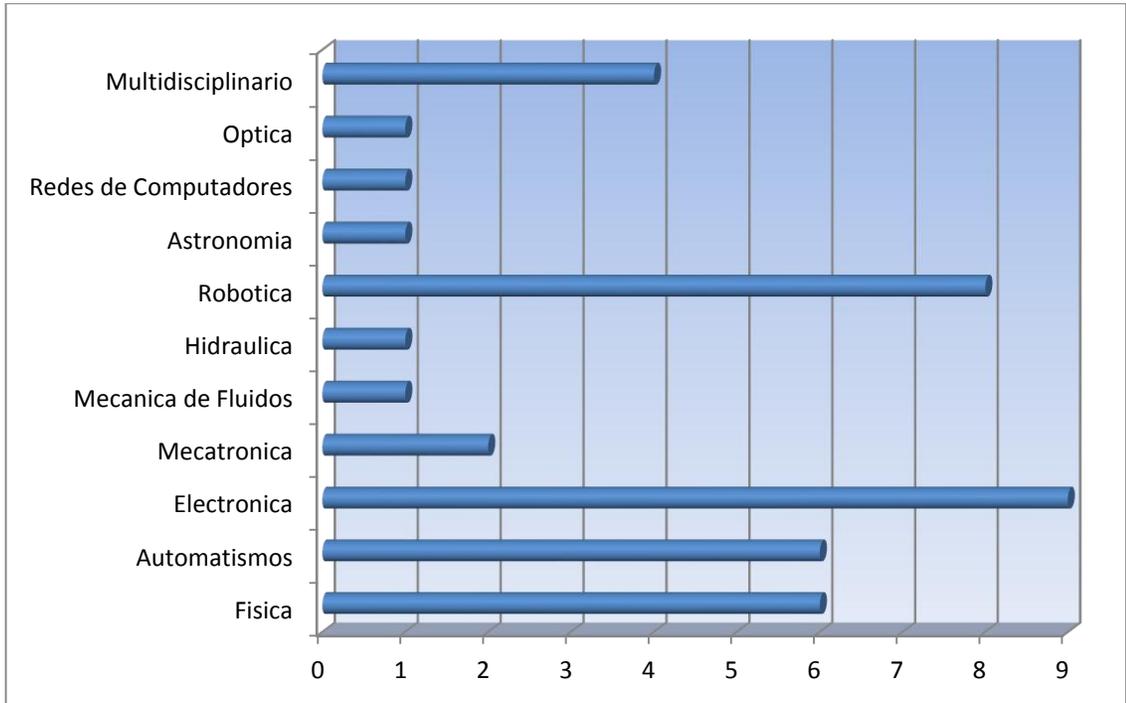
3.1 Introducción

En primera instancia, antes de desarrollar la temática concerniente a las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos se deben identificar los tipos y áreas de trabajo disciplinar que se ajusten y estén acordes a los requisitos de operación de los laboratorios con acceso remoto.

3.2 Tipo y área de trabajo disciplinar

Teniendo en cuenta la revisión del marco teórico y estado del arte concerniente a la temática estudiada se puede analizar que los laboratorios con acceso Remoto están siendo implementados en diferentes áreas del saber o campos científicos, debido a que los investigadores, docentes e instituciones de educación superior que están implementando este tipo de laboratorio básicamente pertenecen a diferentes áreas científicas. Basándose en los campos científicos en los que se están desarrollando los laboratorios con acceso remoto de acuerdo a (Gravier et al, 2008). En la Figura 24 se puede observar que en la actualidad son desarrollados para experimentos principalmente en Ingeniería, pero no sesgado a una sola disciplina.

Figura 24. Campo científico de laboratorio con acceso remoto.



Fuente: (Gravier et al, 2008)

En la Figura 24 claramente se observa que el área disciplinar que más se repite o es mayormente usado es el correspondiente a la Electrónica, seguido por la Robótica y Automatismos quienes a su vez pueden ser vistas como áreas de especialización de la Ingeniería Electrónica.

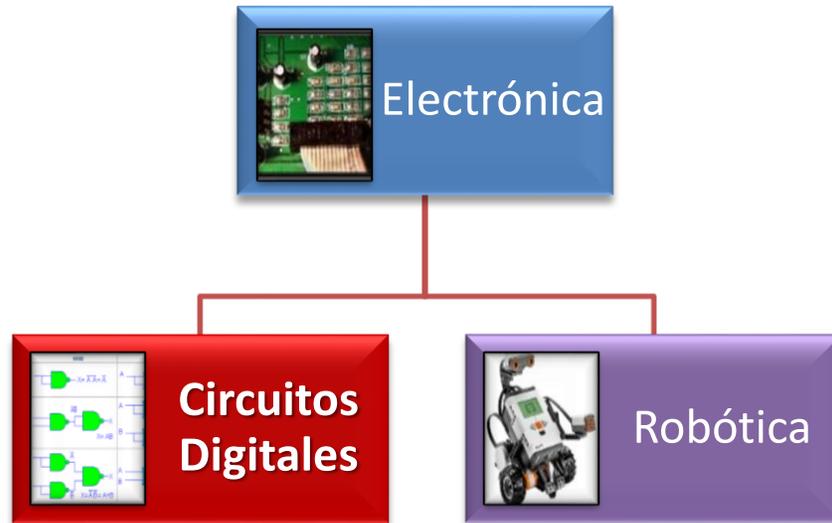
De la misma manera se puede analizar que los laboratorios con acceso remoto han sido trabajados en distintas áreas y que estos a su vez han tenido variadas soluciones o formas diferentes de implementación, mostrando una posible situación no homogénea alrededor del tema. Aun así es posible mencionar componentes o escenarios típicos homogéneos en cada uno de estos, como los especificados por (Gomes & Bogosyan, 2009), estos se enuncian a continuación:

- Servidor de laboratorio que permita seguimiento y control del experimento.
- Equipos y/o interfaces que permitan la interconexión entre los estudiantes remotos y el laboratorio; soluciones que van desde servidores web sencillos que incluyen una pequeña descripción del experimento y materiales de aprendizaje hasta sistemas más completos que incluyen LMS⁶ con manejo y autenticación de usuarios, sistema de reservas para el uso adecuado de los experimentos y estadísticas de uso.
- Herramientas de colaboración que permiten entre otras características tener audio, video y comunicaciones entre los usuarios.
- Descargas de programas de cliente o instalación de complementos informáticos “*plugins*” para poder acceder de forma adecuada a los experimentos.

Ahora, tomando en consideración estos escenarios típicos homogéneos o requisitos de operación, además de las áreas disciplinares ya utilizadas en los laboratorios con acceso remoto se pueden escoger algunas de estas como posibles modelos para la aplicación de los entornos colaborativos e inmersivos en los laboratorios, lo cual se muestra en la Figura 25.

⁶ LMS: *Learning Management System*, Sistema de Gestión de Aprendizaje.

Figura 25. Selección del área disciplinar



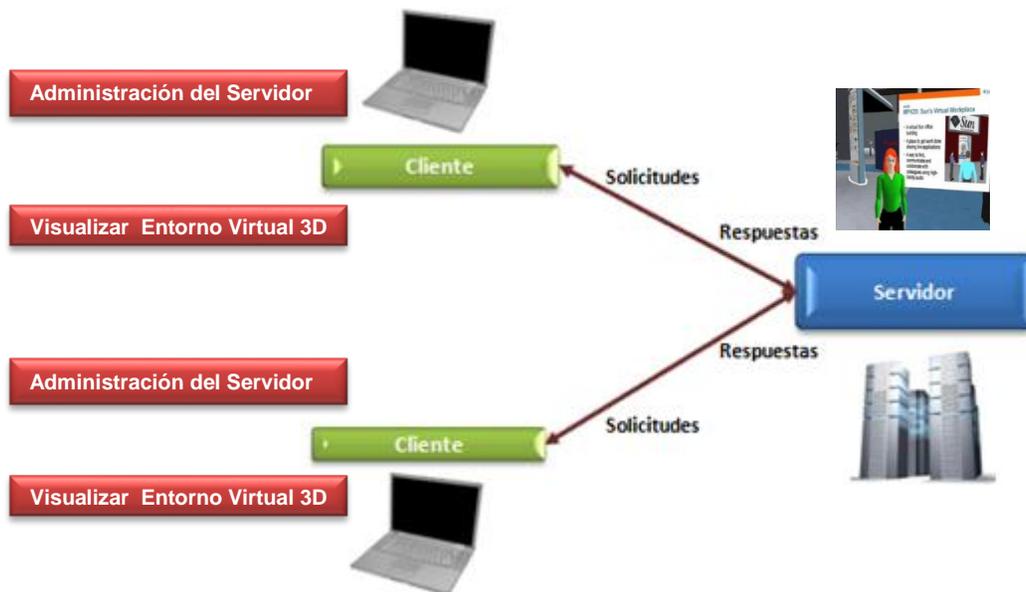
3.3 Plataformas para el Desarrollo de Entornos Virtuales Colaborativos e Inmersivos.

A continuación se mencionarán algunas de las plataformas existentes para el desarrollo de entornos virtuales: Open Wonderland (OW) (<http://openwonderland.org/>, 2013) es una plataforma desarrollada por Sun Microsystems, diseñada 100% en Java, de código abierto por medio de la cual es posible desarrollar entornos virtuales en 3D. Con esta los usuarios pueden crear entornos colaborativos de aprendizaje, aplicaciones de negocio, así como también simulaciones interactivas multiusuario, permitiendo comunicarse entre ellos, compartir aplicaciones de escritorio y participar en distintos contextos.

De acuerdo a (Kaplan & Yankelovich, 2011) Open Wonderland se basa en una arquitectura cliente-servidor, en donde la sección "cliente" tiene dos funciones: la

primera es una aplicación web para administración del servidor y la segunda es la aplicación de escritorio que se utiliza para visualizar el entorno virtual 3D, lo cual se puede observar en la Figura 26.

Figura 26. Arquitectura para OpenWonderland



Otra de las plataformas para el desarrollo de Entornos Virtuales es 3rd Rock Grid (<http://www.3drockgrid.com/>, 2013) la cual es una comunidad virtual en línea basada en una infraestructura de integración basada en OpenSim, en la cual está desarrollada una comunidad social donde se interactúa en un entorno virtual 3D, donde se puede diseñar y construir desde casas y empresas hasta parques y museos dependiendo de la creatividad del usuario.

También existen organizaciones como Virtus (<http://www.association-virtus.org/>, 2013) que administra entornos como NewWorld, el cual evoluciona de acuerdo a acciones de los usuarios, quienes pueden realizar donaciones para apoyar de esta manera este tipo de proyectos.

La compañía virtyou (<http://virtyou.com/en/>, 2013), de origen Alemán, enfatiza su accionar en la convergencia de medios y en mundos interactivos 3D. Virtyou actualmente está activa en plataformas como Opensim y Second Life.

De la misma manera también se tiene al entorno virtual Starlight, el cual fue creado especialmente para educación por la Empresa FireSabre (<http://www.firesabre.com/>, 2013). Starlight es una opción flexible, estable, privada y segura para universidades e instituciones sin ánimo de lucro, ofreciendo entrenamiento, creación de contenidos, entre otros aspectos. Algunos de estos espacios virtuales son creados por la empresa FireSabre de acuerdo a las necesidades del cliente, otros espacios pueden ser rentados por usuarios que desarrollan sus propios proyectos y también algunos son mudados o trasladados desde otros entornos virtuales ampliamente conocidos como OpenSimulator o Second Life.

Ahora al mencionar en el párrafo anterior a dos de los entornos virtuales mayormente conocidos a nivel mundial como: OpenSimulator y Second Life, a continuación se comentará acerca de sus características, configuraciones y arquitectura.

3.3.1 Entorno Virtual 3D con Second Life

Second Life (SL) es una plataforma que en sus inicios fue diseñada como un video juego, para después aproximadamente en el año 2006 convertirse en un entorno virtual 3D (<http://wiki.secondlife.com>, 2014), creada por la empresa Linden Research Inc.

Para definir este tipo de plataformas también se utiliza la palabra Metaverso, la cual fue utilizada por primera vez en la novela Snow Crash escrita por Neal Stephenson. En estos entornos se puede interactuar de forma social, por diversión, económica y últimamente de forma académica, lo anterior a través de un entorno lógico y tecnológico en donde se representa en un mundo virtual la mayoría de las características del mundo real sin las limitaciones de las leyes físicas (Stephenson, 2011). Estos Metaversos tienen la posibilidad de poder comunicarse con el mundo externo o a una tecnología web a través de sus prims⁷ internos (Rojo, 2010), por ejemplo con el envío de mensajes o información a un objeto dentro de una región del mismo o a través de comunicaciones entre una plataforma LMS y el entorno 3D con ayuda del software Sloodle (<http://www.sloodle.org/>, 2013).

En el entorno virtual 3D Second Life el lenguaje de programación llamado LSL (Linden Scripting Language) es quien le da el “comportamiento” a los objetos y avatares. LSL está conformado por más de 200 instrucciones o funciones que hacen posible que los avatares y objetos interactúen entre sí, así como también que pueda existir comunicación con el mundo exterior a SL, en la Figura 27 se muestra un ejemplo sencillo de un programa realizado en LSL.

Figura 27. Ejemplo de programa en LSL

```
default
{
    state_entry()
    {
        llSay(0, "Hello, Avatar!");
    }
}
```

⁷ Prim: Una primitiva o prim, es un objeto físico virtual, como: un auto, una casa, cabello o vestimenta del avatar.

Del Script mostrado en la Figura 27 anterior se observa la palabra “default”, el cual es un estado dentro del programa y siempre debe estar presente en un script de LSL; la palabra “state_entry” es un evento que se activa en cualquier estado de transición y llSay es una función que muestra el texto mostrado, en este caso “Hello, Avatar!”, en el lenguaje LSL, las funciones inician con las letras “ll” que proviene de “Library Linden”.

Otra de las características que tiene Second Life es que cuenta con su propio sistema económico con la moneda Linden L\$, de acuerdo a (Ernstberger, 2009) SL está diseñado para que los usuarios tenga una “segunda vida” buscando que estos se comporten como si estuvieran en la vida real.

3.3.2 Entorno Virtual 3D con OpenSimulator

OpenSimulator conocido a nivel general como OpenSim (OS) (no confundir con el software OpenSim que permite diseñar modelos de estructuras musculoesqueléticas y crear simulaciones dinámicas del movimiento, desarrollado por la Universidad Stanford y Simtk), es una herramienta con la cual es posible construir y simular entornos virtuales en 3D, teniendo como principales características que trabaja como un gestor de código abierto y además es multi-usuario, es decir varios usuarios representados a través de avatares pueden estar al mismo tiempo en el entorno virtual, facilitando la colaboración entre estos.

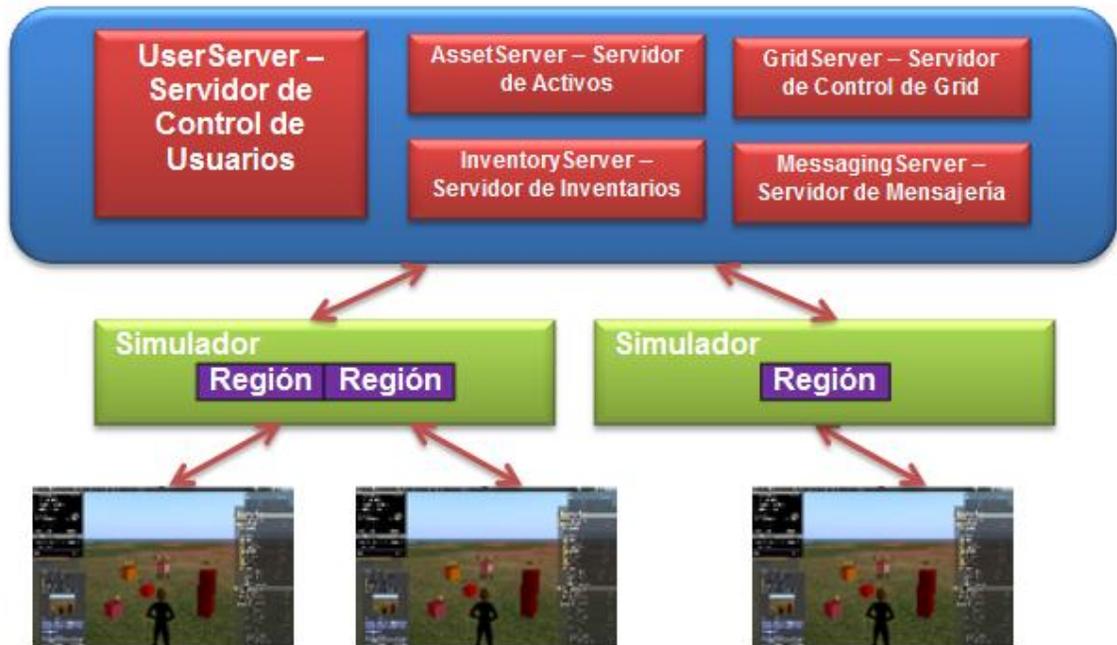
El desarrollo de entornos virtuales 3D a través de OpenSim tiene muchas semejanzas con respecto a SecondLife, debido a que su desarrollo fue basado en este y además su lenguaje o *script* LSL (Linden Scripting Language) es el mismo utilizado por SecondLife.

Con respecto a la arquitectura de Opensim se puede mencionar que este puede trabajar en modo Independiente (Standalone) y en modo Grid. El modo Standalone es el recomendado para hacer pruebas locales o para ejecutar en primera instancia antes de intentar conectar en la Grid. En el modo Standalone se pueden tener varias regiones y usuarios pero todo es gestionado por el mismo servidor; en cambio en el modo Grid, los procesos están distribuidos en distintos equipos de cómputo. Ahora tomando como referencia a (<http://opensimulator.org>, 2014) en la Figura 28 y la Figura 29 se muestran los modos en los cuales puede trabajar OpenSim.

Figura 28. Arquitectura Standalone de OpenSim



Figura 29. Arquitectura Grid de OpenSim



Teniendo en cuenta la Figura 28 y la Figura 29, y tomando como referencia a (Riofrío, 2012), la arquitectura de la plataforma OpenSimulator está conformada por cinco partes o servicios, los cuales son: **UserServer** o servidor de control de usuarios, quien realiza la autenticación para ingresar a la plataforma siendo representado por un avatar; **GridServer** o servidor de control de Grid, autentica todo aquello que se encuentre en la Grid y no sea un Avatar; **AssetServer** o servidor de activos, administra a objetos como imágenes, texturas y sonidos hasta scripts; **InventoryServer** gestiona los inventarios los avatares; **MessagingServer** o servidor de mensajería, encargado de la comunicación entre usuarios a través de sus Avatares. Se debe mencionar que los avatares y los objetos son determinados o representados cada uno de forma individual por un UUID - *Universally Unique Identifier*.

OpenSim soporta las siguientes bases de datos: SQLite y MySQL, donde la primera es la base de datos por defecto y por ende no necesita ser configurada,

por otro lado MySQL si necesita configuraciones por parte del usuario, por ejemplo en el archivo opensim.ini. Esta base de datos es la apropiada cuando se necesita tener mayor control sobre las acciones del entorno virtual.

Al igual que OpenWonderland, OpenSim necesita una aplicación cliente de escritorio para poder visualizar los entornos virtuales 3D desarrollados a través de equipos de cómputo remotos; por esta razón son llamados visores. Haciendo un símil con el modelo OSI de redes de computadores, los visores estarían en la capa de aplicación y son los que permiten a los usuarios visualizar su representación en el entorno virtual a través de sus avatares. A su vez los visores posibilitan la comunicación e interacción entre avatares facilitando la colaboración y la inmersión.

Los visores que se conectan a las plataformas que utilizan herramientas de entornos virtuales colaborativos e inmersivos como OpenSim presentan variadas características, algunos de estos visores son: RealXtend, Hippo Viewer, Second Life Viewer, Imprudence, Phoenix Viewer, Firestorm Viewer.

En la Tabla 3 se muestran características asociadas a cada uno de estos visores con respecto a la plataforma OpenSim, las cuales son: 1. Versión; 2. Selección de Grid, (Grid: organiza las regiones y las necesidades existentes entre regiones, Región: Lo que el usuario ve cuando ingresa al entorno, el lugar “físico” donde los avatares interactúan); 3. Gestor de la Grid; 4. Mesh (Mesh: Capacidad de modelos 3D mas reales); 5. Soporte de OSSL (OSSL: Extensión del lenguaje LSL que agrega funcionalidades); 6. Soporte de MOAP (MOAP: Media On a Prim, posibilidad de mostrar y navegar páginas web a través textura del entorno).

Tabla 3. Características de visores con respecto a OpenSim.

Nombre Visor	Versión	Selección de Grid	Gestor de la Grid	Mesh	Soporte de OSSL	Soporte de MOAP	Sistema Operativo
RealXtend	V 1.2	OK	OK	~	~	~	Windows – MacOSX
Hippo Viewer	V 1	OK	OK	X	OK	~	Windows – Linux
Second Life Viewer	V 2.3	X	X	OK	X	~	Windows – MacOSX - Linux
Imprudence	V 1	OK	OK	X	OK	X	Windows – MacOSX - Linux
Phoenix Viewer	V 1	OK	OK	OK	X	X	~
Firestorm Viewer	V 2.3	OK	OK	OK	OK	OK	Windows – Linux

Fuente: (<http://opensimulator.org>, 2014)

En la tabla anterior, “OK” indica que el visor cumple satisfactoriamente con esa característica, “X” no cumple con esa característica y “~” indica que no se tiene información asociada para esa característica con respecto al visor.

De la misma tabla también se puede analizar que el visor RealXtend es una buena opción cuando solo se requieren hacer pruebas iniciales o construir entornos sencillos, porque cumple con la característica de selección de Grid; para entornos virtuales 3D más robustos, los visores que se recomiendan son Imprudence (tiene soporte OSSL) y Firestorm Viewer quien cumplen todas las especificaciones mostradas, pero a la vez exige mayores prestaciones a los equipos de cómputo de los usuarios; lo anterior teniendo en cuenta que es deseable que todo los usuarios que ingresen a un entorno virtual 3D con herramientas colaborativos e inmersivas utilicen el mismo visor para visualizar de la misma forma el metaverso.

3.4 Comparación de plataformas para el desarrollo de Entornos Virtuales Colaborativos e Inmersivos.

Teniendo en cuenta los conceptos y características expuestos en la sección anterior, se puede observar en primera instancia que las plataformas OpenSimulator (OS), OpenWonderland (OW) y Second Life (SL) son las que presentan mejores prestaciones o son más utilizadas a nivel general. Debido a estas razones son comparadas con la intención de escoger la más adecuada a los requisitos de la investigación.

OpenSim cuenta con una amplia cantidad de proveedores (mayor a 40) que soporta la plataforma, mientras que OpenWonderland tiene aproximadamente 4 proveedores como WonderBuilders y WonderSchool. Este es un aspecto referente al tiempo en que se vienen desarrollando las mismas, el cual también se puede observar en el hecho de que los usuarios de OpenSim puedan acceder a una gran cantidad de Grids públicas, en cambio para OpenWonderland actualmente no se conocen Grids de este tipo; de la misma manera este aspecto (tiempo de estar siendo usado y número de personas que lo usan) podría influir en la experiencia técnica requerida para la solución de inconvenientes que se puedan presentar.

En OpenSim, al ser un desarrollo basado en Second Life, la creación o exportación de modelos en 3D tiene toda una teoría desarrollada por su antecesor. En OpenWonderland la creación de modelos 3D requiere conocimientos en esta temática, pero se debe mencionar que actualmente existen variados software que han facilitado el desarrollo de estos modelos como Google 3D Warehouse SketchUp. Con respecto a la configuración de parámetros iniciales OpenWonderland es más sencilla, pero en la calidad de los gráficos o en la parte “artística” de la visualización de los avatares OpenSim alcanza mejor resultados.

De acuerdo a (Riofrío, 2012) otra de las comparativas que se puede mencionar con respecto a OpenSim y OpenWonderland, es que ambos tienen el mismo tipo de licencia (gratuita), su forma de desarrollar su programación es de Código Abierto y con respecto al funcionamiento de la plataforma OpenSim trabaja en 32 y 64 bits, OpenWonderland trabaja en 32 bits,

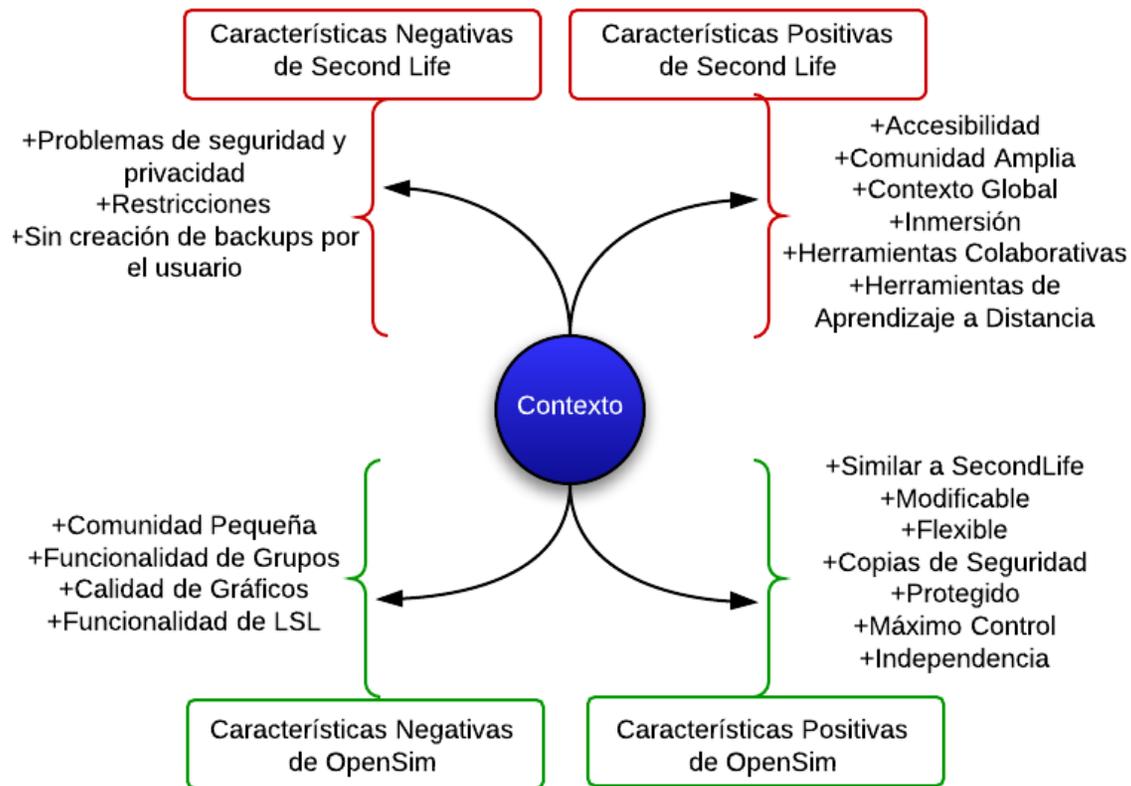
OpenWonderland y OpenSim son muy parecidos en la estabilidad de su código. Actualmente OpenSim tiene mayor ventaja debido a que existen más desarrolladores trabajando en este entorno (recordar que es de código abierto), pero es necesario mencionar que OpenWonderland tiene un buen potencial a largo plazo teniendo en cuenta que tiene un buen desarrollo.

Con respecto a los visores como se observó anteriormente en la Tabla 3, algunos de estos para OpenSim no cumplen con todas las características necesarias. También se tienen algunos visores que cumplen las características pero a la vez son más robustos y exigen mayor desempeño al sistema. Del lado de OpenWonderland se tiene la particularidad que al iniciar sesión el código del cliente se traslada al servidor, esto puede tener la desventaja de envío de información al servidor que solo es necesaria para el cliente, pero puede tener la ventaja que podría ser posible virtualizar al cliente, es decir no tener necesidad de descargar software en el lado del cliente.

Ahora, observando las características de OpenSim pero con respecto a SecondLife, teniendo en cuenta como se ha mencionado anteriormente que el desarrollo de OpenSim está basado en SecondLife, se puede afirmar que ambas plataformas de entornos virtuales colaborativos e inmersivos tienen similares interacciones y características. Pero existe el elemento diferenciador referente a que SecondLife es una plataforma de software propietario donde un servidor privado controla aspectos como: envío de información, avatares, terrenos, entre otros, en cambio OpenSim es de código abierto permitiendo a los usuarios

controlar el servidor (que puede ser propio), entre otros aspectos del entorno virtual. En la Figura 30 se muestra una comparación adaptada de (Christopoulos, 2013) entre OpenSim y SecondLife enunciando sus características positivas y negativas diferenciales.

Figura 30. Comparación OpenSim y Second Life



Fuente: (Christopoulos, 2013)

Teniendo en cuenta la comparación descrita en los párrafos anteriores con respecto a las plataformas para el desarrollo de entornos virtuales colaborativos e inmersivos, la herramienta de construcción y simulación de los mencionados entornos virtuales 3D más adecuada para las necesidades y requisitos de este trabajo es OpenSim. De la misma manera de acuerdo a (Contreras, 2012) OpenSim también presenta las siguientes ventajas o características: Al tener una

filosofía de desarrollo de código abierto tiene la posibilidad de ser modificado y ampliado de una forma sencilla y por ende se puede tener un terreno virtual con una mayor extensión; el Modo de instalación Standalone permita tener una Grid propia, permitiendo tener control total desde un servidor propio y poder solo dar acceso a un grupo de personas sin habilitar conexiones externas.

3.5 Herramientas Educativas para entornos colaborativos e inmersivos.

Después de seleccionar OpenSim como la plataforma de entornos virtuales 3D donde se tuvo en cuenta distintos aspectos mencionados en las secciones anteriores, a continuación se especificarán algunas herramientas de entornos colaborativos e inmersivos que en conjunto con la plataforma mencionada complementan el desarrollo de los laboratorios con acceso Remoto.

Existen diversos ambientes virtuales colaborativos que pueden ser utilizadas como apoyo en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto. Algunas de estas con principal aplicación en un pre-laboratorio o de inmersión de conocimientos previos, como "*Brainboard*" la cual es una herramienta para generar lluvia de ideas donde en un tablero se muestran automáticamente las ideas de los estudiantes (representados por avatares) que son escritas a través de la plataforma (Pérez García & Alamo Serrano, 2010); este intercambio de ideas permite trabajar colaborativamente para el desarrollo de las actividades experimentales de un laboratorio.

Otra herramienta con la que se puede trabajar en ambientes virtuales colaborativos es "*The Opinionator*" con la cual de acuerdo a los interrogantes que existan, los estudiantes a través de su representación avatar se dirigen hacia las distintas secciones o respuestas, donde automáticamente se muestra en un

diagrama el porcentaje de cada una de las opciones de respuesta (Pérez García & Alamo Serrano, 2010); esta herramienta es útil para resolver interrogantes de conocimientos previos de forma colaborativa o para comprobar conocimientos adquiridos, en la Figura 31 se ilustran las herramientas mencionadas.

Figura 31. Herramientas educativas para entornos colaborativos.



“Brainboard” (Rubembauer, 2007).

“The Opinionator” (Kern, 2011)

3.6 Conclusiones

Las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos son realmente importantes y útiles para el desarrollo de actividades en educación. De acuerdo a (Aydogan, Aras, & Karaka, 2010) los entornos virtuales 3D aplicados a la enseñanza contribuyen a un mejor entendimiento por parte de los estudiantes en sus actividades. También es necesario mencionar que las plataformas como OpenSim propician que se generen en los estudiantes habilidades de trabajo colaborativo debido a que con el uso de estos entornos pueden desarrollar los proyectos de forma conjunta (Callaghan, McCusker, Losada, Harkin, & Wilson, 2009). Igualmente, en (Miller et al, 2010) se hace énfasis en la actividades educativas interactivas que resultan del uso de estos entornos virtuales 3D.

En este capítulo referente a las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos para el desarrollo de laboratorios con acceso remoto se pudo constatar que el área de Ingeniería Electrónica es una de las más usadas para la implementación de los laboratorios, adicionalmente teniendo en cuenta requisitos y escenarios de operación acorde a las necesidades, se escoge la sub-área disciplinar concerniente a Circuitos Digitales con referencia a las primeras unidades de formación de una clase de laboratorio.

De la misma manera se realizó un estudio de las plataformas desde las cuales se pueden implementar entornos colaborativos e inmersivos a los requisitos de operación de un laboratorio, obteniendo como resultado que OpenSim es la herramienta adecuada para tal fin.

CAPITULO IV

4. CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL APRENDIZAJE EN ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS

4.1 Introducción

En este capítulo se especifican los criterios necesarios para la evaluación de la efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos. En primera instancia se analizan cuáles son las pautas generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto, para después continuar con las características propias que debe tener el público objetivo para poder recrear el entorno de forma eficiente y de la misma manera las características que debe tener el docente para el uso del laboratorio.

Igualmente se tratan aspectos relevantes al flujograma de ingreso a un laboratorio con acceso remoto y el diagrama de acciones de usuario del mismo, además se realiza un análisis de tecnologías del lado del cliente.

Para finalmente establecer criterios y estrategias de evaluación del laboratorio con acceso remoto con uso de entornos colaborativos e inmersivos. Se realizan dos tipos de evaluación: La primera con respecto a la parte cognoscitiva que se genera con la aplicación de los entornos y la segunda referente a la usabilidad del laboratorio con acceso remoto, el cual es un aspecto que influye en la efectividad del mismo.

4.2 Pautas generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto.

Además de los requisitos mencionados anteriormente, a continuación se definen algunas pautas generales adaptadas de (Arango, Chang, Esche, & Chassapis, 2007) para proporcionar un aprendizaje efectivo en la implementación de laboratorios con acceso remoto, como: Aprendizaje en contexto, aprendizaje orientado a objetivos, retos y capacidades coherentes, experiencia significativa, aprendizaje exploratorio y retroalimentación.

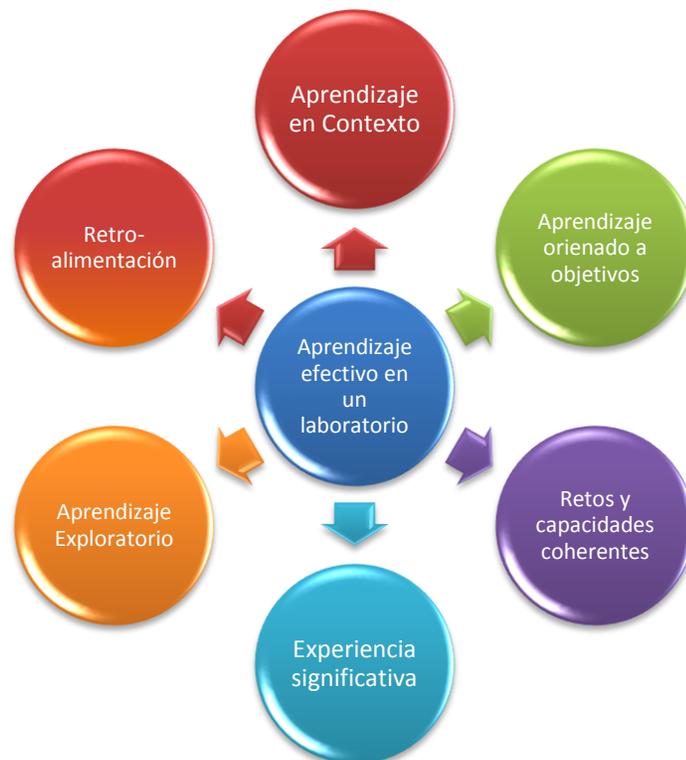
- Aprendizaje en contexto: El aprendizaje en un laboratorio debe estar contextualizado de tal forma que este tenga sentido para los estudiantes remotos. Los escenarios o entornos del laboratorio deben ser desarrollados con el fin de transmitir la esencia del tema estudiado.
- Aprendizaje orientado a objetivos: Toda experimentación en el laboratorio debe tener claramente definidos los objetivos de aprendizaje, representando de manera correcta los modelos teóricos estudiados previamente por los estudiantes remotos.
- Retos y capacidades coherentes: Los retos o niveles de complejidad en las experimentaciones de los laboratorios deben ser coherentes con las capacidades de los estudiantes remotos; entendiendo como retos, las distintas situaciones que se pueden presentar, como: seguimiento adecuado de instrucciones, trabajo colaborativo con otros estudiantes e instructor y análisis e interpretación de resultados.
- Experiencia significativa: Todo el entorno y acciones dentro un laboratorio deben tener un efecto significativo sobre las experiencias realizadas por el estudiante remoto. Se obtiene una mejor experiencia significativa cuando el

estudiante entiende y comprende las razones de los pasos a seguir en el laboratorio.

- Aprendizaje exploratorio: La implementación de un laboratorio donde el estudiante remoto deba tomar decisiones de una cierta variedad de opciones posibles y enfrentar consecuencias de la decisión tomada, genera un modo de aprendizaje exploratorio.
- Retroalimentación: En el desarrollo de un laboratorio por parte de un estudiante remoto con retroalimentación por el trabajo realizado, se obtiene motivación y compromiso generando una mejor experiencia mejorando de esta manera el desempeño del estudiante.

En la Figura 32 se muestran las mencionadas pautas generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto.

Figura 32. Pautas generales para aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto.



4.3 Características asociadas al público objetivo y docente para el uso de un laboratorio a través de entornos colaborativos e inmersivos

Con respecto a la identificación de las características de las personas a las que va a ir dirigida la aplicación y la determinación de la interrelación e interacción que va a existir entre los usuarios y el acceso remoto, se especifican características del público objetivo (estudiantes e investigadores) para poder recrear el entorno de forma eficiente. Para tener flexibilidad en el laboratorio con acceso remoto se recomienda una configuración que permita pocos cambios del lado del estudiante. Debido a esto las instalaciones necesarias deben ser pocas y de baja prioridad, es decir los eventos prioritarios para el desarrollo de las practicas, laboratorios, informes y datos deben estar alojados en su gran mayoría en el laboratorio o servidor remoto. A continuación se especifican las características propias que debe tener el estudiante para el uso del laboratorio, como:

- Autodisciplina y capacidad para el aprendizaje en línea controlando el tiempo en las actividades propias de la experimentación, para no dispersarse en otros escenarios existentes en Internet.
- Tener habilidades en las Tecnologías de la Informática y Comunicación, y dominar las herramientas que hacen parte de la infraestructura de un laboratorio con acceso remoto, características que se puede decir que son implícitas en los estudiantes de la nueva era; estudiantes de la era digital.
- Poseer los conocimientos previos teóricos necesarios para aplicarlos en el desarrollo de las prácticas en el laboratorio con acceso remoto.
- Tener la capacidad para manejar información proveniente de varias fuentes, desarrollándose en el entorno específico de la experimentación para construir su propio conocimiento.

- Manejar inteligencia cognitiva, con los conocimientos previos para la aplicación de los mismos en las practicas, y la inteligencia emocional para aplicar la automotivación hacia al estudio ante los posibles problemas técnicos que se puedan presentar en el desarrollo del laboratorio con acceso remoto, para de esta manera no generar deserción en el desarrollo de la práctica.

Igualmente algunas de las características que debe tener el docente para el uso del laboratorio con acceso remoto y/o para aplicaciones educativas que tengan inclusión de las TIC como los entornos virtuales colaborativos e inmersivos son:

- Propiciar el autoaprendizaje, el trabajo colaborativo, saber y conocer cómo integrar coherentemente contenidos pertinentes que enriquezcan los sistemas y metodologías de evaluación. Definir de antemano las competencias que se desea que los estudiantes logren y de esa forma permitir que adquieran habilidades y destrezas no solo en las herramientas tecnológicas, sino en la apropiación del conocimiento y su transformación y adecuación a la realidad.
- Planificar sus actividades de tal manera que se pueda retroalimentar a los estudiantes sus actividades, sugiriéndoles ideas y motivándolos teniendo en cuenta que se trabaja en un medio electrónico o virtual y no un medio físico o presencial.
- Utilizar estrategias que les permitan tener y generar tareas y contenidos accesibles e interactivos; es decir pasar de los conocimientos a las habilidades.

4.4 Aspectos generales que influyen en la efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos.

Existen varios aspectos que tienen influencia en la efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos, como por ejemplo la secuencia de actividades representadas gráficamente del proceso de ingreso de un estudiante o investigador a la interfaz de usuario de un laboratorio con acceso remoto, en otras palabras el flujo-grama de ingreso al laboratorio.

En la Figura 33 se muestra un flujograma propuesto para el ingreso de un estudiante o investigador a la interfaz de usuario de un laboratorio con acceso remoto a través de entornos colaborativos e inmersivos.

Igualmente se deben tener en cuenta criterios y atributos de calidad, que en Ingeniería son llamados requerimientos no funcionales, los cuales son requisitos adicionales que se usan para evaluar el funcionamiento de un laboratorio con acceso remoto que repercuten en la efectividad y diferenciación en el aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos. En la Figura 34 se muestran los requerimientos no funcionales mencionados.

Figura 33. Flujograma de ingreso a interfaz de usuario de un laboratorio con acceso remoto.

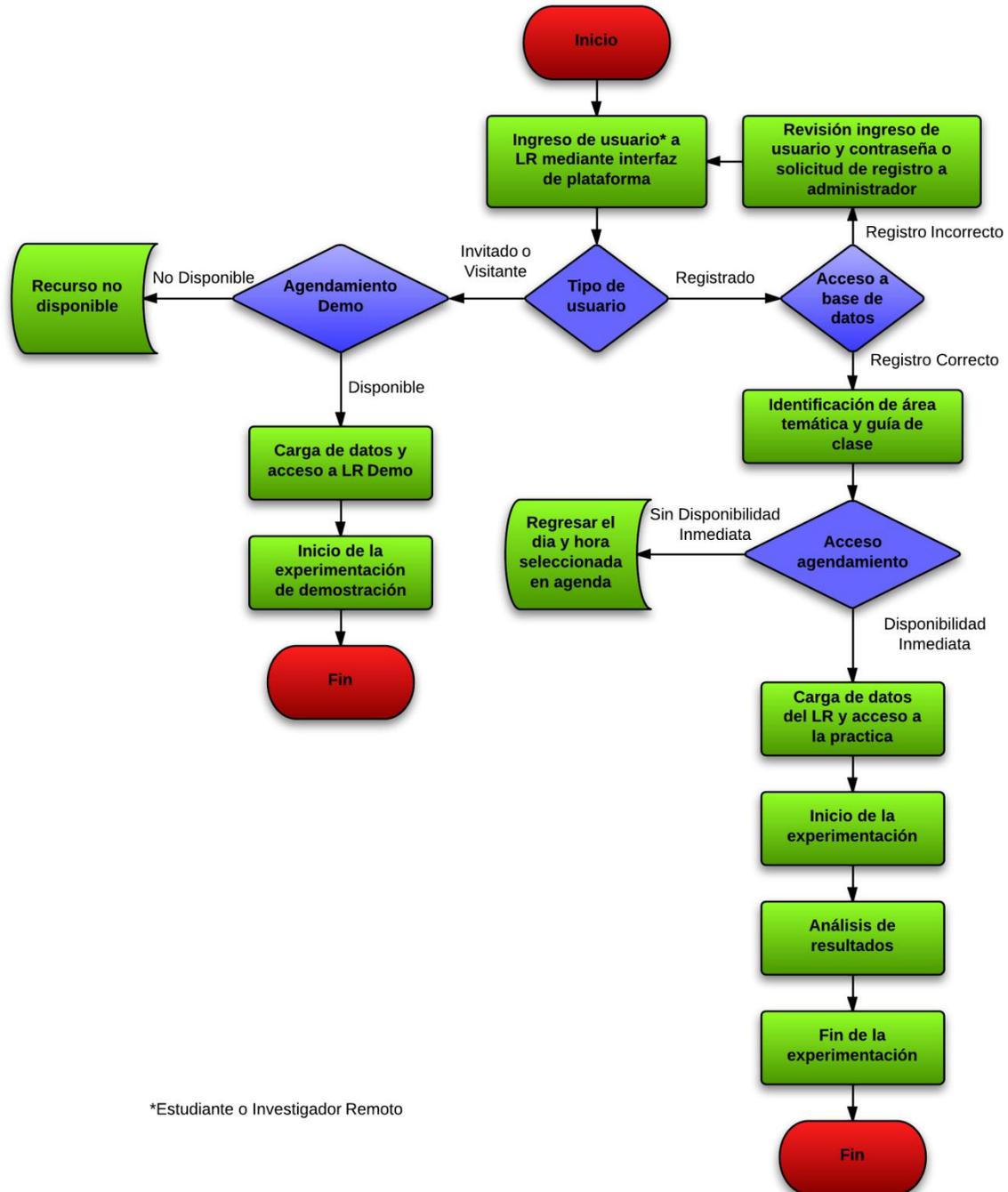


Figura 34. Requerimientos no funcionales para atributos de calidad y efectividad.



Para el desarrollo de laboratorios con acceso remoto a través de herramientas de entornos colaborativos e inmersivos también se debe tener en cuenta los tipos o perfiles de usuarios que van a interactuar con el sistema, éstos se pueden resumir en los siguientes: Administrador, profesor y estudiante remoto. Este último tipo de usuario dependiendo de la complejidad o nivel de profundidad de conocimientos aplicados en el laboratorio, también puede ser representado, además por el estudiante remoto, por investigadores o instituciones de educación superior externas. En la Figura 35 se muestra un diagrama de acciones de usuario en un laboratorio con acceso remoto.

Figura 35. Diagrama de acciones usuarios en un laboratorio con acceso remoto



De acuerdo al diagrama de acciones de usuario de un laboratorio con acceso remoto a través de herramientas de entornos colaborativos e inmersivos, se pueden enunciar diferentes funciones de cada uno de los perfiles de usuario ilustrados en la Figura 35.

El administrador debe realizar toda la gestión del laboratorio que incluye abrir, cerrar, eliminar y administrar cursos, así como generar reportes, anuncios y copias de seguridad; y también poder agregar, editar y eliminar profesores y usuarios (estudiantes, investigadores y usuarios externos dependiendo de las características del laboratorio).

El docente, profesor o tutor debe primordialmente poder administrar o gestionar los cursos, que ya fueron creados por el administrador. Dentro de esos cursos debe tener el perfil para crear, configurar, editar y eliminar distintos laboratorios; de la misma manera tener la opción para consultar y editar reservas realizadas por los usuarios (estudiantes o investigadores), lo que incluye visualización de calendario de dichas reservas y establecimiento de horarios y por ende tener acceso al laboratorio procurando realizar todo el seguimiento de control y académico a las actividades realizadas por los estudiantes. Un docente en un escenario formativo con uso de las TIC como lo son los laboratorios con acceso remoto a través de herramientas de entornos colaborativos e inmersivos, debe: definir competencias y objetivos claros que se quieren alcanzar en el desarrollo del laboratorio, realizar un orden cronológico de las actividades a desarrollar y proporcionar retroalimentación continua sobre las actividades desarrolladas por los estudiantes.

El estudiante o investigador debe tener acceso a los cursos, así como a los laboratorios que pertenecen a estos; opciones de visualización de prácticas a las cuales puede acceder de acuerdo a su perfil; realizar reservas de los laboratorios a realizar y poder comunicarse o enviar mensaje al profesor.

Otros aspectos que se deben tener en cuenta en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto a través de entornos colaborativos e inmersivos son las distintas tecnologías que se utilizan como aplicaciones de acceso al laboratorio del lado del estudiante remoto o investigadores y usuarios externos. Existen varias de estas que cumplen ciertas características para realizar la función de intercomunicar las partes que componen un laboratorio, de las cuales se puede mencionar a: HTML, Java Applets, Adobe Flash, AJAX. De acuerdo a (García-Zubía, 2007) varias de las características que deben tener estas tecnologías son: Aplicación Multiplataforma, aplicación invasiva, proveedores, necesidades de instalación, necesidad de ancho de banda, soporte de audio y video, costo, soporte de

dispositivos móviles, flexibilidad, entre otras. En la Tabla 4 se muestra un estudio de algunas de las tecnologías que se podrían utilizar del lado del estudiante o investigador remoto.

Tabla 4. Análisis de las tecnologías del lado del estudiante remoto.

Tecnología	HTML	Java Applets	Adobe Flash	AJAX
Característica				
Multiplataforma	5	2	4	5
Aplicación invasiva	5	5	5	5
Proveedores	5	3	1	5
Instalación requerida	5	2	3	5
Precio	5	5	5	5
Dispositivos Móviles	4	2	2	4
Flexibilidad	1	4	4	3
Accesibilidad	5	2	4	2
Protocolos de red	2	5	5	4
Herramientas de desarrollo	5	5	3	5
Estandarización	5	4	3	4
Ancho de Banda	2	5	5	3
Audio y video	1	3	5	2
Aceptación navegador web	5	1	1	5
Total	55	48	50	57

Adaptado de (García-Zubía, 2007)

En la Tabla 4, donde 1 es la ponderación mínima y 5 la máxima, se puede observar en primera instancia que cada una de las tecnologías tiene puntos mínimos en diferentes características. Por ejemplo, HTML tiene puntaje mínimo en “audio y video”, Java Applets tiene puntaje mínimo en “aceptación navegador” y Adobe Flash tiene puntaje mínimo en “proveedores”; ahora asumiendo que cada característica tiene el mismo peso o importancia para determinar cual tiene mayor puntaje, por simple inspección se visualiza que la tecnología AJAX está por encima de las otras tecnologías. Con lo cual se podría decir en primera instancia

que para un mejor desempeño en aplicaciones del laboratorio, dicha tecnología sería la elegida, pero la diferencia final son pocos puntos, entonces realmente la escogencia de la tecnología dependería de un análisis de todas las características que el diseñador del sistema requiera, colocándole este mayor o menor importancia a una u otra característica,

De la misma manera también se puede analizar que esta cercanía en los puntajes finales de las distintas tecnologías, podría incidir en la ausencia de un estándar o protocolo para la implementación de laboratorios con acceso remoto. Con estos datos también se puede realizar un estudio más profundo de los datos mostrados en la Tabla 4 con ayuda de un software estadístico, utilizando un diseño de bloques completo debido a que todas las características de las tecnologías de la Tabla 4 tienen valoración, y planteando las hipótesis:

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu; \quad p > 0,05 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j = A, B, C, D; \quad p \leq 0,05 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde

$$\mu_A = \text{HTML}$$

$$\mu_B = \text{Java Applets}$$

$$\mu_C = \text{Adobe Flash}$$

$$\mu_D = \text{AJAX}$$

Donde la ecuación 1, plantea una hipótesis donde al utilizar cualquiera de las tecnologías analizadas para implementarla como aplicativo para un laboratorio con acceso remoto, estas ofrecerían un rendimiento parecido, al contrario de la hipótesis alterna representada en la ecuación 2, donde se plantea que con alguna de las tecnologías se tendría mejor rendimiento o que al menos el rendimiento es representativamente diferente.

Tabla 5. Promedios y valor-P para tecnologías del lado del estudiante remoto.

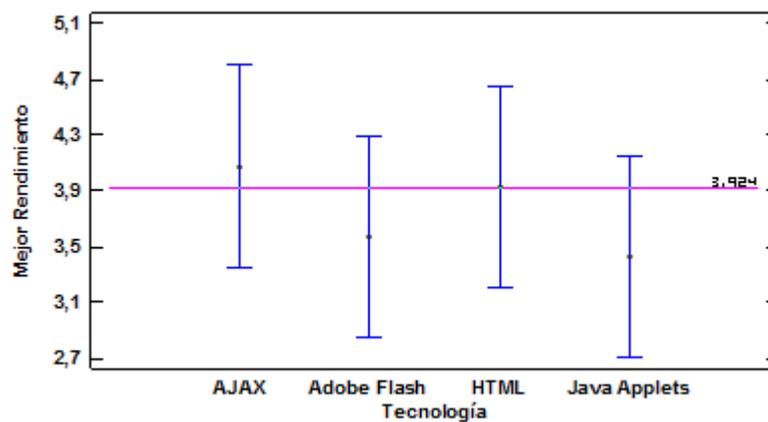
Tecnología	Promedio
AJAX	4,07
Adobe Flash	3,57
HTML	3,92
Java Applets	3,42
Promedio Global	3,75
Valor-P	0,6055

En la Tabla 5 se puede analizar que las tecnologías que están por encima del promedio global, son AJAX y HTML, pero también se observa que el valor-p⁸ (0,6055) es mayor que 0,05, con lo cual se podría decir entonces que ninguna de las tecnologías estudiadas tiene un efecto estadísticamente significativo sobre cuál de estas tendría el mejor rendimiento para la implementación de un laboratorio con acceso remoto, todo esto con un 95,0% de nivel de confianza.

En la Figura 36 se puede observar que las gráficas de todas las tecnologías (representadas por las líneas verticales azules) se traslapan o tienen puntos comunes con la línea horizontal mostrada, lo que quiere decir, que estas tienen rendimientos parecidos.

⁸ Valor-P: Valor de probabilidad si se acepta o se rechaza una hipótesis planteada en un análisis estadístico.

Figura 36. Grafica tecnologías del lado del estudiante remoto.



Después de analizar la Tabla 4 y la Figura 36 se concluye que la decisión con los datos estudiados dependería de las características que el sistema requiera, debido a que no se encuentra diferencia estadística significativa con los datos analizados.

4.5 Criterio y estrategias de evaluación.

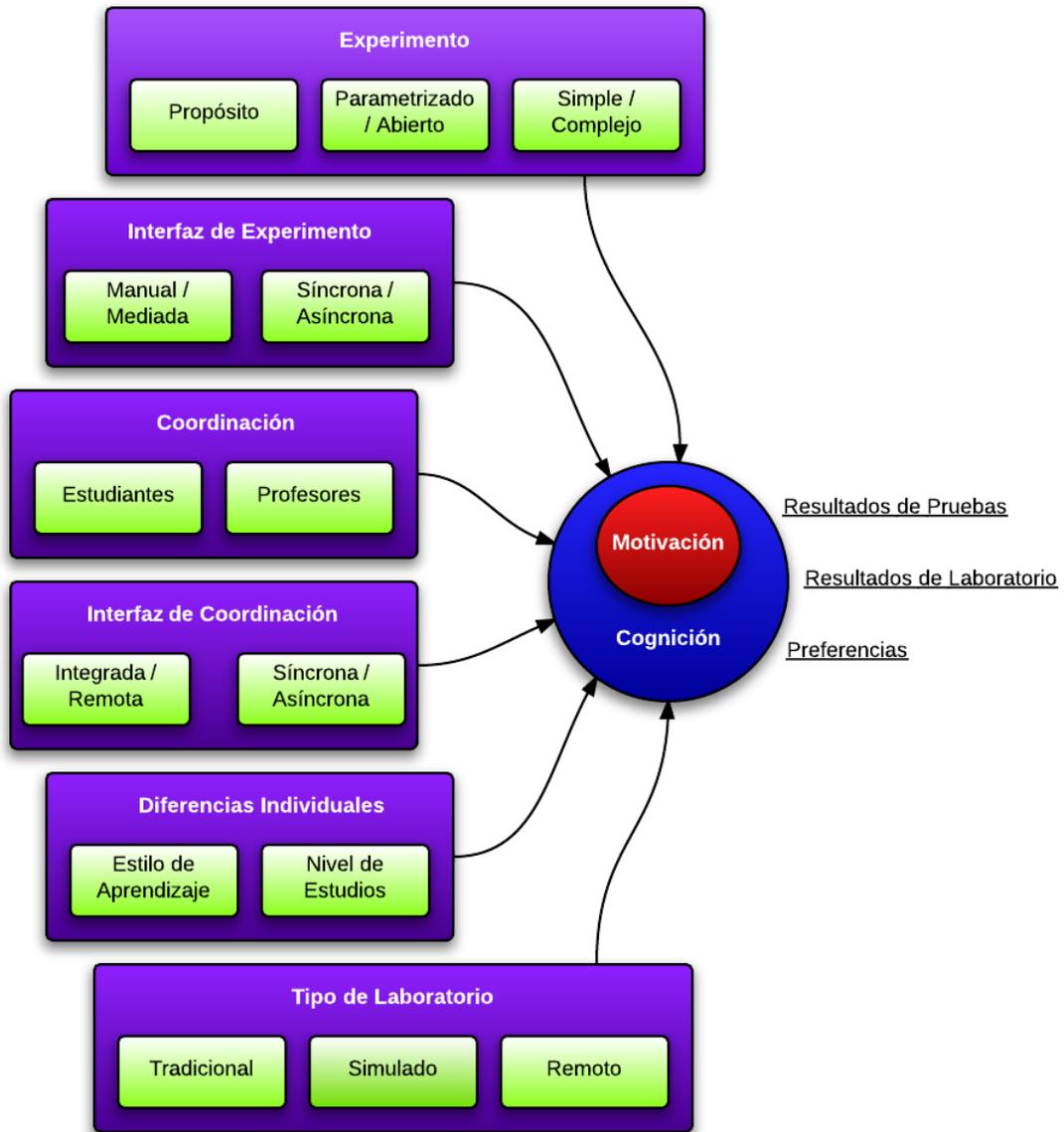
Después de desglosar ampliamente aspectos generales que influyen y aseguran la efectividad del aprendizaje en el uso de laboratorios con acceso remoto a través de entornos colaborativos e inmersivos y también después de detallar las características asociadas al público objetivo y docentes para el uso de este tipo de laboratorios, a continuación se especifican los criterios y estrategias de evaluación de los entornos mencionados y de desempeño de los estudiantes.

En primera instancia se evalúa la parte cognoscitiva que para el caso de un laboratorio con acceso remoto con uso de herramientas colaborativas e inmersivas es afectada o tiene relación con el experimento como tal.

Se especifica que el criterio de evaluación en este aspecto se basa en objetivos de aprendizaje con referencia a las primeras unidades de formación de una clase de laboratorio de circuitos digitales asociados al criterios “resultados de los estudiantes de ABET (ABET, 2014) (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), sigla asociada a una organización dedicada a la acreditación internacional de programas de educación universitaria donde los resultados de los estudiantes se basan en unos criterios o competencias que se deben tener. Para el caso de un laboratorio en ingeniería se tendrían: Capacidad para realizar experimentos, así como para analizar e interpretar los datos, capacidad para utilizar técnicas, habilidades y herramientas modernas necesarias para la práctica de la ingeniería y capacidad de trabajar en equipo. Según (Patel, Pettit, & Wilson, 2012), (Cheong, 2010), (Huang et al, 2010) y (Jou & Wang, 2012) la competencia de inmersión y colaboración está siendo trabajada como nueva características de los laboratorios.

Un modelo de valoración o evaluación de laboratorios con acceso remoto tomando como referencia a (Nickerson et al, 2007) se ilustra a continuación en la Figura 37, modelo en el cual además de mostrar las relaciones entre los aspectos cognitivos y aspectos referentes al laboratorios, también se enfatiza acerca de la motivación, la cual usualmente se convierte en un factor importante en el aprendizaje y que no todos los aspectos mostrados necesariamente deben ser implementados en un laboratorio con acceso remoto.

Figura 37. Modelo evaluación laboratorios con acceso remoto.



Fuente: (Nickerson et al, 2007)

En segunda instancia se evalúa la usabilidad del laboratorio con acceso remoto a través de entornos colaborativos e inmersivos para lo cual se utiliza la técnica

SUMI (*Software Usability Measurement Inventory*) (Kirakowski & Corbett, 1993). Esta herramienta se considera estandarizada con ISO 9241-11, la cual es una guía de especificaciones que evalúa la usabilidad en términos de desempeño a través de un cuestionario que mide aspectos como: eficiencia, influencia (sensación del usuario o respuestas emocionales del usuario), utilidad, control y facilidad de aprendizaje.

4.6 Conclusiones

En este capítulo referente a los criterios y estrategias de evaluación de la efectividad del aprendizaje en entornos colaborativos e inmersivos se definieron algunas pautas o requisitos para asegurar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto, así como las características asociadas a quienes hacen uso de estas herramientas: estudiantes, investigadores y docentes, entre otros aspectos importantes como por ejemplo las tecnologías a usar del lado del lado del estudiante o investigador ubicado en un sitio remoto.

De la misma manera se establecieron los criterios para evaluar los laboratorios que hacen uso de entornos colaborativos e inmersivos, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera: La primera direccionada hacia los aspectos cognoscitivos resultantes de la interacción del estudiante con el laboratorio y la segunda enfocada hacia la usabilidad del laboratorio como tal.

CAPITULO V

5. DESARROLLO DEL LABORATORIO CON ACCESO REMOTO APOYADO EN HERRAMIENTAS COLABORATIVAS E INMERSIVAS

5.1 Introducción

En los capítulos anteriores se determinó que OpenSim es la herramienta adecuada para los requisitos de implementación de un laboratorio con acceso remoto a través de entornos colaborativos e inmersivos. A continuación se desarrolla la configuración de esta plataforma y se especifican las características a utilizar de acuerdo al área disciplinar seleccionada.

OpenSimulator es una plataforma de código abierto y multi-usuario para aplicaciones 3D. Esta puede ser utilizada para construir entornos virtuales que pueden ser accedidos a través de distintos usuarios en múltiples protocolos. También cuenta con la característica “Hypergrid” que permite a los usuarios visitar otros servidores OpenSimulator a través de la web con una cuenta de OpenSimulator Basico.

OpenSimulator permite a desarrolladores de entornos virtuales personalizar sus mundos usando las tecnologías que mejor consideren. OpenSimulator está escrito en C#, se ejecuta tanto en Windows a través de .NET Framework y en máquinas Unix. El código fuente se distribuye bajo una licencia BSD, y soporta el núcleo del protocolo de mensajería de otra de las plataformas más usadas en entornos virtuales como lo es Second Life. (<http://opensimulator.org>, 2014)

A continuación se especifican los pasos para instalación y configuración de OpenSim.

5.2 Configuración de OpenSim

En primera instancia ingresar a (<http://opensimulator.org>, 2014) y dirigirse a la sección de descargas (Download) y seleccionar la opción de acuerdo a los requisitos. Después de finalizar la descarga seleccionar dentro de opensim-0.7.5 la carpeta “bin” como se muestra a continuación en la Figura 38.

Figura 38. Configuración OpenSim – Selección Carpeta “bin”

addon-modules	08/02/2013 23:17	Carpeta de archivos	
bin	08/02/2013 23:18	Carpeta de archivos	
doc	08/02/2013 23:17	Carpeta de archivos	
share	08/02/2013 23:17	Carpeta de archivos	
ThirdPartyLicenses	08/02/2013 23:18	Carpeta de archivos	
BUILDING.md	08/02/2013 21:43	Archivo MD	1 KB
CONTRIBUTORS.txt	08/02/2013 21:43	Documento de tex...	5 KB
LICENSE.txt	08/02/2013 21:43	Documento de tex...	2 KB
README.md	08/02/2013 21:43	Archivo MD	4 KB

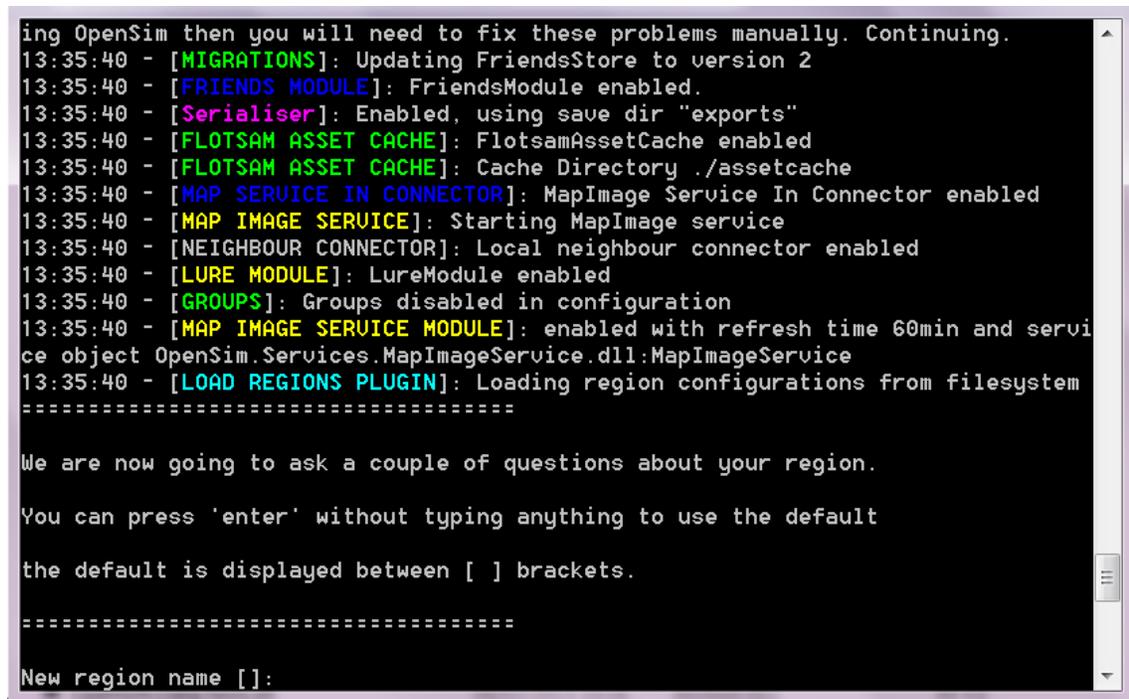
Teniendo en cuenta que para empezar con la configuración se debe estar dentro de la carpeta de opensim/bin, a partir de ahí localizar y ejecutar el archivo OpenSim.exe, como se muestra en la Figura 39.

Figura 39. Configuración OpenSim – Ejecución Archivo OpenSim.exe

OpenSim.Data.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	32 KB
OpenSim.Data.MSSQL.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	260 KB
OpenSim.Data.MySQL.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	200 KB
OpenSim.Data.Null.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	36 KB
OpenSim.Data.SQLite.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	160 KB
OpenSim.Data.Tests.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	88 KB
OpenSim.exe	08/02/2013 23:16	Aplicación	72 KB
OpenSim.exe.config	08/02/2013 21:43	XML Configuration...	2 KB
OpenSim.Framework.AssetLoader.Filesyst...	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	20 KB
OpenSim.Framework.Communications.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	28 KB
OpenSim.Framework.Configuration.HTTP...	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	20 KB
OpenSim.Framework.Configuration.XML...	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	16 KB
OpenSim.Framework.Console.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	48 KB
OpenSim.Framework.dll	08/02/2013 23:16	Archivo DLL	388 KB

Cuando se ha ejecutado exitosamente el archivo opensim.exe, se tiene la ventana de configuración mostrada en la Figura 40.

Figura 40. Ventana Configuración OpenSim



```
ing OpenSim then you will need to fix these problems manually. Continuing.
13:35:40 - [MIGRATIONS]: Updating FriendsStore to version 2
13:35:40 - [FRIENDS MODULE]: FriendsModule enabled.
13:35:40 - [Serialiser]: Enabled, using save dir "exports"
13:35:40 - [FLOTSAM ASSET CACHE]: FlotsamAssetCache enabled
13:35:40 - [FLOTSAM ASSET CACHE]: Cache Directory ./assetcache
13:35:40 - [MAP SERVICE IN CONNECTOR]: MapImage Service In Connector enabled
13:35:40 - [MAP IMAGE SERVICE]: Starting MapImage service
13:35:40 - [NEIGHBOUR CONNECTOR]: Local neighbour connector enabled
13:35:40 - [LURE MODULE]: LureModule enabled
13:35:40 - [GROUPS]: Groups disabled in configuration
13:35:40 - [MAP IMAGE SERVICE MODULE]: enabled with refresh time 60min and servi
ce object OpenSim.Services.MapImageService.dll:MapImageService
13:35:40 - [LOAD REGIONS PLUGIN]: Loading region configurations from filesystem
=====

We are now going to ask a couple of questions about your region.

You can press 'enter' without typing anything to use the default
the default is displayed between [ ] brackets.

=====

New region name []:
```

En esta ventana de configuración de OpenSim es donde se realizan distintas configuraciones como: creación de usuarios y regiones, asignación de direcciones, nombre del avatar principal, contraseña del avatar administrador, subir archivos, entre otros aspectos.

A continuación se describe el proceso de instalación y configuración del visor que resultó más sencillo y acorde para pruebas de la evaluación especificada en capítulos anteriores, el cual es RealXtend.

5.2.1 Instalación y configuración del visor 3D RealXtend.

RealXtend es un visor gratuito para entornos virtuales 3D, en el cual el avatar tiene la posibilidad de navegar de un metaverso a otro y desde el cual se pueden subir objetos al entorno virtual.

Al realizar la respectiva instalación se puede dejar por defecto la dirección del disco duro donde se guarda el visor de RealXtend. Al finalizar la instalación completamente se ejecuta el “Realxtend Viewer”, con lo cual se obtiene la interfaz mostrada en la Figura 41.

Figura 41. Interfaz del visor RealXtend



A continuación se debe configurar el visor de acuerdo a desde donde se va a acceder al entorno virtual 3D, las tres opciones se muestran a continuación:

Usuario en una máquina local:

-loginuri http://127.0.0.1:9000/

Usuario en una misma LAN:

-loginuri http://lan_ip:9000/

Un usuario en un equipo de cómputo accediendo desde Internet:

-loginuri http://external_ip:9000/

Ahora para acceder a una región virtual se ejecuta la consola de OpenSim y posteriormente el visualizador RealXtend, en donde se solicita: nombre de usuario, contraseña; datos que se deben configurar con anterioridad en la consola de OpenSim. También se solicita la selección del servidor a conectar, en este caso si es para una conexión local se debe ingresar o configurar la dirección: http://127.0.0.1:9000, la cual es la dirección IP de la región local con su puerto de conexión, de esta manera el avatar que representa al usuario se conecta a la región, como se muestra en la Figura 42.

Figura 42. Avatar que representa a un usuario conectado a una región virtual.



5.2.2 Configuración para ingreso de varios avatares a una región de OpenSim (Colaboración)

Para gestionar el ingreso de varios usuarios a través de sus avatares a una misma región de OpenSim y lograr por consiguiente colaboración entre los mismos, es necesario que cada uno de los usuarios configure el grid o la dirección IP a la cual está asociado el entorno virtual y desde un visor 3D compatible realice el procedimiento de ingreso a la plataforma habiéndose previamente configurado el registro de los usuarios en las base de datos.

Un ejemplo de cómo se observa en una plataforma de visualización 3D el ingreso de varios avatares donde se puede gestionar la colaboración se muestra a continuación en la Figura 43.

Figura 43. Dos avatares en una región virtual – Espacio Colaborativo.



También es necesario ejecutar el software WampServer⁹ necesario para iniciar los servicios de Apache¹⁰; el cual debe estar previamente instalado. En la Figura 44 se muestra WampServer en la parte inferior derecha de la pantalla del computador de color verde indicando que se encuentra activo.

Figura 44. WampServer Activo.



5.3 Acceso Remoto a Entorno Virtual

5.3.1 Requisitos y configuración en el servidor.

Para acceder a un entorno virtual 3D desde una ubicación remota se debe configurar un Metaverso, para lo cual se necesitan los datos de la red informática donde va a estar alojado. Para conocer estos datos, desde la consola del sistema operativo en el cual se esté trabajando se escribe el comando “ipconfig” para obtener la dirección IP, la máscara de subred y la puerta de enlace; al obtener estos datos se debe abrir la carpeta “regions” dentro de la carpeta principal de

⁹ WampServer: Acrónimo de Windows, Apache, MySQL, PHP, es decir entorno de desarrollo que contiene un servidor Apache, Un gestor de base de datos MySQL y el lenguaje de programación PHP.

¹⁰ Apache: Servidor web HTTP de código abierto.

OpenSimulator y luego el archivo RegionConfig.ini; teniendo este archivo abierto se edita la dirección IP externa que se tiene por defecto 127.0.0.1 y se escribe la dirección IP que muestra el comando “ipconfig” en todos los lugares donde aparezca “ExternalHostName =”, ejemplo: 192.168.1.X. como se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Configuración dirección IP para Metaverso

```
[Universidad de la Costa-CuC]
RegionUUID = 8da0023d-59d5-46b4-931b-a356e08ce6f2
Location = 1000,1000
InternalAddress = 0.0.0.0
InternalPort = 9000
AllowAlternatePorts = False
ExternalHostName = 192.168.1.2
```

Igual procedimiento se realiza para el archivo MyWorld.ini el cual se encuentra dentro de la carpeta config-include. En el mencionado archivo se debe cambiar la dirección IP por defecto por la generada por el comando “ipconfig”, se especifica que a la nueva dirección IP se le debe agregar el puerto por el cual se hace posible la comunicación remota. El anterior procedimiento se muestra en la Figura 46.

Figura 46. Configuración dirección IP para Metaverso

```
[Network]
http_listener_port = 9000

[GridService]
Region_Laboratorio_de_Electronica_1 =
"DefaultRegion, FallbackRegion"
Gatekeeper = "http://172.20.10.X:9000"
```

Posteriormente al ejecutar OpenSim y un visor de entornos virtuales 3D, indicando la dirección a conectar ejemplo: 172.20.10.X, seguido del puerto:9000, se realiza la conexión al Metaverso, anteriormente creado, el ingreso de la dirección IP configurada se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Ingreso dirección IP configurada para Metaverso



En la Figura 47 también se observa el ingreso de nombre de usuario de administrador y su contraseña, la cual es la cuenta desde la cual se realizan todas las configuraciones de “construcción” de forma local del entorno inmersivo y colaborativo. El mencionado usuario administrador se configura a través del archivo MyWorld.ini; el *User Name* está compuesto de un *AdminFirst* y un *AdminLast*, y la contraseña se configura en *AdminPassword*, como se muestra en la Figura 48.

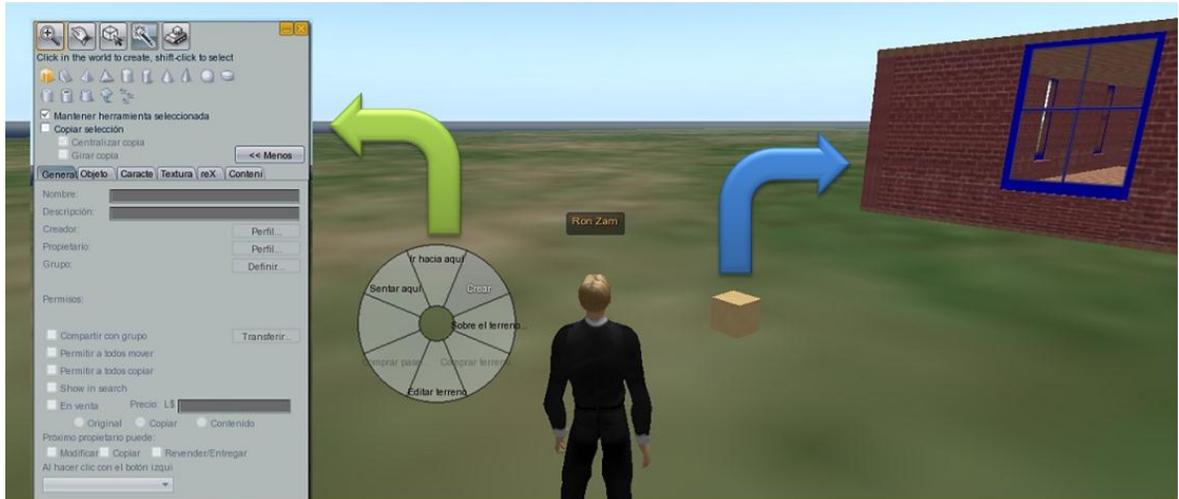
Figura 48. Configuración nombre de usuario de administrador y su contraseña

```
AdminFirst = "Ron"  
AdminLast = "Zam"  
AdminEmail = "xxxxxxx@gmail.com"  
AdminPassword = "*****"
```

Cuando se ingresa al entorno inmersivo a través del usuario administrador se tiene un espacio 3D en el cual se realizan las configuraciones necesarias para la

implementación del laboratorio, en la Figura 49 se muestra el entorno donde se realizan las primeras configuraciones.

Figura 49. Configuraciones iniciales con Avatar Maestro



En la Figura 49 del lado izquierdo del avatar se observa un menú desplegable desde el cual se empieza a construir los elementos que hacen parte del entorno colaborativo e inmersivo. Del lado derecho del avatar se observa una caja que con las configuraciones necesarias se convierte en las edificaciones o piezas con las cuales interactuarán los estudiantes o investigadores remotos.

Además de las configuraciones anteriormente mostradas es necesaria la implementación de una interfaz web para la gestión de cuentas de usuario desde las cuales se ingresa remotamente al entorno colaborativo e inmersivo. Con la mencionada interfaz o aplicación se consigue menor intrusión en los equipos de cómputo cliente (estudiantes o investigadores) lo cual es una situación deseable en el desarrollo de nuevas herramientas.

Esta interfaz web es un módulo con funcionalidades extra que se instala y configura para Opensim, de nombre Wifi (no confundir con tecnología de conexión

inalámbrica) que significa “Web Interface For... I”, desde Wifi como se mencionó anteriormente se realizan nuevos registros de usuario para ser usado como avatares y se gestionan los usuarios que ya hayan sido creados. Otras de las propiedades interesantes es que no se requiere servidores web adicionales y que además trabaja directamente con OpenSim, lo cual quiere decir que cambios que realicen en la estructura o configuración de los entornos colaborativos e inmersivos no afectarían a Wifi (<http://opensimulator.org>, 2014).

5.3.2 Requisitos y configuración en el sitio remoto.

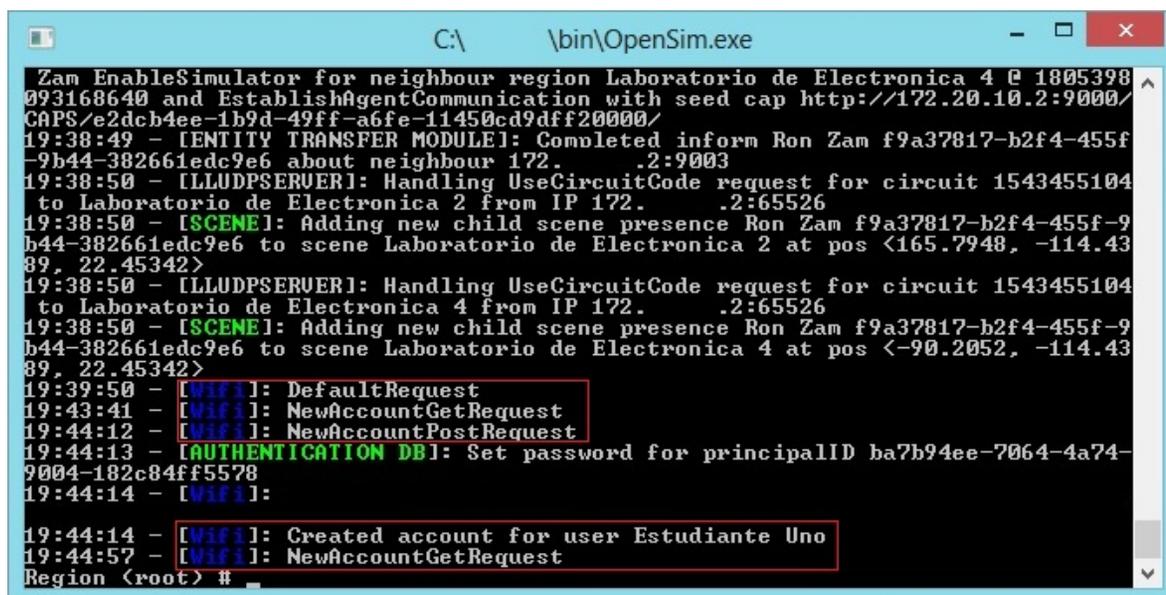
Desde el lado del estudiante, la interfaz web para configuración de usuario de acceso remoto desarrollada con Wifi se observa en la Figura 50 y en la Figura 51, se puede ver el instante en donde un usuario remoto realiza el procedimiento de creación de cuenta el cual afecta a la consola ubicada en el servidor del laboratorio.

Figura 50. Creación de Usuario desde usuario remoto.



The screenshot shows a web browser window with the URL `172.29.9000/wifi/user/account/`. The page has a dark red background and is titled "Mundo Virtual" and "Laboratorio de Electronica". On the left, there is a "Create new account" form with fields for "First Name" (containing "Estudiante"), "Last Name" (containing "Uno"), "Email", "Password", and "Retype password". Below these are radio buttons for "Type of avatar" (Female, Male, Neutral) and a "create" button. On the right, there is a "Main menu" with "HOME" and "CREATE ACCOUNT" (highlighted with a blue box), and a "Login" section with "FIRST NAME", "LAST NAME", and "login" and "forgot password" buttons. At the bottom right, there are "Links" for "Windows client", "Mac (intel) client", and "Linux client 32 bit / 64 bit".

Figura 51. Creación de Usuario Remoto y visualización en consola



```
C:\ \bin\OpenSim.exe
Zam EnableSimulator for neighbour region Laboratorio de Electronica 4 @ 1805398
093168640 and EstablishAgentCommunication with seed cap http://172.20.10.2:9000/
CAPS/e2dcb4ee-1b9d-49ff-a6fe-11450cd9dff20000/
19:38:49 - [ENTITY TRANSFER MODULE]: Completed inform Ron Zam f9a37817-b2f4-455f
-9b44-382661edc9e6 about neighbour 172. .2:9003
19:38:50 - [LLUDPSERVER]: Handling UseCircuitCode request for circuit 1543455104
to Laboratorio de Electronica 2 from IP 172. .2:65526
19:38:50 - [SCENE]: Adding new child scene presence Ron Zam f9a37817-b2f4-455f-9
b44-382661edc9e6 to scene Laboratorio de Electronica 2 at pos <165.7948, -114.43
89, 22.45342>
19:38:50 - [LLUDPSERVER]: Handling UseCircuitCode request for circuit 1543455104
to Laboratorio de Electronica 4 from IP 172. .2:65526
19:38:50 - [SCENE]: Adding new child scene presence Ron Zam f9a37817-b2f4-455f-9
b44-382661edc9e6 to scene Laboratorio de Electronica 4 at pos <-90.2052, -114.43
89, 22.45342>
19:39:50 - [WIFI]: DefaultRequest
19:43:41 - [WIFI]: NewAccountGetRequest
19:44:12 - [WIFI]: NewAccountPostRequest
19:44:13 - [AUTHENTICATION DB]: Set password for principalID ba7b94ee-7064-4a74-
9004-182c84ff5578
19:44:14 - [WIFI]:
19:44:14 - [WIFI]: Created account for user Estudiante Uno
19:44:57 - [WIFI]: NewAccountGetRequest
Region (root) #
```

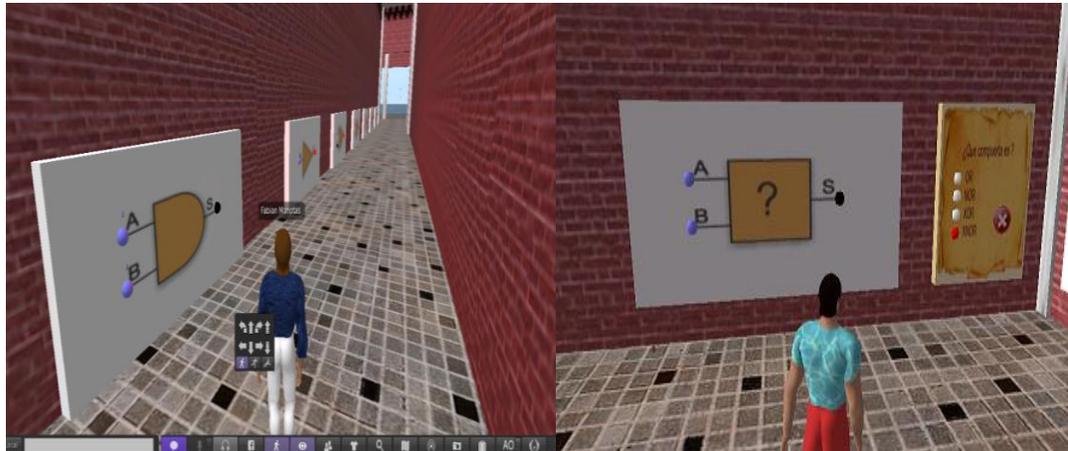
Otro de los requisitos en el sitio remoto o ubicación del estudiante es la instalación del software que permite la visualización e interacción con el entorno inmersivo y colaborativo. Anteriormente en la sección 5.2.1 se especificó la instalación del visor 3D RealXtend, software en el cual se debe ingresar el nombre de usuario y contraseña que se configuró previamente en la interfaz web.

5.4 Diseño Final del Entorno Colaborativo e Inmersivo.

Después de realizar el desarrollo del laboratorio con acceso remoto apoyado en herramientas colaborativas e inmersivas con la instalación del software OpenSim y del visor 3D RealXtend y de las distintas configuraciones mostradas en este capítulo se procede a mostrar el diseño final del entorno colaborativo e inmersivo.

En la Figura 52 se observa a los avatares interactuando con el entorno asociado al primer objetivo de aprendizaje “Identifica la operación de cada una de las compuertas”

Figura 52. Avatar desarrollando el objetivo de aprendizaje número uno.



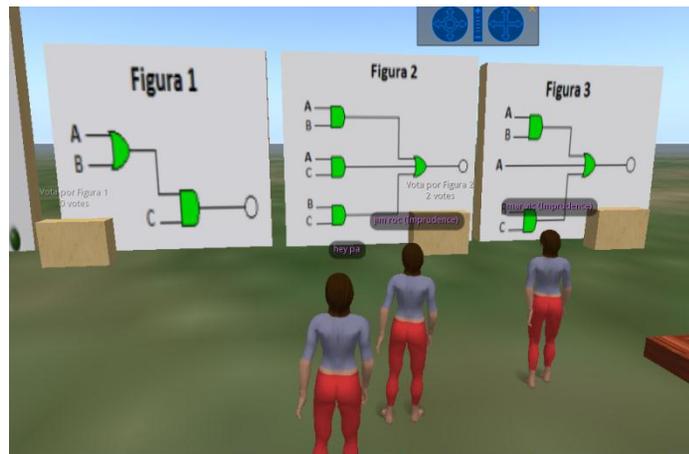
En la Figura 53 se observa a dos estudiantes representados por avatares leyendo las instrucciones previas o guía de laboratorio para realizar actividad colaborativa e inmersiva.

Figura 53. Instrucciones previas o guía de laboratorio para realizar la actividad colaborativa e inmersiva



En la Figura 54 se observa a varios estudiantes desarrollando la actividad propuesta en las instrucciones previas o guía de laboratorio trabajando colaborativamente en el entorno inmersivo para desarrollar el segundo objetivo de aprendizaje “Realiza minimización de circuito combinatorio con método avanzado”

Figura 54. Estudiantes desarrollando el objetivo de aprendizaje número dos.



En la Figura 55 se observa a los estudiantes representados mediante avatares desarrollando el objetivo de aprendizaje número 3 “Analiza comportamiento de circuito lógico combinatorio”

Figura 55. Estudiantes desarrollando el objetivo de aprendizaje número tres.



5.5 Conclusiones

En este capítulo referente al desarrollo del laboratorio con acceso remoto apoyado en herramientas colaborativas e inmersivas se realizó la configuración de la plataforma OpenSim utilizada para la construcción del entorno virtual, así como también la instalación de la herramienta RealXtend, la cual hace posible la visualización en 3D del entorno inmersivo, donde los estudiantes desarrollan las actividades colaborativas.

De la misma manera con las configuraciones mencionadas anteriormente se logró implementar el laboratorio con acceso remoto a un entorno virtual donde los estudiantes realizan actividades colaborativas e inmersivas para desarrollar objetivos de aprendizaje propuestos los cuales son: identifica la operación de cada una de las compuertas lógicas, realiza minimización de circuito combinatorio con método avanzado y analiza comportamiento de circuito lógico combinatorio.

CAPITULO VI

6. EVALUACIÓN DE LOS APORTES DE LOS ENTORNOS COLABORATIVOS E INMERSIVOS EN UN LABORATORIO CON ACCESO REMOTO.

En el capítulo 4 se especificaron dos estrategias para la evaluación de los aportes de los entornos colaborativos e inmersivos en un laboratorio con acceso remoto, siendo la primera de ellas la relacionada a los aspectos cognoscitivos validados a través de la organización internacional ABET y la segunda que hace referencia a la usabilidad del entorno a través de la técnica SUMI validada a través de ISO 9241-11.

6.1 Procedimiento y Metodología

Para realizar la evaluación de los aportes de los entornos colaborativos e inmersivos en un laboratorio con acceso remoto en primera instancia se realizó una reunión previa donde se dio a cabo una amplia explicación acerca del uso de la plataforma y de los temas que se iban a desarrollar en la misma con lo cual se llevó a cabo la firma de un consentimiento informado; posteriormente en otra sesión los estudiantes accedieron de forma remota al entorno. Cada uno desde lugares diferentes con equipos de cómputo con acceso a internet; de esta forma interactuaron con el entorno desarrollando las actividades planteadas. Al tiempo con el desarrollo de las mencionadas actividades se iba evaluando los aspectos cognoscitivos teniendo en cuenta el criterio “resultados de los estudiantes” del modelo de ABET.

Posteriormente los estudiantes accedieron a la plataforma web de SUMI para diligenciar la evaluación que arroja los resultados correspondientes a aspectos referentes a la calidad del entorno desde el punto de vista del estudiante remoto.

6.2 Participantes

Los participantes son estudiantes de IV a VI semestre de ingeniería electrónica e ingeniería eléctrica de la Universidad de la Costa en la ciudad de Barranquilla, Colombia; en total son 22 participantes estudiantes de la asignatura Circuitos Digitales quienes por ende tienen conocimientos previos en las temáticas desarrolladas en el entorno, la mencionada asignatura se encuentra dentro del área disciplinar escogida en el capítulo 3.

Teniendo en cuenta que uno de los aspectos que se evalúa es la colaboración en el desarrollo de un laboratorio con acceso remoto, los 22 estudiantes son divididos en grupos (como normalmente se realiza en un laboratorio tradicional), 6 grupos de 3 estudiantes y 1 un grupo de 4 estudiantes, los cuales trabajan de forma colaborativa en el entorno inmersivo.

6.3 Estrategia de evaluación validada a través de ABET

ABET es una organización internacional de acreditación de programas académicos en las siguientes disciplinas: ciencias aplicadas, informática, ingeniería y tecnología (ABET, 2014), la cual viene de la sigla en inglés *Accreditation Board for Engineering and Technology*, y es una de las organizaciones más reconocidas a nivel mundial en acreditación de educación en ingeniería (Phillips-Agboola, Hashemipour, Egelioglu, Atikol, & Hacisevki, 2012).

Los criterios generales para acreditación de programas a través de ABET son los siguientes: Estudiantes, objetivos educaciones del programa, resultados de los estudiantes, mejoramiento continuo, currículo, facultad, infraestructura y apoyo institucional; para esta investigación con respecto a la estrategia de evaluación validada a través de ABET solo se tendrá en cuenta el criterio llamado “resultados

de los estudiantes” debido a que es el criterio relacionado con el estudio de los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en ingeniería electrónica, desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje.

El criterio: Resultados de los Estudiantes, está etiquetado desde la letra (a) hasta la letra (k) y son los siguientes:

- (a) Habilidad para aplicar conocimiento matemático, de las ciencias e ingeniería.
- (b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos, así como también analizar e interpretar información.
- (c) Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que den respuesta a necesidades en contextos económicos, ambientales, sociales, políticos, éticos, de salud y seguridad, en la manufactura y sostenibilidad.
- (d) Habilidad para trabajar en equipos interdisciplinarios.
- (e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería.
- (f) Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
- (g) Habilidad de comunicarse eficazmente.
- (h) La educación necesaria para comprender el impacto de las soluciones de Ingeniería en un contexto global, económico, medio ambiental y social.
- (i) Reconocimiento de necesidades, habilidad de aplicar lo aprendido en la vida.
- (j) Conocimiento de temas contemporáneos.
- (k) Habilidad para utilizar técnicas, destrezas y modernas herramientas de Ingeniería, necesarias para la práctica de la Ingeniería.

6.3.1 Resultados a través de la estrategia de evaluación validada a través de ABET.

Las pruebas realizadas en el entorno inmersivo y colaborativo con los grupos definidos de estudiantes remotos y el área disciplinar concerniente a Circuitos Digitales con referencia a las primeras unidades de formación de una clase de laboratorio se describe a continuación.

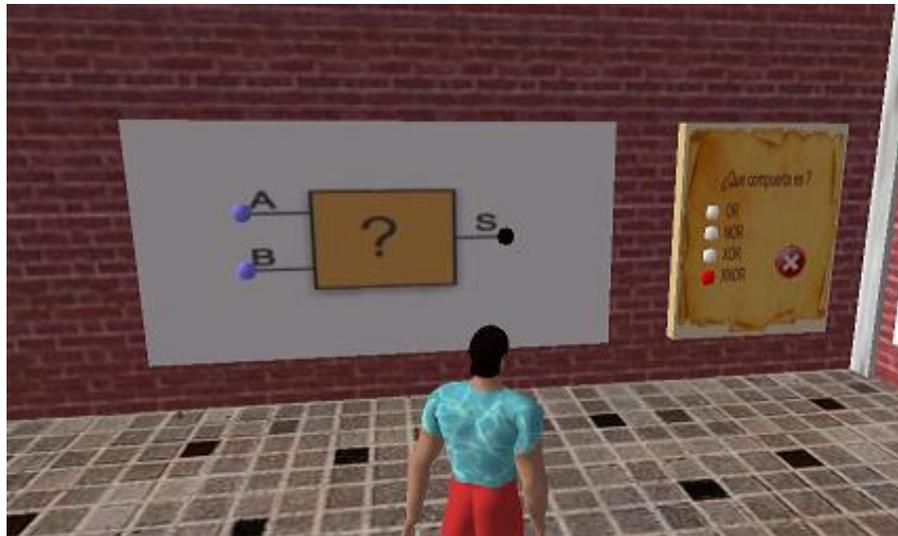
En la Figura 56 se observa un espacio inmersivo e interactivo donde los estudiantes de acuerdo al funcionamiento u operación de cada sección en los recuadros blancos, deben identificar y decidir a cual compuerta lógica representa para de esta manera desarrollar el objetivo de aprendizaje asociado a “Identifica la operación de cada una de las compuertas lógicas”.

Figura 56. Identificación de Compuerta Lógicas en entorno inmersivo.



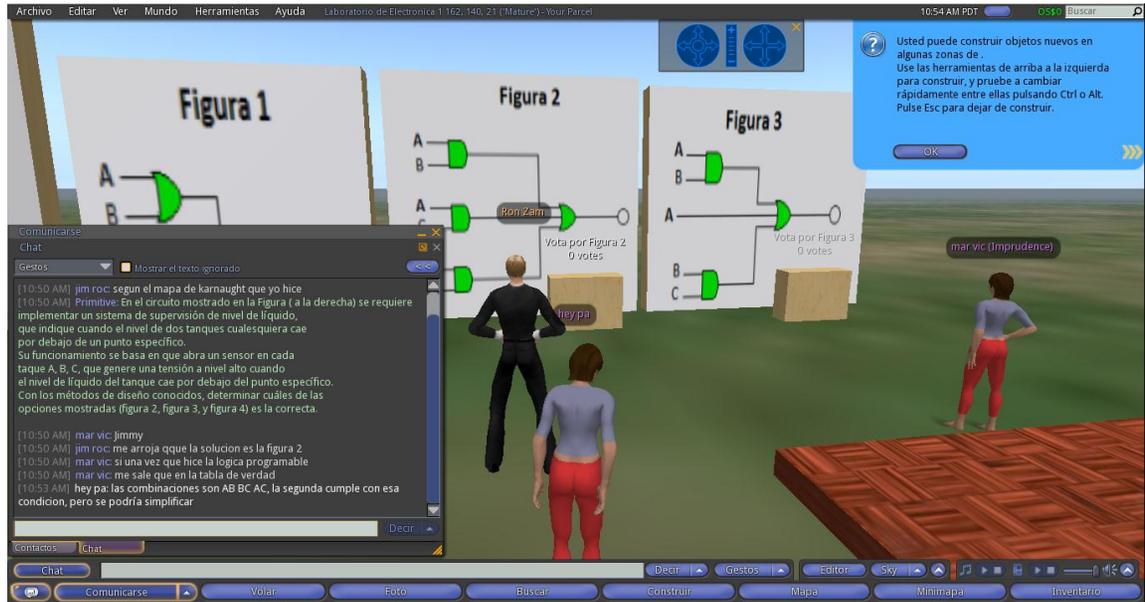
En la figura 57 se observa al estudiante representado mediante un avatar de acuerdo a la instrucción previa o guía de laboratorio interactuando con el entorno interactivo el cual genera retroalimentación automática de la actividad realizada comprobando si se cumple el objetivo de aprendizaje asociado.

Figura 57. Estudiante interactuando con entorno y recibiendo retroalimentación automática.



En la Figura 58 se observa a varios estudiantes representados a través de avatares comunicándose a través del chat del visor 3D para tomar decisiones resultantes del trabajo colaborativo en el entorno inmersivo, en una actividad correspondiente a la escogencia de la mejor solución de un circuito combinacional que resuelve un problema propuesto desarrollando de esta manera el objetivo de aprendizaje asociado a “Realiza minimización de circuito combinatorio con método avanzado”.

Figura 58. Estudiantes trabajando colaborativamente en entorno inmersivo.



En la Figura 59 se observa a varios estudiantes remotos representados a través de avatares decidiendo cual es la respuesta correcta a un problema planteado de acuerdo a instrucción previa o guía de laboratorio desarrollando objetivo de aprendizaje asociado a “Analiza comportamiento de circuito lógico combinatorio”.

Figura 59. Estudiantes decidiendo respuesta en entorno inmersivo



En la Figura 60 se observa la retroalimentación realizada por el entorno colaborativo e inmersivo a la respuesta escogida por los estudiantes al problema propuesto en la instrucción previa, en este caso la respuesta fue correcta, comprobando el cumplimiento del objetivo de aprendizaje asociado a “Analiza comportamiento de circuito lógico combinatorio”.

Figura 60. Retroalimentación del entorno colaborativo e inmersivo.



Teniendo en cuenta la conceptualización de (ABET, 2014) y de (Koh, Rodriguez-Mare, & Talarico, 2009) se adapta la Tabla 6, donde la primera columna muestra objetivos de aprendizaje con referencia a las primeras unidades de formación de una clase de laboratorio de para Circuitos Digitales, la segunda columna muestra las competencias ABET asociadas a los objetivos de aprendizaje de esa primera columna y en las siguientes columnas se encuentran los resultados obtenidos por los grupos de estudiantes que accedieron de forma remota al entorno y realizaron las actividades propuestas.

Tabla 6. Resultados a través de criterio “resultados de los estudiantes” ABET.

Objetivos de Aprendizaje	Competencia ABET asociada	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1. Identifica la operación de cada una de las compuertas lógicas	(a)	4.3	5	3.6	4.3	5	5	3.6
	(b)							
	(d)							
	(g)							
2. Realiza minimización de circuito combinatorio con método avanzado	(a)	3.8	5	2.5	3.8	3.8	5	3.8
	(b)							
	(d)							
	(g)							
3. Analiza comportamiento de circuito lógico combinatorio	(a)	4	5	4.5	4	4	4.5	4
	(b)							
	(d)							
	(g)							
Aprendizaje Cuantitativo		4.03	5	3.53	4.03	4.27	4.83	3.8

En la Tabla 6 se puede observar que los resultados obtenidos al usar herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en la educación en ingeniería electrónica son satisfactorios, mostrando su efectividad y diferenciación teniendo en cuenta que en los resultados, la nota o valor más bajo está por igual o por encima del 70% (3.53), teniendo como mayor nota o valor un 100% (5.0) y como media un valor de 84.2% (4.21). La diferenciación radica en el hecho de que se obtuvieron resultados positivos al utilizar elementos no considerados en investigaciones anteriores como utilizar al mismo tiempo el trabajo colaborativo con la inmersión, sensación de presencia en el entorno, además de evaluar la efectividad utilizando estrategias como criterios asociados a la certificación internacional ABET. De la misma manera en la siguiente sección también se evalúan otros aspectos muy importantes.

Los resultados estadísticos con respecto a los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto utilizando criterios la técnica ABET son mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7. Resumen estadístico y prueba de normalidad utilizando técnica ABET

Resumen Estadístico	Aprendizaje Cuantitativo	Pruebas de Normalidad	Aprendizaje Cuantitativo
Media	4,21	Prueba Chi-Cuadrado	5,571
Min.	3,53	Valor-p	0,350
Max.	5,0	Prueba Shapiro-Wilk	0,930
Asimetría Estandarizada	0,534	Valor-p	0,576
Curtosis Estandarizada	-0,495	Comparación Valor-p	0,350 > 0,1

Esta tabla del lado izquierdo muestra un resumen estadístico para la variable Aprendizaje Cuantitativo, de particular interés están la asimetría estandarizada y la curtosis estandarizada, las cuales se utilizan para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Valores de estas estadísticas fuera del rango de -2 a +2 indican una desviación significativa de la normalidad, que tendería a invalidar los procedimientos estadísticos aplicados. En la Tabla 7 del lado izquierdo se observa que para la variable estudiada los valores están dentro del rango esperado, validando así los procedimientos estadísticos aplicados.

De la misma manera en la Tabla 7 del lado derecho se puede observar los resultados de dos pruebas realizadas para determinar si la variable Aprendizaje Cuantitativo puede ser modelada adecuadamente por una distribución normal. La prueba Chi-cuadrado divide el rango de la variable en clases igualmente probables y compara el número de observaciones, la prueba de Shapiro-Wilks se

basa en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada con los cuartiles de los datos.

La prueba de normalidad se define con la siguiente hipótesis:

Ho: Los residuos siguen una distribución normal.

H1: Los residuos no siguen una distribución normal.

La Tabla 7 muestra que la cifra más baja correspondiente al estadístico valor-p es igual a: 0.350, con lo cual se puede decir que el estadístico correspondiente al valor-p es superior o igual a 0.10, con lo cual no se puede rechazar que la variable Aprendizaje Cuantitativo proceda de una distribución normal con un nivel de confianza de al menos el 90%.

Todos los análisis estadísticos realizados en esta investigación fueron desarrollados con el software Statgraphics (Statgraphics Plus 5.1, Statgraphics™ net).

6.4 Estrategia de evaluación validada a través de SUMI

La técnica SUMI (*Software Usability Measurement Inventory*) se basa en la medición o evaluación de la calidad de un software o entorno desde el punto de vista del usuario final o remoto para este caso; este método ha sido probado y demostrado rigurosamente en distintas investigaciones (SUMI, 2014); (Van-Veenendaal, 1998); (Tanja & Borka, 2008); (Mansor, Kasirun, Yahya, & Arshad, 2012); la evaluación es realizada teniendo en cuenta los siguientes cinco aspectos:

- Eficiencia (*Efficiency*): Grado en el cual el usuario o estudiante remoto puede alcanzar metas en la interacción directa con el entorno, evaluándose de la misma manera el rendimiento del entorno.
- Influencia (*Affect*): Sensación o estímulo mental del usuario o estudiante remoto al interactuar con el software o entorno.
- Utilidad (*Helpfulness*): Como su nombre lo indica evalúa que tan útil es el software o entorno.
- Control (*Control*): Facilidad de uso por parte del usuario o estudiante remoto del software o entorno y también se refiere al grado en que el usuario siente que es él quien controla el software.
- Facilidad de aprendizaje (*Learnability*): facilidad con la que el usuario o estudiante remoto aprende el uso del entorno y obtiene conocimientos a través del uso del entorno.

La técnica SUMI validada a través de la norma ISO 9241|-11 consiste en un cuestionario de 50 preguntas donde el participante selecciona una opción de tres posibles respuestas: De acuerdo, indeciso y en desacuerdo (SUMI, 2014); (Tanja & Borke, 2008). Cuando el estudiante remoto completa el cuestionario SUMI a través de una base de datos estandarizada genera una tabla de resultados (22 estudiantes en este caso) donde el valor promedio o puntuación media (*mean score*) para dichos resultados tiene un valor de 50 y por ende se puede afirmar que un valor que exceda 50 significa que ese aspecto tiene un valor mayor al promedio. Con los valores generados en la tabla se realizan los respectivos análisis estadísticos a través de un diseño de experimento.

Algunas de las 50 preguntas que los usuarios o estudiantes remotos deben responder son las siguientes:

- Este software responde muy lentamente a la entrada de datos.
- Siento que tengo el control de este software mientras lo estoy usando.
- Las tareas pueden realizarse de forma directa utilizando este software.

- Recomendaría este software a mis compañeros.
- Es relativamente fácil pasar de una tarea a otra.

6.4.1 Resultados a través de la estrategia de evaluación validada a través de SUMI.

Los datos resultantes entre la comparación de las opciones escogidas por los estudiantes remotos y la base de datos estandarizada son arrojados automáticamente por la técnica SUMI y son mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8. Datos resultantes SUMI

Participante	a) Global	b) Eficiencia	c) Influencia	d) Utilidad	e) Control	f) Facilidad Aprendizaje
1	73	67	72	69	67	71
2	72	69	69	68	64	70
3	72	68	67	68	67	69
4	71	65	68	65	58	53
5	70	61	66	57	53	60
6	68	51	54	58	60	55
7	67	69	64	59	65	67
8	66	59	67	66	60	58
9	66	63	64	67	68	54
10	66	57	72	61	58	65
11	65	57	56	67	61	61
12	65	65	65	62	65	66
13	63	63	62	57	59	68
14	63	66	61	65	53	64
15	62	55	72	62	59	63
16	61	60	51	52	54	58
17	60	62	69	58	57	63
18	60	59	72	50	49	68
19	57	54	68	56	50	57
20	56	60	63	54	57	66
21	55	50	57	56	48	50
22	54	52	59	50	56	50

Los resultados estadísticos con respecto a los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto utilizando la técnica SUMI son mostrados en la Tabla 9.

La Tabla 9 muestra un resumen estadístico para cada una de las seis variables (Global, Eficiencia, Influencia, Utilidad, Control y Facilidad en el Aprendizaje). De particular interés están la asimetría estandarizada y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Valores de estas estadísticas fuera del rango de -2 a +2 indican una desviación significativa de la normalidad, que tendería a invalidar muchos de los procedimientos estadísticos aplicados. Todos los análisis estadísticos realizados en esta investigación fueron desarrollados con el software Statgraphics (Statgraphics Plus 5.1, Statgraphics™ net).

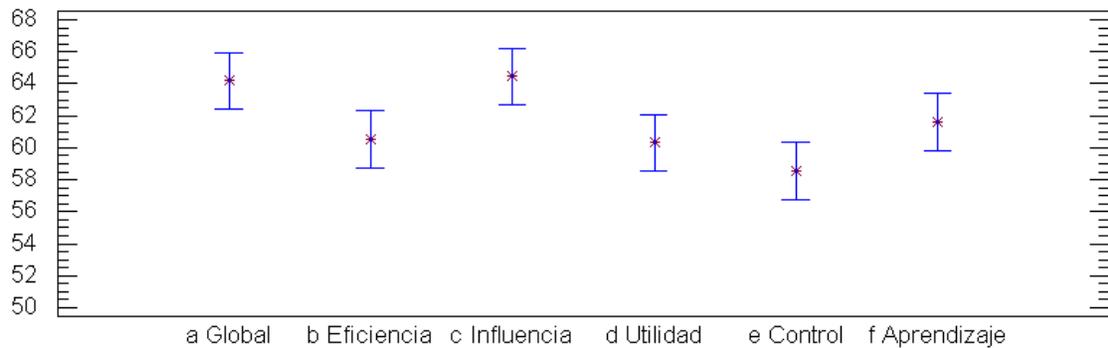
Tabla 9. Resumen Estadístico utilizando técnica SUMI.

Resumen Estadístico	Global	Eficiencia	Influencia	Utilidad	Control	Aprendizaje
Media	64,18	60,54	64,45	60,31	58,54	61,63
Min.	54	50	51	50	48	50
Max.	73	69	72	69	68	71
Asimetría Estandarizada	-0,379	-0,491	-1,240	-0,337	-0,173	-0,753
Curtosis Estandarizada	-0,801	-0,849	-0,312	-1,068	-0,739	-0,946

La Tabla 9 muestra que las seis variables tienen valores de asimetría estandarizada y curtosis estandarizada dentro del rango esperado (-2 a +2), por lo que se puede decir que la muestra proviene de una distribución normal, validando así los procedimientos estadísticos aplicados en la captura de datos en el estudio de los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto.

Con los datos estadísticos de la media de cada una de las seis variables tomados de la Tabla 9, se construye el gráfico mostrado en la Figura 61, donde se puede observar que todas las seis variables tienen un valor medio por encima de 50, lo que significa que todas son superiores a la media y que el entorno inmersivo y colaborativo del laboratorio con acceso remoto es comparable a cualquier sistemas exitoso ya implementado; las variables que mayor valor de la media presentan son: “Influencia” con 64,45 y “Global” con 64,18 y la variable que tiene un menor valor de la media es “Control” con 58,54.

Figura 61. Intervalos LSD (Least Significant Difference)



A continuación se muestra la Tabla 10 en la cual se puede observar los resultados de varias pruebas realizadas para determinar si cada una de las seis variables pueden ser modeladas adecuadamente por una distribución normal. La prueba Chi-cuadrado divide el rango de las seis variables en clases igualmente probables y compara el número de observaciones, la prueba de Shapiro-Wilks se basa en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada con los cuartiles de los datos, la prueba de asimetría estandarizada busca la falta de simetría en los datos y la prueba de curtosis estandarizada busca la forma distribucional que sea más plana o más puntiaguda que la distribución normal.

La prueba de normalidad se define con la siguiente hipótesis:

Ho: Los residuos siguen una distribución normal.

H1: Los residuos no siguen una distribución normal.

Tabla 10. Pruebas de normalidad utilizando técnica SUMI.

Pruebas de Normalidad	Global	Eficiencia	Influencia	Utilidad	Control	Aprendizaje
Prueba Chi-Cuadrado	12,272	7,545	7,545	15,818	12,272	9,909
Valor-p	0,267	0,673	0,673	0,104	0,267	0,448
Prueba Shapiro-Wilk	0,961	0,959	0,936	0,940	0,962	0,945
Valor-p	0,506	0,480	0,166	0,198	0,529	0,251
Prueba Asimetría Estandarizada	0,302	0,390	0,956	0,268	0,138	0,594
Valor-p	0,762	0,695	0,338	0,788	0,889	0,552
Prueba Curtosis Estandarizada	-0,991	-1,088	-0,178	-1,577	-0,873	-1,292
Valor-P	0,321	0,276	0,857	0,114	0,382	0,196
Comparación Valor-p	0,267 > 0,1	0,276 > 0,1	0,166 > 0,1	0,104 > 0,1	0,267 > 0,1	0,196 > 0,1

La Tabla 10 muestra que las cifras más bajas correspondiente al estadístico valor-p son iguales a: 0.267 para “Global”, 0.276 para “Eficiencia”, 0.166 para “Influencia”, 0.104 para “Control” y 0.267 para “Facilidad en el Aprendizaje”; con lo cual se puede decir que todos los estadísticos correspondientes al valor-p son superiores o iguales a 0.10, con lo cual no se puede rechazar que las seis variables proceda de una distribución normal con un nivel de confianza de al menos el 90%.

CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJO FUTURO

Con el estudio e investigación asociada a los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en ingeniería electrónica desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje se obtuvieron las siguientes conclusiones, las cuales son un resumen de las conclusiones obtenidas al final de cada capítulo.

La revisión realizada durante la investigación evidenció la necesidad de aplicar herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto, esto debido a que la colaboración tiene un fuerte impacto en el proceso de aprendizaje logrando disminuir la carga cognitiva de los estudiantes, y así como la inmersión genera un impacto positivo por la posibilidad de interactividad en tiempo real con el entorno; estas herramientas contribuyen y propician habilidades de trabajo colaborativo debido a que con el uso de estos entornos se desarrollan proyectos de forma conjunta.

Del estudio realizado sobre distintas plataformas desde las cuales se pueden implementar entornos colaborativos e inmersivos, se obtuvo como resultado que OpenSim es la herramienta adecuada para tal fin y adicionalmente teniendo en cuenta requisitos y escenarios de operación acorde a las necesidades, se escogió la área disciplinar concerniente a Circuitos Digitales con referencia a las primeras unidades de formación de una clase de laboratorio.

De la misma manera en el capítulo 4 se definieron pautas para asegurar un aprendizaje efectivo en un laboratorio con acceso remoto, así como las características asociadas a quienes hacen uso de estas herramientas, igualmente se definieron los criterios para evaluar el entorno colaborativo e inmersivo, las

cuales son: una enfocada hacia los aspectos cognoscitivos resultantes de la interacción del estudiante con el laboratorio y la segunda enfocada hacia la usabilidad del laboratorio como tal.

Después de la exitosa implementación del entorno colaborativo e inmersivo aplicado a ingeniería electrónica se procedió a la evaluación de los aportes de estas herramientas desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje, la evaluación se realizó de acuerdo a los criterios mencionados en el párrafo anterior obteniéndose resultados satisfactorios a nivel general, como una media de 84.2% (4.21) para la variable “Aprendizaje Cuantitativo” utilizando competencias y/o criterios ABET asociados a los resultados de los estudiantes; los resultados completos se encuentran detallados en el capítulo 6.

La evaluación referida a la usabilidad del laboratorio donde se evaluaron las siguientes variables: Eficiencia, influencia, utilidad, control y facilidad de aprendizaje, fue realizada a través de la técnica SUMI en la cual todas las seis variables obtuvieron un valor medio por encima de 50, lo que significa que todas son superiores a la media y que el entorno inmersivo y colaborativo del laboratorio con acceso remoto es comparable a cualquier sistemas exitoso ya implementado de acuerdo a SUMI (SUMI, 2014).

Con este resultado y los comentados en párrafos anteriores se concluye finalmente que los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos son satisfactorios, efectivos y generan diferenciación en el aprendizaje en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en ingeniería electrónica.

Después de describir conclusiones, es necesario mencionar algunos aspectos que se puede utilizar como trabajo futuro en entornos colaborativos e inmersivos como ambientes adaptativos, modelamiento usando sistemas multi-agente, así como

también la posibilidad de que los usuarios remotos puedan interactuar de manera concurrente con estos entornos de inmersión y multiusuario.

De la misma manera como trabajo futuro y complemento a la investigación “estudio de los aportes de las herramientas de entornos colaborativos e inmersivos en el desarrollo de laboratorios con acceso remoto en la educación en ingeniería electrónica desde el punto de vista de su efectividad y diferenciación en el aprendizaje” también se puede implementar un laboratorio con temáticas avanzada en las cuales se desarrollen otros objetivos de aprendizaje, así como también la posibilidad de implementar la característica de tele-operación en conjunto con el entornos inmersivo y colaborativo.

Bibliografía

- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: the concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*.
- iLough-Lab. Universidad de Loughborough - Reino Unido. . (2011). Obtenido de <http://www.ilough-lab.com>
- Laboratorios Virtuales y Remotos. UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) Departamento de Informática y Automática – España. . (2011). Obtenido de <http://lab.dia.uned.es/rlab/index.html>
- Proyecto AutomatL @bs. Red de Laboratorios de Automática – España. . (2011). Obtenido de <http://lab.dia.uned.es/automatlab/>
- <http://www.sloodle.org/>. (2013). Obtenido de <http://www.sloodle.org/moodle/>
- ABET. (2013). Obtenido de <http://www.abet.org/>
- ACT – Automatic Control Telelab. Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – Italia. . (2013). Obtenido de <http://act.dii.unisi.it/home.php>
- <http://openwonderland.org/>. (2013). Obtenido de <http://openwonderland.org/>
- <http://virtyou.com/en/>. (2013). Obtenido de <http://virtyou.com/en/>
- <http://www.3drockgrid.com/>. (2013). Obtenido de <http://www.3drockgrid.com/>
- <http://www.association-virtus.org/>. (2013). Obtenido de <http://www.association-virtus.org/>
- <http://www.firesabre.com/>. (2013). Obtenido de <http://www.firesabre.com/>
- <http://www.sloodle.org/>. (2013). Obtenido de <http://www.sloodle.org/>
- Laboratório de Experimentação Remota. Universidad Federal de Santa Catarina – Brasil. (2013). Obtenido de <http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/frame3.htm>
- Laboratorio Remoto de Física Electrónica. Universidad Nacional de Rosario – Argentina. . (2013). Obtenido de <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>
- Weblabdeusto. Universidad de Deusto – España. (2013). Recuperado el 2013, de <https://weblab.deusto.es/weblab/client>
- <http://opensimulator.org/>. (2014). Obtenido de <http://opensimulator.org/>
- <http://wiki.secondlife.com/>. (2014). Obtenido de <http://wiki.secondlife.com/>
- ABET. (2014). <http://www.abet.org/>.
- Arango, F., Chang, C., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2007). A Scenario for Collaborative Learning in Virtual Engineering Laboratories. *Frontiers in Education Conference - Global Engineering: Knowledge without Borders, Opportunities without Passports*. Hoboken, New Jersey: FIE '07. 37th Annual, Stevens Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering.
- Aydogan, H., Aras, F., & Karaka, E. (2010). An assessment on distance education in a 3D virtual environment: How to produce electricity in a hydroelectric power plant. *Proceedings of the 2010, 2° International Conference on Education Tehnology and Computer*, (págs. V1- 346 -- V1-349). Shanghai, China.

- Bermejo, S., & Saboya, A. (2003). "Tutores inteligentes basados en asistentes personales". *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*.
- Bermejo, S., & Saboya, A. (2004). Tutores inteligentes basados en asistentes personales. *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*.
- Bredl, K., Grob, A., Hünninger, J., & Fleischer, J. (2012). The Avatar as a Knowledge worker? How Immersive 3D Virtual Environments may Foster Knowledge Acquisition. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 10(1), 15-25.
- Callaghan, M., McCusker, K., Losada, J. L., Harkin, J., & Wilson, S. (2009). Integrating Virtual Worlds & Virtual Learning. Environments for Online Education. *Proceedings of International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference*, (págs. 54-63). London.
- Cheong, D. (2010). The effects of practice teaching sessions in second life on the change in pre-service teachers' teaching efficacy. *Computers & Education - Elsevier*, 55(2), 868-880.
- Christopoulos, A. (2013). Higher Education in Virtual Worlds: The use of Second Life and OpenSim for educational Practices. Institute of research in applicable computing - University of Bedfordshire.
- Contreras, D. (2012). Desarrollo de una Aplicación Software para Laboratorios Remotos. Madrid.
- Corter, J., Esche, S., Chassapis, C., Ma, J., & Nickerson, J. (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education*, 2054 - 2067.
- Domínguez, m., Fuertes, J., Reguera, P., Diez, A., Robles, A., & Sirgo, J. (2006). Estrategias Docentes Colaborativas basadas en la utilización de laboratorios remotos vía Internet. *Cuadernos de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas Universitarias*, 43 - 54.
- Dormido, S. (2004). "Control Learning: Present and Future". *Annual Reviews in Control*, vol. 28.
- Dormido, S., Vargas, H., Sánchez, J., Dormido, R., Duro, N., Dormido-Canto, S., y otros. (2008). Developing and implementing virtual and remote labs for control education: The UNED pilot experience. *17th IFAC World Congress*, 8159 - 8164.
- Ernstberger, P. (2009). Linden dollar and virtual monetary policy. *Macroeconomics*.
- Fabregas, E., Farias, G., Dormido-Canto, S., Dormido, S., & Esquembre, F. (2011). Developing a remote laboratory for engineering education. *Computers & Education*, 1686 - 1697.
- Fleming, N. D., & Bonwell, C. C. (2003). <http://www.vark-learn.com>. Recuperado el 2013, de <http://www.vark-learn.com>
- García-Zubía, J. (2007). *Advances on Remote Laboratories and e-learning Experiencias*. Bilbao, España: Deusto Publicaciones.
- García-Zubía, J. (2008). "Estrategias de Diseño de Laboratorios Remotos", Capítulo Español de la Sociedad de la Educación IEEE, Conferencia

- Internacional del DIEEC/UNED (Departamento de Ingeniería, Eléctrica, Electrónica y Control/ Universidad Nacional de Educaci. *Capítulo Español de la Sociedad de la Educación IEEE, Conferencia Internacional del DIEEC/UNED (Departamento de Ingeniería, Eléctrica, Electrónica y Control/ Universidad Nacional de Educación a Distancia)*. Madrid, España.
- Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current Trends in Remote Laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), vol. 56, No. 12, pp. 4744-4756.
- Gravier, C., Fayolle, J., Bayard, B., Ates, M., & Lardon, J. (2008). "State of the Art About Remote Laboratories Paradigms – Foundations of Ongoing Mutations". *International Journal of Online Engineering (iJoe)*, vol. 4, No 1.
- Griffin, W., Provancher, W., & Cutkosky, M. (2005). Feedback strategies for telemanipulation with shared control of object handling forces. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. . *Journal Presence: Teleoperators and Virtual Environments - ACM*, 14(6), 720-731.
- Hertz-Lazarowitz, R., & Miller, N. (1992). Interaction in cooperative Groups: The theoretical anatomy of group learning. Cambridge University Press. Cambridge University Press.
- Huang, H. M., Rauch, U., & Liaw, S. S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education - Elsevier*, 55(3), 1171-1182.
- Jara, C., Candelas, F., Puente, S., & Torres, F. (2011). Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics using a virtual and remote laboratory . *Computers & Education*, 2451 - 2461.
- Jou, M., & Wang, J. (2012). Investigation of effects of virtual reality environments on learning performance of technical skills. *Computers in Human Behavior*.
- Kaplan, J., & Yankelovich, N. (2011). Open wonderland: An extensible virtual world architecture. . *Internet Computing, IEEE.*, 15(5), 38-45.
- Kapp, K., & O'Driscoll, T. (2010). *Learning in 3D: Adding a New Dimension to Enterprise Learning and Collaboration*. Pfeiffer.
- Kay Michel, M. C., Helmick, N. P., & Mayron, L. M. (2011). Cognitive cyber situational awareness using virtual worlds. *Proceedings of the 2011 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support* , (págs. 179-182). Miami Beach, FL, USA.
- Kemp, J., Livingstone, D., & Bloomfield, P. R. (2009). SLOODLE: Connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life. *British Journal of Educational Technology*. *British Journal of Educational Technology*, 40, 551-555.
- Kirakowski, J., & Corbett, M. (1993). SUMI - the Software Usability Measurement Inventory. . *British Journal of Educational Technology*, 24(3), 210-212.
- Kirschner, F., Pass, F., & Kirschner, P. (2009). A cognitive load approach to collaborative learning: united brains for complex tasks. . *Educational Psychology Review*, 21(1), 31-42.

- Koh, M.-S., Rodriguez-Mare, E., & Talarico, C. (2009). Development of Course Assessment Metrics to Measure Program Outcomes Against. *American Society for Engineering Education*.
- Leal, D. E. (2007). traducción "Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital". *Licencia Creative Commons 2.5*.
- Levesque, J., & Lelievre, E. (2011). Creation and communication in virtual worlds: Experimentations with OpenSim. *Proceedings of the Virtual Reality International Conference* (págs. 22-24). Laval, Francia: RICHIR & SHIRAI Akihiko.
- Lorenzo, C.-M., Sicilia, M. A., & Sanchez, S. (2012). Studying the effectiveness of multi-user immersive environments for collaborative evaluation tasks . *Computers & Education* , 1361 - 1376.
- Ma, J., & Nickerson, J. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Comput. Surv*, 38(3), 1–24.
- Mansor, Z., Kasirun, Z. M., Yahya, S., & Arshad, N. H. (2012). The Evaluation of WebCost Using Software Usability Measurement Inventory (SUMI). *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDWC)*, 2(2): 197-201.
- Martinez, F. (2003). Redes de comunicación en la enseñanza, las nuevas perspectivas del trabajo colaborativo. Barcelona: Paidós.
- Mayer, R., & Alexander, P. (2011). *Handbook of research on learning and instruction* . New York: Routledge.
- Miller, A., Allison, C., McCaffery, J., Sturgeon, T., Nicoll, J., Getchell, K., y otros. (2010). Virtual Worlds for Computer Science Education. *Proceedings of the 11° Annual Conference of the Higher Education Academy Subject Centre for Information and Computer Sciences* (págs. 239-244). Durham, UK.: HEA ICS.
- Nickerson, J., Corter , J., Esche, S., & Chassapis, C. (2007). A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. . *Computers & Education - Elsevier*, 49(3), 708-725.
- Nowak, K. (2001). Defining and differentiating copresence, social presence and presence as transportation. . *Paper presented at the 4th International Workshop on Presence, Philadelphia, PA.* .
- Patel, H., Pettit, M., & Wilson, J. (2012). Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model . *Applied Ergonomics* , 1 - 26.
- Pérez García, M., & Alamo Serrano, J. (2010). *Educational tools for Second Life: a handbook for educators in virtual worlds*. Brussels: MENON Network EEIG.
- Phillips-Agboola, O., Hashemipour, M., Egelioglu, F., Atikol, U., & Hacisevki, H. (2012). Assessing a Decade Old Capstone Senior Projects Through ABET Accreditation Program Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 120-125.
- Riofrío, D. (2012). Diseño e Implementación de un Laboratorio Virtual de Biotecnología. Madrid.

- Rojo, E. (2010). Aplicación de la herramienta OpenSource Sloodle y las tecnologías del procesamiento del lenguaje natural para el desarrollo de una plataforma de Virtual Learning. Universidad Carlos III de Madrid.
- Rosado , L., & Herreros, J. (2004). Internet y Multimedia en Didáctica e Investigación de la Física. *Tratado teórico práctico para profesores y doctorandos*.
- Rosado, L., & Herreros, R. J. (2002). Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines. *Didáctica de la Física y sus nuevas Tendencias*, 415 - 603.
- Schaf, F., Muller, D., Bruns, F., Pereira, C., & Erbe, H. H. (2009). Collaborative learning and engineering workspaces. *Annual Reviews in Control - Elsevier*, 33(2), 246-252.
- Siemens, G. (2005). "Connectivism: A learning theory for a digital age". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. Pittsburgh, PA.
- Stephenson, N. (2011). *Snow Crash*. Penguin Books.
- SUMI. (2014). *SUMI*. Recuperado el 2014, de sumi.ucc.ie
- Tanja, A., & Borka, J. B. (2008). A case Study of Usability Testing - the SUMI Evaluation Approach of the EducaNext Portal. *WSEAS Transactions on Information Science & Applications*, (5)175-181.
- Taylor, J. (2001). "Fifth Generation: Distance Education" . *20th ICDE (International Council for Open and Distance Education) World Conference on Open Learning and Distance Education*. Düsseldorf, Germany.
- Tirado, R. (2006). Las tecnologías avanzadas en la enseñanza: aspectos psicopedagógicos. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 192-197.
- Toumasis, C. (2004). Cooperative study teams in mathematics classrooms. *Education in Science and Technology - International Journal of Mathematical*, 669-679.
- Tugba Bulu, S. (2012). Place presence, social presence, co-presence and satisfaction in virtual worlds. . *Computers & Education - Elsevier*, 154-161.
- Universidad Nacional del Rosario, E. (2013). <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>.
- Van-Veenendaal, E. (1998). Questionnaire based usability testing. *Conference Proceedings European Software Quality*, 1-9.
- Weblabdeusto, U. d.-E. (2013). <https://weblab.deusto.es/weblab/client>.
- Yasar, O., & Adiguzel, T. (2010). A working successor of learning management systems: SLOODLE. . *Procedia Social and Behavioral Sciences – WCES – Elsevier*, 5682-5685.
- Zamora, R. (2010). *Laboratorios Remotos: Análisis, Características y Desarrollo*. Educosta.
- Zamora, R. (2011). *Análisis de Requerimientos para la Implementación de Laboratorios Remotos*. Barranquilla: Educosta.