
	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

LABORATORIO REMOTO DE AUTOMATIZACION CON APLICACIONES DE  
REALIDAD AUMENTADA

PRESENTADO POR

JOHAN NICOLAS VALDERRAMA SERRATO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO  
INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ, D.C.

2018

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

LABORATORIO REMOTO DE AUTOMATIZACION CON APLICACIONES DE  
REALIDAD AUMENTADA

PRESENTADO POR

JOHAN NICOLAS VALDERRAMA SERRATO

DIRECTOR

RUBEN DARIO BUITRAGO PULIDO

Magister en Tecnología de la información aplicada a la educación. Especialista en gerencia de  
mantenimiento. Ingeniero mecánico



UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ, D.C.

2018

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---



---

Firma del presidente del jurado




---

Firma del jurado

---



Firma del jurado

**Bogotá D.C. Julio de 2018**




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

## Tabla de contenido



1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
4.1. JUSTIFICACIÓN .....	8
4.2. DELIMITACIÓN .....	9
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	10
5.1. MARCO TEÓRICO .....	10
5.1.1. INDUSTRIA 4.0.....	10
5.1.2. LABORATORIOS REMOTOS.....	12
5.1.3. REALIDAD AUMENTADA.....	13
5.2. ESTADO DEL ARTE .....	18
6. METODOLOGÍA .....	23
6.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
6.1.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS .....	23
6.1.2. FASE II: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DEL LABORATORIO REMOTO .....	23
6.1.3. FASE III: DESARROLLO DE APLICACIONES DE RA Y EJERCICIOS DE LABORATORIO .....	24

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

7. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	25
7.1. FUENTES PRIMARIAS .....	25
7.2. FUENTES SECUNDARIAS .....	25
8. PRESUPUESTO .....	27
8.1. PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO .....	27
8.1.1. PRESUPUESTO PARA GASTO DE PERSONAL.....	27
8.1.2. PRESUPUESTO PARA GASTOS DE EQUIPOS .....	27
8.1.3. PRESUPUESTO PARA GASTOS DE SOFTWARE .....	28
8.1.4. PRESUPUESTO PARA GASTOS GENERALES .....	28
9. CRONOGRAMA.....	29
10. RESULTADOS .....	31
10.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS .....	31
10.1.1. REALIDAD AUMENTADA .....	31
10.2. FASE II: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DEL LABORATORIO .....	40
10.2.1. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA .....	42
10.2.2. INFRAESTRUCTURA FÍSICA.....	48
10.3. FASE III: DESARROLLO DE APLICACIONES DE RA Y EJERCICIOS DE LABORATORIO .....	49
10.3.1. PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER). .....	49
10.3.2. DISEÑO DE CONTENIDO 3D .....	54
10.3.3. REALIDAD AUMENTADA .....	57
11. CONCLUSIONES.....	61




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	<b>CERTIFICADA POR:</b>  
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

12. REFERENCIAS..... 66

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías de seguimiento basadas en RA.....	15
Tabla 2. Presupuesto Global. ....	27
Tabla 3. Presupuesto para gasto de personal. ....	27
Tabla 4. Presupuesto para gastos de equipos.....	27
Tabla 5. Presupuesto para gastos de software.....	28
Tabla 6. Presupuesto para gastos generales.....	28
Tabla 7. Paso 1 Ejemplo de aplicación, tabla vacía.....	34
Tabla 8. Paso 2 Calificación de criterios y totales.....	34
Tabla 9. Paso 3 Normalización de las calificaciones.....	35
Tabla 10. Calificación Programación. ....	36
Tabla 11. Calificación Capacidad Multiplataforma.....	36
Tabla 12. Calificación Compatibilidad contenido 3D.....	36
Tabla 13. Calificación Uso de marcadores.....	37
Tabla 14. Resultados.....	37
Tabla 15. Roles del sistema.....	43
Tabla 16. Componentes Infraestructura física.....	48

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fases de diseño metodológico. ....	24
Ilustración 2. Cronograma de trabajo parte 1.....	29
Ilustración 3. Cronograma de trabajo parte 2.....	30
Ilustración 4. Proceso de Análisis Jerárquico. ....	32
Ilustración 5. Escala de Saaty .....	33
Ilustración 6. Grafico radial, Comparación plataformas realidad aumentada. ....	37
Ilustración 7. Gráfico de barras, Calificación por plataforma de RA. ....	38
Ilustración 8. Pruebas de RA en software Openspace3D. ....	39
Ilustración 9. Pruebas de RA en software Openspace3D. ....	40
Ilustración 10. Arquitectura del sistema. ....	40
Ilustración 11. Página semillero IRAPI. ....	41
Ilustración 12. Página de inicio del sistema.....	41
Ilustración 13. Sistema de agendamiento.....	43
Ilustración 14. Inicio Laboratorio. ....	45
Ilustración 15. Login del sistema.....	45
Ilustración 16. Programador semanal. ....	46
Ilustración 17. Ingreso al servidor. ....	47
Ilustración 18. Lista de usuarios. ....	47
Ilustración 19. Registro de usuarios.....	48
Ilustración 20. Foto Montaje Físico Laboratorio.....	52
Ilustración 21. Segmento 1 en Ladder de instalación de cortado. ....	53







	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



Ilustración 22. Segmento 2 en Ladder de instalación de cortado. ....	53
Ilustración 23. Variables en Ladder de instalación de cortado. ....	54
Ilustración 24. Dibujo Instalación de Cortado. ....	54
Ilustración 25. Dibujo en 3ds Max Instalación de Cortado. ....	54
Ilustración 26. Dibujo Cargador Vertical Múltiple.....	55
Ilustración 27. Dibujo en 3ds Max Cargador Vertical Múltiple. ....	55
Ilustración 28. Dibujo Instalación Repartidora. ....	55
Ilustración 29. Dibujo en 3ds Max Instalación Repartidora. ....	55
Ilustración 30. Dibujo Taladro de Mesa. ....	56
Ilustración 31. Dibujo en 3ds Max Taladro de Mesa.....	56
Ilustración 32. Dibujo Selladora. ....	56
Ilustración 33. Dibujo en 3ds Max Selladora.....	56
Ilustración 34. Logo software de RA Openspace3D .....	57
Ilustración 35. Programación visual de Openspace3D. ....	57
Ilustración 36. Marcador #3 de Openspace3D.....	58
Ilustración 37. Programación de RA.....	59
Ilustración 38. Resultados de RA. ....	60

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## ANEXOS

Anexo 1. Guía TiaPortal

Anexo 2. Manual Openspace 3D



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## RESUMEN

Este documento presenta el diseño de un laboratorio de automatización con acceso remoto a través del uso de aplicaciones de realidad aumentada permitiendo visualizar el proceso industrial en un contexto de manufactura. Este laboratorio se sustenta bajo un diseño metodológico de tres fases: la investigación de tecnologías de realidad aumentada, la construcción de un sistema basado en un entorno cliente – servidor del laboratorio remoto y por último, el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada (RA) y ejercicios automatización.

El laboratorio cuenta con un sistema de agendamiento bajo la arquitectura de desarrollo web, Stack MEAN, basado en JavaScript. A través de este sistema se autentifican los usuarios y se accede mediante el protocolo RDP al servidor del laboratorio. Dicho servidor cuenta con el software de manejo del PLC (TiaPortal) y de RA (Openspace3D), además del acceso a la cámara web del servidor para visualizar el montaje físico. El servidor dispone de la visualización de cinco ejercicios de automatización industrial en realidad aumentada.

Desde esta perspectiva, se concluye que el diseño del laboratorio remoto permitió avanzar en el desarrollo de escenarios innovadores en la Universidad ECCI, para que los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, y de otros programas de la misma o en red con otras IES puedan interactuar con el paradigma de la (RA) y obtengan elementos visuales de un entorno industrial que les permitan hacer representaciones internas para formalizar conceptos acerca de la programación de controladores lógicos programables PLC y su integración con la fábrica flexible o industria 4.0.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



## INTRODUCCIÓN

El presente documento de investigación acota el diseño de un laboratorio remoto de automatización con aplicaciones de realidad aumentada que permitan la visualización de un proceso industrial en un contexto de manufactura, este trabajo se realizó con el interés de mostrar a través de pilares como los laboratorios remotos, la realidad aumentada y la industria 4.0, la formulación de un entorno de ejercicios de automatización que exponga la contextualización de procesos industriales fuera de los laboratorios tradicionales.

Se cuenta con un diseño metodológico de tres fases: la investigación de tecnologías de realidad aumentada (RA) bajo la herramienta para la toma de decisiones multi-criterio AHP, la construcción sistema basado en un entorno cliente – servidor del laboratorio remoto y por último, el desarrollo de aplicaciones de (RA) y ejercicios automatización; el proceso de creación del laboratorio se presenta en el siguiente documento estructurado en trece capítulos descritos a continuación.

En el capítulo uno y dos que viene a continuación se presenta el título de la investigación y se realiza una contextualización del problema que se busca atacar para llegar a la formulación ¿de qué forma se diseña un laboratorio de automatización con acceso remoto, mediado por aplicaciones de realidad aumentada que permita la visualización de un proceso industrial en un contexto de manufactura? y posteriormente se muestra los objetivos generales y específicos que permitirán resolver la pregunta problema del proyecto.

El capítulo cuatro presenta la justificación y delimitación del proyecto, orientado al aprendizaje autónomo, el aprovechamiento de las tecnológicas emergentes en las industrias

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



de manufactura y la proyección de cambios en el perfil profesional de la mano de obra de las empresas en el futuro.

El capítulo 5 exhibe el trabajo de investigación en el marco teórico y estado del arte de acuerdo a los pilares: industria 4.0, laboratorios remotos y realidad aumentada, los cuales permiten generar los primeros esquemas de arquitectura al laboratorio.

En el capítulo 6 se muestra la estructura del diseño metodológico del proyecto en tres fases, la fase I que se refiere a la identificación de tecnologías, la fase II de construcción del sistema de laboratorio remoto y por último el desarrollo de aplicaciones de RA y ejercicios de automatización junto con su estructura interna para el desarrollo del proyecto.



En los tres capítulos siguientes se presentan las fuentes primarias y secundarias utilizadas en el proyecto, el presupuesto ejecutado y desglosado por gastos de personal, equipos, software y generales al igual que el cronograma de trabajo ejecutado.

En el capítulo 10 se evidencian los resultados como parte del proceso del diseño metodológico en tres fases. Se muestra un análisis de toma de decisiones utilizando la herramienta de multicriterio AHP para valorar cuatro herramientas de realidad aumentada bajo los criterios de programación, capacidad multiplataforma, compatibilidad contenidos 3D y uso de marcadores. Adicionalmente se presenta el desarrollo del sistema de agendamiento que permite el acceso remoto al laboratorio mediante protocolo RDP y bajo la arquitectura de desarrollo web, Stack MEAN, basado en JavaScript. De igual forma el listado de instrumentos adquiridos para la realización del montaje del laboratorio junto con sus características principales.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Como parte de la formulación de los ejercicios de automatización, se referencia el tipo de programación presente para el manejo del PLC S7-1200 en donde se realiza una introducción al lenguaje de programación ladder y la presentación de los cinco ejercicios de automatización diseñados para la entrega del laboratorio: Instalación de cortado, cargado vertical múltiple, instalación repartidora, taladro de mesa y selladora, los cuales pasaron por un proceso de diseño 3D a través del software de diseño 3DMax y por ultimo una programación en el software de realidad aumentada Openspace3d.

En el capítulo 11 y 12 se realizan las conclusiones y recomendaciones respectivas del proyecto enfocada desde el planteamiento de los objetivos y concluyendo en general s que el diseño del laboratorio remoto permitió avanzar en el desarrollo de escenarios innovadores en la Universidad ECCI, para que los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, y de otros programas de la misma o en red con otras IES puedan interactuar con el paradigma de la (RA) y obtengan elementos visuales de un entorno industrial que les permitan hacer representaciones internas para formalizar conceptos acerca de la programación de controladores lógicos programables PLC y su integración con la fábrica flexible o industria 4.0. Por ultimo de dejan las referencias bibliográficas utilizadas en el documento y dos anexos que explican cómo interactuar con el software TiaPortal y una guía rápida para hacer realidad aumentada.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## 1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Laboratorio remoto de automatización con aplicaciones de realidad aumentada.



## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La industria manufacturera avanza para estar altamente automatizada e informatizada, y llevar así una interacción con diferentes procesos internos y externos, de igual forma las factorías de este tipo poseen elementos tradicionales de la automatización y el control como los PLCs (Programmable Logic Controllers), CNCs (Computer Numerical Control), robots, etc; que buscan integrarse dentro de esta nueva revolución (Catalan & Serna, 2015).

La evolución de estos elementos tecnológicos de producción y las TIC como sistemas Ciberfísicos enmarcados en un concepto de revolución industrial como es la “*industria 4.0*”, son el potencial para cambiar el modo en que la industria aporta valor añadido, nuevos productos, nuevos modelos de negocios, nuevas necesidades que cuestionan el formato y las claves competitivas de la industria del futuro (Navarro & Sabalza, 2016). Castresana, (2016) afirma:

La Industria 4.0 consistirá en la implantación de una red tecnológica de producción inteligente, para que máquinas, dispositivos y sistemas colaboren entre sí. De esta manera se consigue fusionar el mundo real y virtual en las fábricas, permitiendo aumentar la optimización del control de procesos de trabajo y de las cadenas de suministro. (p.12)



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Autores como los doctores Kagermann, Wahlster y Helbig, (2013) plantean que la formación y desarrollo profesional continuo son una de las áreas claves en la industria 4.0 debido a que su impacto llevará a transformar radicalmente los perfiles de trabajo al igual que las competencias de sus trabajadores, razón por la cual exhortan a la implementación de estrategias de formación adecuadas que fomenten el aprendizaje.

Rodríguez, (2017) refiere que la revolución industrial actual transformará el mundo laboral, ya que se necesitará personal con conocimientos especializados, se disminuirán los trabajos mecánicos sin embargo aumentará tareas como las de planificación, control y supervisión. Una importante tarea será evaluar la gran cantidad de datos que se generan en el proceso de producción y ponerlos a disposición para de la toma de decisiones y la simplificación de las estructuras.

Schroeder, (2016) afirma: “La industria 4.0 no determina el final del trabajo industrial, sino su transformación. El cambio tecnológico y las necesidades cambiantes de los contenidos y procesos del trabajo, así como de calificaciones y competencias requeridas” (pag.10). Además Schroeder, (2016) habla sobre de la los impactos de esta transformacion y presume un aumento de la demanda de mano de obra calificada acompañada de una competencia profesional mas exigente con requerimientos de perfiles profesionales especificos, complejos e interconectados y una consecuencia sobre la formacion, capacitacion y planes de estudio, en donde se deberan crear las condiciones necesarias para ofrecer procesos de aprendizaje y formacion continua.





	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Estos avances tecnológicos, conducen a pensar que los futuros profesionales que llegarán a las industrias manufactureras cuyas actividades contienen elementos automatizados, deben estar preparados para afrontar situaciones en este contexto. Desde esta perspectiva, las instituciones de educación superior que tienen la responsabilidad formativa de estos profesionales deben impartir en sus procesos pedagógicos una serie de conceptos esenciales y adicionalmente propender por materializar este conocimiento en prácticas que le permitan al estudiante construir soluciones a situaciones problemáticas.

En la actualidad esto se viene desarrollando mediante la combinación de procesos teórico-prácticos, en donde la praxis está limitada en algunos casos a la simulación mediante software en un laboratorio tradicional con sesiones prácticas en un horario fijo programado periódicamente y con un tiempo limitado para la finalización de la actividad. Esto conlleva a que en ocasiones el estudiante realice la búsqueda de otros espacios de tiempos disponibles para poder terminar las tareas asignadas, y esta labor está regulada a disponibilidad y capacidad por actividades como otras clases, investigaciones o consultorías.

## **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A partir de lo expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿De qué forma se diseña un laboratorio de automatización con acceso remoto, mediado por aplicaciones de realidad aumentada que permita la visualización de un proceso industrial en un contexto de manufactura?

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	



### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un laboratorio de automatización con acceso remoto, mediado por aplicaciones de realidad aumentada que permita la visualización de un proceso industrial en un contexto de manufactura

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las tecnologías usadas para desarrollar interfaces basadas en el paradigma de la Realidad Aumentada.
- Construir un sistema basado en un entorno cliente servidor para el acceso remoto del laboratorio de automatización industrial.
- Desarrollar aplicaciones basadas en el paradigma de la realidad aumentada sobre ejercicios de controladores lógicos programables que se puedan implementar en laboratorios remotos.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



## 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto toma relevancia al permitir el aprendizaje autónomo mediante el desarrollo de prácticas libres e individuales, fomentando el aprendizaje mediado por las TIC, con el uso de la RA para la construcción de conceptos de automatización industrial y favoreciendo el uso de diferentes espacios de práctica fuera de las aulas normales y los laboratorios tradicionales, logrando así romper con barreras como la falta de altos presupuestos, la disponibilidad de laboratorios físicos y la necesidad de una supervisión por parte de los encargados del laboratorio, esto sin perder la perspectiva real.

Desde otra perspectiva, el desarrollo de este trabajo de investigación favorece el acercamiento del estudiante a la industria 4.0 y el internet de las cosas, constructos que mejoran su experiencia en el desarrollo industrial, y es un avance en la investigación de la gestión de procesos por medio de conexiones remotas, a través de medios audiovisuales y de recolección de datos.

Finalmente, en el contexto del diseño de laboratorios remotos, por encima de variables tecnológicas, comunicación y redes industriales, este trabajo se constituye en una contribución significativa que extiende la barrera del conocimiento existente en este campo de estudio.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

## 4.2. DELIMITACIÓN

El principal interés del proyecto consiste en desarrollar diferentes tipos de problemáticas industriales vistas a través de la realidad aumentada y representadas en ejercicios de automatización de procesos y programación de controladores lógicos programables.

El intervalo de tiempo de ejecución del proyecto es 18 meses; y está sujeto a la disposición presupuestal que la universidad ECCI maneje porque fue producto de la convocatoria interna de investigación 02 de 2016.

Así mismo la población a la cual está orientado este dispositivo de capacitación es estudiantes de ingeniería que tengan conocimientos en la programación de PLC's. Finalmente la ubicación del servicio remoto estará en la sede J3 salón 1003 en el laboratorio de automatización industrial.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



## 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. MARCO TEÓRICO

#### 5.1.1. INDUSTRIA 4.0.

El concepto fue presentado por Henning Kagermann en la feria de Hannover de 2011 y el cual hace referencia a una iniciativa estratégica que recoge un conjunto de recomendaciones para responder a los retos industriales que se plantean actualmente. (**Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013**).

El término Industria 4.0 surge como referencia a la que se considera que será la cuarta revolución industrial, surgida de la digitalización e interconexión extrema de la actividad productiva. De acuerdo con los impulsores de este movimiento, la primera revolución industrial surge a finales del siglo XVIII como consecuencia de la introducción en la industria manufacturera de equipamiento mecánico movido por los motores de vapor. La segunda revolución industrial se inicia a comienzos del siglo XX, apoyada en la electricidad y caracterizada por la producción en masa de bienes, basada en una acrecentada división del trabajo. La tercera revolución, que empieza a comienzos de los años 70 y llega hasta nuestros días, emplea la electrónica y las tecnologías de la información para conseguir incrementar la automatización de los procesos manufactureros. La cuarta revolución, denominada por ello Industria 4.0, y que a diferencia de las anteriores, es más un anuncio a priori que la constatación de algo ya alcanzado, consistiría en esencia en «la integración técnica de los sistemas

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



ciber-físicos en la manufactura y logística y en el uso de internet en los procesos industriales. (Navarro & Sabalza, 2016)

La industria 4.0 consiste en la implantación de una red tecnológica de producción inteligente, para que maquinas, dispositivos, y sistemas colaboren entre sí, es como fusionar mundos virtuales y reales en las industrias, para permitir el control de manera eficiente de cada proceso de trabajo y de su cadena de suministro. Esta aplicación integral de los procesos nace de la combinación entre la instrumentación digital generalizada con el software avanzado a lo largo del conjunto de las instalaciones, ello para trabajar volúmenes de datos y proporcionar información de valor añadido (Castresana, 2016).

Objetivos de la Industrial 4.0.

- Construir un puente entre el mundo físico y el mundo virtual que conecte todos los objetos personas y sistemas bajo una interacción dinámica.
- Conectividad y retroalimentación constante e instantánea posibilitando la optimización y auto organización inmediata de la cadena de valor.
- Optimización de redes y de mantenimiento preventivo para lograr eficiencias operativas bajo la coordinación de los dispositivos interconectados.
- Restauración de sistemas rápida y eficazmente tras sufrir accidentes o apagones.
- Producción de productos inteligentes que detallan como deben ser fabricados y como están destinados a ser utilizados.

Desde esta perspectiva en el orden en que la industria 4.0 consiente nuevos modelos de negocio, se abren espacios de colaboración entre empresas para la generación de estrategias

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

de reconversión de los productos tradicionales, un ejemplo es la empresa la estadounidense Tesla, dedicada a la fabricación de autos eléctricos, la cual se encuentra trabajando en colaboración con la empresa microprocesadores AMD en la creación de un chip de inteligencia artificial para el desarrollo de sistemas autónomos de conducción. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).



### 5.1.2. LABORATORIOS REMOTOS.

Con la llegada de la tecnología, cada vez estamos expuestos a más herramientas y aplicaciones que se pueden usar en diferentes campos con el objetivo de mejorar un proceso. Dentro de los procesos de capacitación y aprendizaje, se han venido llevando a cabo laboratorios remotos, como espacios en los que las personas pueden manipular libremente una serie de recursos a partir de la internet (medio) con el fin de repasar algo que ya fue explicado o mostrado, o en otros casos para experimentar.

Los laboratorios remotos son definidos como un sistemas de recursos físicos que son controlados de forma remota por un usuario, gracias a elementos como cámaras, sensores y tarjetas de adquisición de datos, teniendo como medio la internet o una intranet (Lorandi Medina, Hermida Saba, Hernández Silva, & Ladrón de Guevara Durán, 2011)

Una arquitectura general de los laboratorios remotos, se dividiría por 2 zonas:

- Zona local: Está compuesta por el computador, el usuario y el internet.
- Zona remota: Está compuesta por los sensores, el sistema de captura de imágenes, el sistema físico a controlar y el sistema operativo (Puesto, Jiménez, & Reinoso, 2010).

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Los laboratorios remotos por su composición, brindan la posibilidad de interactuar de forma independiente con los recursos disponibles, sin correr riesgo de dañar alguno de estos pero asegurando el aprendizaje autónomo de la persona que se está capacitando (Lorandi Medina, Hermida Saba, Hernandez Silva, & de Guevara Duran, 2011). Así mismo, estos laboratorios permiten la optimización de la infraestructura ya que un solo laboratorio puede ser usado por varias instituciones que requieran el servicio (Molina, Calvo, & Pamplona, 2017).



### 5.1.3. REALIDAD AUMENTADA.

Desde hace varios años nos encontramos en un proceso de cambios en los que las tecnologías de la información y la comunicación, se hacen necesarios para el desarrollo de la vida misma, esto se evidencia en la forma que disfrutamos de diferentes contenidos. En el mercado actual los profesionales buscan sintetizar imágenes para presentar sus ideas, la mira se posiciona en el realismo de sus presentaciones, pero estos ambientes gráficos van desde mundos virtuales, que nada tienen que ver con nuestros referentes reales y en los que las geometrías y las reglas que regulan a los objetos responden a conceptos abstractos (Lizbeth & José Luis, 2004). La realidad aumentada hace referencia a estas características y responde por estos conceptos.

#### **Concepto de la realidad aumentada.**

Los sentidos humanos son importantes para entender la realidad aumentada, la realidad aumentada viene a potenciar esos cinco sentidos con una nueva lente gracias a la cual la información del mundo real se complementa con la digital (*Fundación Telefonica, 2011*). Lográndose por la interacción de ordenadores de procesamiento rápido, técnicas de renderizado de gráficos, en tiempo real y sistemas de seguimiento de precisión portables





	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

(*Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche, & Olabe, 2007*), cabe aclarar que no consiste en generar un entorno virtual separado de la realidad, sino que se caracteriza por insertar objetos o gráficos virtuales en un entorno real. (*Ruiz Torres, 2013*). En conclusión, la realidad aumentada necesita de la interacción de los sentidos humanos con las tecnologías que facilite el seguimiento y la renderización de gráficos para así lograr el complemento del mundo real con el mundo digital.

### **Desarrollo de la realidad aumentada.**

La realidad aumentada consta de tres fases; reconocimiento, seguimiento y mezcla o alineación de información real y virtual, en las cuales son necesarios ciertos elementos que permiten el desarrollo de la misma, los objetos de captura de imagen como lo son las cámaras de teléfonos, tabletas, portátiles y gafas de realidad aumentada son uno de estos componentes de igual forma elementos que permiten proyectar la integración de imágenes reales y virtuales en un solo lugar como lo son las pantallas de los celulares, tabletas, computadores o display de gafas de realidad aumentada, en tercer lugar se requiere de un elemento que realice el procesamiento y permita interpretar la información del mundo real de un usuario y combinarla adecuadamente con la información virtual que se programó, por último se necesita de un elemento que de la señal de activación de la realidad aumentada, este activador puede ser imágenes bidimensional, fotos, GPS, sensores, etc. Dependiendo del tipo de tecnología de seguimiento que utilice. (Lancueva Perez, Gracia Bandres, Sanagustin Grasa, González Muñoz, & Romero San Martin, 2015)

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

## Tecnologías de seguimiento

Las técnicas de seguimiento, conocidas también por su nombre en inglés, “tracking”, tienen como objetivo ser el canal o la instrucción que activa la realidad aumentada, se presentan en la siguiente tabla y muestran los principios en los que se basan.

Tabla 1. Tecnologías de seguimiento basadas en RA.



<b>Basadas en sensores</b>	WIFI, Bluetooth, UWB, ZibBee, RFID, Infrared, Ultrasound
<b>Basadas en visión por computador</b>	Basadas en marcadores Sin marcadores Marcadores naturales
<b>Híbridas</b>	Una combinación de diferentes métodos para mejorar la precisión. Por ejemplo, mezclar visión, localización GPS y orientación.

Fuente. Lancueva Perez, Gracia Bandres, Sanagustin Grasa, González Muñoz, & Romero San

Martin, (2015)

## Tecnologías de seguimiento basadas en visión por computador

Estas tecnologías se basan en aprovechar las capacidades de captación de imágenes (foto, video) disponibles en los dispositivos actuales. Las tecnologías de localización basada en visión por computador se dividen en dos grandes grupos: identificación/localización basada en marcadores e identificación/localización basada en reconocimiento de características naturales (carteles, rótulos, mobiliario, imágenes, fotos, etc.).

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

### **Técnicas basadas en marcadores**



Fueron las primeras en desarrollarse existiendo varios tipos de marcadores, códigos de barras, QR (Quick Response Barcode) o Bidi. Los marcadores se caracterizan por ser fáciles de reconocer en base al alto contraste de los elementos que los componen. Una de las características más destacables que presentan es que su reconocimiento permite calcular la distancia y el ángulo a los mismos del dispositivo desde el que se está capturando la imagen. Esta técnica se fundamenta en la utilización de una cámara para percibir el marcador desde un punto visual específico y un software (en el móvil, tableta, ordenador) que hace que aparezca una información sobreimpresa (imagen 3D, información adicional del producto, etc.).

Esta técnica de seguimiento basada en marcadores es muy útil dado que los marcadores son muy fáciles de reconocer por cualquier dispositivo con cámara y no requieren una gran capacidad de proceso. Por lo tanto, en escenarios que cumplan estos requisitos pueden ser una técnica muy útil.

Sin embargo, en la actualidad el mayor campo de trabajo en temas de realidad aumentada se centra en el reconocimiento sin marcadores. Este reconocimiento se basa en técnicas de reconocimiento de imágenes y que conllevan una gran capacidad de procesamiento por parte del dispositivo.

A continuación, se definen brevemente dos de las técnicas más importantes.

### **Basadas en modelos**

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



Esta técnica se basa en el conocimiento a priori de la presencia de objetos 3D y su apariencia dentro de la escena. A pesar de que los entornos no tienen que estar preparados sí que conviene distinguir que hay que definir algunas restricciones y/o modelos geométricos que se esperan encontrar. Una vez traqueado el objeto, es posible detectar, mediante visión, aristas y puntos de interés para poder establecer la posición de la cámara relativa al objeto.

### **Reconocimiento de imágenes basadas en sus características naturales**

Esta técnica también conocida por su denominación en inglés, Natural Feature tracking, se basa en detectar características naturales de la escena, es decir, buscar estructuras físicas que son altamente detectables desde el punto de vista de los métodos de visión por computador. Este reconocimiento de imágenes basadas en sus características naturales se realiza mediante el uso de algoritmos matemáticos y permite que en función de estas características se pueda reconocer la misma imagen desde distintas distancias, orientaciones, y niveles de iluminación. La ventaja de esta técnica es que proporciona una mayor robustez ante oclusiones y variaciones de iluminación.

### **Tecnologías de seguimiento híbridas**

Esta técnica está orientada a la información suministrada a través de un dispositivo que arroja datos posicionales y de movimiento o rotación proporcionados por GPS, el objetivo es encontrar objetos de realidad aumentada referenciados en ciertos puntos

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

y localizados a través de GPS. (Lancueva Perez, Gracia Bandres, Sanagustin Grasa, González Muñoz, & Romero San Martin, 2015, págs. 7-9)



## 5.2. ESTADO DEL ARTE

Los laboratorios remotos presentados en la actualidad establecen técnicas tecnológicas y científicas para sus desarrollos, que tienden a facilitar los procesos educativos como lo relaciona el autor Dormido, (2004) afirma, “existe un gran número de estudios de psicología cognitiva que demuestran que las personas adquieren mejor el conocimiento haciendo cosas y reflexionando sobre las consecuencias de sus acciones que mirando o escuchando a alguien que les cuenta lo que deben aprender”. Algo reflejado en las prácticas de laboratorio que ofrecen tanto los laboratorios reales como los remotos.

Los laboratorios remotos se vienen trabajando desde hace más de 20 años, inicialmente en el campo espacial con dispositivos como telescopios espaciales. Con la llegada de la Internet y la banda ancha, la expansión de los laboratorios remotos ha aumentado (Fagua & Rojas, 2013).

Como ejemplo el laboratorio remoto de automática, su desarrollo de desenlazo en la universidad de león de España, con el fin de ser utilizado para prácticas. Su idea principal nace en el seminario denominado Nuevas estrategias docentes para la formación de carácter tecnológico basadas en el uso de las Tics. Su desarrollo principal se dio para cinco modalidades prácticas de control remoto a través de internet.

Abarcan maqueta didácticas de control de procesos; el manejo remoto de un robot industrial; el control de una planta piloto de procesos; la supervisión y

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



parametrización de motores; y el uso de una Red Ethernet y Profibus con autómatas programables, que permiten varias aplicaciones. (Dicyt, 2006)

Lorandi Medina, Hermida Saba, Hernandez Silva, & de Guevara Duran (2011) habla sobre Laboratorio Remoto de Automática industrial: Cuenta con acceso a equipos industriales, como una planta piloto para la realización de experiencias de control de operación y supervisión remota, maquetas de procesos de control sobre variables de nivel, caudal, temperatura y otros equipos de automatización. (p.28)

Diseño de un laboratorio remoto de robots y procesos de manufactura industriales: Se desarrolló en la ciudad de México y está basada en la industria manufacturera. El laboratorio se desarrolló con un software libre y su objetivo está basado en la educación a distancia siendo este de gran utilidad por la ventaja de la conexión desde cualquier punto donde haya internet. (Castillo Ortega, Salazar, & Acosta, 2013).

LABNET Laboratorio Remoto para control de procesos: Se tiene en este laboratorio 9 maquetas divididas en 3 grupos (para el control de nivel, para el control de temperatura y un sistema de estabilización de barcos) (Martínez, Fraile, & Ortiz, 2005)



Laboratorio Remoto de Automatización y Control Industrial: su desarrollo se llevó a cabo en la universidad de la laguna de España y tiene como objetivo principal la “implementación de una herramienta que permita la simulación dinámica tridimensional de la Estación de Almacén y Distribución de la Planta Industrial Festo”. (Ramos, 2014) Se toma como iniciativa dado que realizar algún tipo de simulación en la empresa Festo tiene una demanda elevada. La herramienta principal de simulación está basada en CAD y sus pruebas la

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

realizaran en CIROS, y dado que es un proyecto en desarrollo, el posible software para el control del laboratorio es Matlab dado que la universidad cuenta con licencia del mismo.

Vale la pena resaltar las redes de laboratorios remotos que se han desarrollado y en donde participan diferentes institutos educativos que cuentan con este tipo de recursos, con el fin de ofrecer varias opciones para la enseñanza de los usuarios. Dentro de estos se encuentra UNILabs, que como ellos mismos se describen, son “una red 2.0 formada por muchas universidades que comparten sus recursos de laboratorio con propósito educativo” (Uned, 2017). Esta plataforma virtual ofrece 24 laboratorios de física, electrónica, control automático, entre otros; de instituciones educativas como Pontificia universidad católica de Valparaíso (Brasil) y la Universidad de Almería (España). Otra red de laboratorios es AutomatL@bs (Fagua & Rojas, 2013) que funciona bajo un esquema similar a UNILABS. A nivel nacional, se han realizado y adelanto proyectos con enfoque en laboratorios remotos de estos mismos se cuentan artículos y documentos realizados:

Web-LABAI: este laboratorio desarrollado en la universidad Antonio José de Sucre, permite la interacción de los estudiantes desde cualquier servidor de internet. El enfoque de este laboratorio es la automatización y su funcionamiento está dado por un Controlador Lógico Programable que es el que controla y una cámara IP que es la que permite el control y monitorización remota de una maqueta que simula un proceso de fabricación de alimentos. El fin del laboratorio es implementar una red Modbus/TCP/IP para el desarrollo de una práctica remota mediante un Controlador Lógico Programable o PLC.” (Cruz F, Granados Diaz, Zerpa, & Gimenez, 2010).



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Otro laboratorio, es el creado en la corporación universitaria de la costa en la ciudad de Barraquilla. Este laboratorio está basado en el instrumento metodológico RUP (Rational Unified Process), el cual es un proceso cuyo propósito es mantener todo documentado dentro de una área en específica y consta de cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición; dentro de las cuales, debe por lo menos existir una iteración formada de cuatro etapas: Análisis de Requerimientos, diseño, implementación, y pruebas. (Musa, 2010), lo que género como ventaja ampliar oportunidades y momentos en los experimentos.

Prototipo de laboratorio remoto para prácticas de automatización de procesos y comunicaciones industriales: el proyecto se desarrolla en la universidad nacional de (Medellín) en la sede de minas y para 2012 se presentaba la fase inicial del prototipo de infraestructura virtual para la enseñanza y el desarrollo de laboratorios en el área de automatización las prácticas. Este laboratorio tendrá acceso remoto por medio de una IP y una extensión para el acceso, VMware para el control y NetLab para su visualización” (Castrillón-Ospina, Hincapié, & Zapata-Madrigal, 2012)



La Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA que como en su misión lo muestran, “conecta, articula e integra a los actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SNCTI) entre sí y con el mundo, a través del suministro de servicios, herramientas e infraestructura tecnológica para contribuir al mejoramiento del nivel de productividad, efectividad y competitividad de la producción científica y académica del país” (Renata Colombia, 2017). RENATA tiene como fin el desarrollo de la sociedad



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

del conocimiento y de la información en Colombia, a través del apoyo con la ejecución de proyectos de educación, innovación e investigación científica.

Bajo esta red se han sumado laboratorios como por ejemplo, un laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica presentada por la universidad del Valle y la universidad del Quindío que es donde se encuentran los laboratorios físicos. Este laboratorio dan apoyo a los cursos de robótica móvil y manipuladores a partir de la plataforma móvil Pioneer 3DX para la programación, supervisión y visualización (real y mímico en 2D) y Mitsubishi RV-2AJ para la programación, supervisión y visualización del brazo robótico industrial (Caicedo Bravo, Bacca, Calvache, Cardona, & Buitrago, 2009).

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

## 6. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo no experimental, significa que las variables independientes no son manipuladas de manera intencional por el investigador quien busca observar la situación existente. Su enfoque es la investigación aplicada ya que se hace uso de los conocimientos adquiridos en el entorno académico y puestos en aplicación directa sobre entornos que buscan un enfoque de procesos industriales en la manufactura. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

### 6.1. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del proyecto se planteó una metodología dividida en tres fases:



#### 6.1.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Para la fase identificación de tecnologías se realizó la búsqueda de artículos, desarrollo de proyectos, estados del arte, investigaciones y demás que se relacionen con la construcción de laboratorios remotos y realidad aumentada para realizar una caracterización básica del contenido del proyecto y conceptualizar el desarrollo del mismo, priorizando la búsqueda de una tecnología flexible y fácil de entender para la creación de la RA

#### 6.1.2. FASE II: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DEL LABORATORIO REMOTO

El planteamiento de la arquitectura general del sistema toma como base el análisis de la información conceptual de la investigación y plantea una arquitectura adecuada que apoye los pilares:

- Accesibilidad remota.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

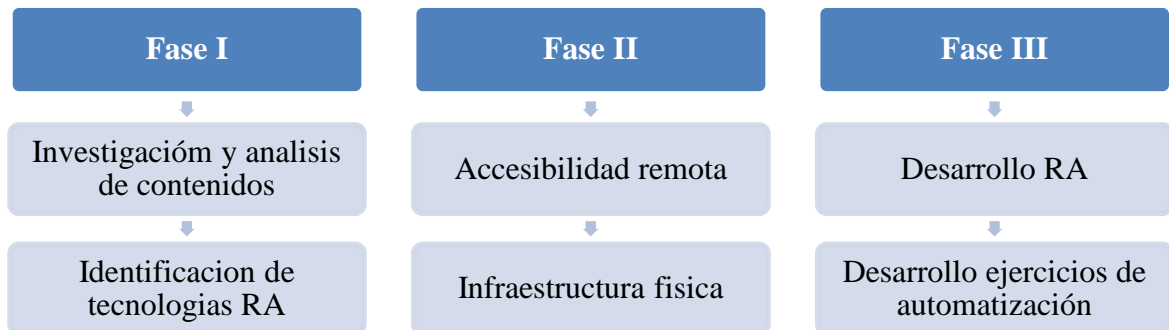
- Infraestructura física.

### 6.1.3. FASE III: DESARROLLO DE APLICACIONES DE RA Y EJERCICIOS DE LABORATORIO



Partiendo de la arquitectura general, se realizara una valoración al detalle de las herramientas adecuadas dentro de pilares del sistema. Con el objetivo de tomar de decisiones asertivas en la construcción del laboratorio así como su diseño, desarrollo, documentación y pruebas dentro de sus pilares.

A continuación se presenta en la siguiente ilustración los contenidos de las fases.

Ilustración 1. Fases de diseño metodológico.



Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

## 7. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN



### 7.1. FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias para esta investigación, se apoyaron en consultoría y asistencia por expertos en los campos evaluados.

### 7.2. FUENTES SECUNDARIAS



En este trabajo se tomaron como fuentes secundarias autores como los doctores Kagermann, Wahlster, & Helbig (2013) que logran presentar en la feria de Hannover del 2013 (Alemania) uno de los primeros documentos que retratan una visión global de las estrategias de implementación en las que se recomienda encaminar la industria manufacturera alemana con el objeto de aprovechar el potencial de esta nueva industrialización, y a su vez complementando la contextualización de este paradigma con el trabajo de grado Industria 4.0 de Castresana (2016) donde logra transmitir el contexto histórico, los objetivos, las tecnologías y los desafíos que enfrenta esta cuarta revolución en la industria.

Posteriormente autores como Zamora (2012) y el trabajo de Lorandi, Hermida, Hernández & Ladrón de Guevara Durán (2011) frente a los laboratorios remotos muestran los conceptos, características, arquitecturas, tipos de aplicaciones, formación de la estructura tecnológica, ventajas y algunas restricciones en las que ambos autores concuerdan, como lo es el ingreso monousuario. Todo esto enmarcado en la generación de un impacto en las instituciones para procesos educativos. Lorandi, Hermida, Hernández & Ladrón de Guevara Durán (2011) También nos presenta algunos ejemplos de laboratorios remotos alrededor del mundo en

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

diferentes instituciones como lo son la Universidad de Patras en Grecia o la Universidad de León en España.

Subsiguientemente tomamos el trabajo de autores como lo son (Perez, Bandrés, Grasa, Muñoz, & Romero (2015), Sevilla (2017) y Villalustre & Del Moral (2017) que no solo nos dieron una mirada al contexto histórico, las definiciones, los tipos de arquitecturas y técnicas que se pueden desarrollar en la realidad aumentada. También mostraron tipos de herramientas tecnológicas para la creación de la misma y como esta nueva forma de percepción se encuentra en auge en el mundo, con el objetivo de complementar la información que recibimos en diferentes tipos de mercados como lo son la educación, la medicina, el turismo, la publicidad y el entretenimiento. Complementándonos Sagasti (2017) en su conferencia Realidad Aumentada nos muestra los tipos de dispositivos con acceso a la realidad aumentada y las últimas noticias de los avances de la realidad aumentada.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

## 8. PRESUPUESTO

A continuación se listan los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto:

### 8.1. PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO

Tabla 2. Presupuesto Global.

RUBRO	FUENTE		TOTAL
	CONTRAPARTIDA	INSTITUCIÓN	
Personal	\$ 33.149.376	\$ 4.640.544	\$ 37.789.920
Equipo	\$ 1.380.000	\$ 25.228.491	\$ 26.608.491
Gastos generales	\$ 807.000	-	\$807.000
Software	\$ 3.117.466	-	\$3.117.466
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 38.453.842</b>	<b>\$ 29.869.035</b>	<b>\$68.322.877</b>

Fuente. Autores

#### 8.1.1. PRESUPUESTO PARA GASTO DE PERSONAL



Tabla 3. Presupuesto para gasto de personal.

RUBRO	FUNCIONES	DEDICACIÓN H/S	RECURSOS		TOTAL
			CONTRAPARTIDA	INSTITUCIÓN	
Investigador principal	A. Liderar	108		\$	\$ 4.640.544
	B. Organizar				
	C. Asesor-director				
Coinvestigador 1	A. Diseño y aplicación de instrumentos.	432	\$ 17.212.176		\$ 17.212.176
	B. Procesamiento y análisis de resultados.				
	C. Elaboración de informes.				
Coinvestigador 2	A. Diseño y aplicación de instrumentos.	400	\$ 15.937.200		\$ 15.937.200
	B. Procesamiento y análisis de resultados.				
	C. Elaboración de informes.				
Total		940	\$ 33.149.376	\$ 4.640.544	\$ 37.789.920

Fuente. Autores

#### 8.1.2. PRESUPUESTO PARA GASTOS DE EQUIPOS

Tabla 4. Presupuesto para gastos de equipos.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

RUBRO	RECURSOS		TOTAL
	CONTRAPARTIDA	INSTITUCIÓN	
Colección de equipo de electroneumática (6 PLC S71200 con licencia + 3 Cilindros doble efecto + 3 Electroválvulas + 6 paquetes de cable 6 mts)		\$ 10.388.500	\$ 10.388.500
Cámara IP		\$ 2.650.000	\$ 2.650.000
Panel en perfil estructural		\$ 4.189.991	\$ 4.189.991
Equipo de cómputo 4GB	\$ 1.200.000		\$ 1.200.000
Servidor		\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
Sensores electromagnéticos x6	\$ 180.000		\$ 180.000
<b>TOTAL</b>	\$ 1.380.000	\$ 25.228.491	\$ 26.608.491

Fuente. Autores

### 8.1.3. PRESUPUESTO PARA GASTOS DE SOFTWARE

Tabla 5. Presupuesto para gastos de software.

RUBRO	RECURSOS		TOTAL
	CONTRAPARTIDA	INSTITUCIÓN	
1 Lic Office (Incluye Word 2013, Excel 2010, PowerPoint 2013, Outlook 2013.)	\$ 170.000		\$ 170.000
Licencia 3DMax por 1 año	\$ 2.947.466		\$ 2.947.466
<b>TOTAL</b>	\$ 3.117.466	\$ -	\$ 3.117.466



Fuente. Autores

### 8.1.4. PRESUPUESTO PARA GASTOS GENERALES

Tabla 6. Presupuesto para gastos generales.

RUBRO	RECURSOS		TOTAL
	CONTRAPARTIDA	INSTITUCIÓN	
Transporte	\$ 112.000		\$ 112.000
Fotocopias	\$ 20.000		\$ 20.000
Internet	\$ 225.000		\$ 225.000
Soporte metálico PLC aislante y cableado	\$ 400.000		\$ 400.000
Soportes y cables	\$ 50.000		\$ 50.000
<b>TOTAL</b>	\$ 807.000	\$ -	\$ 807.000

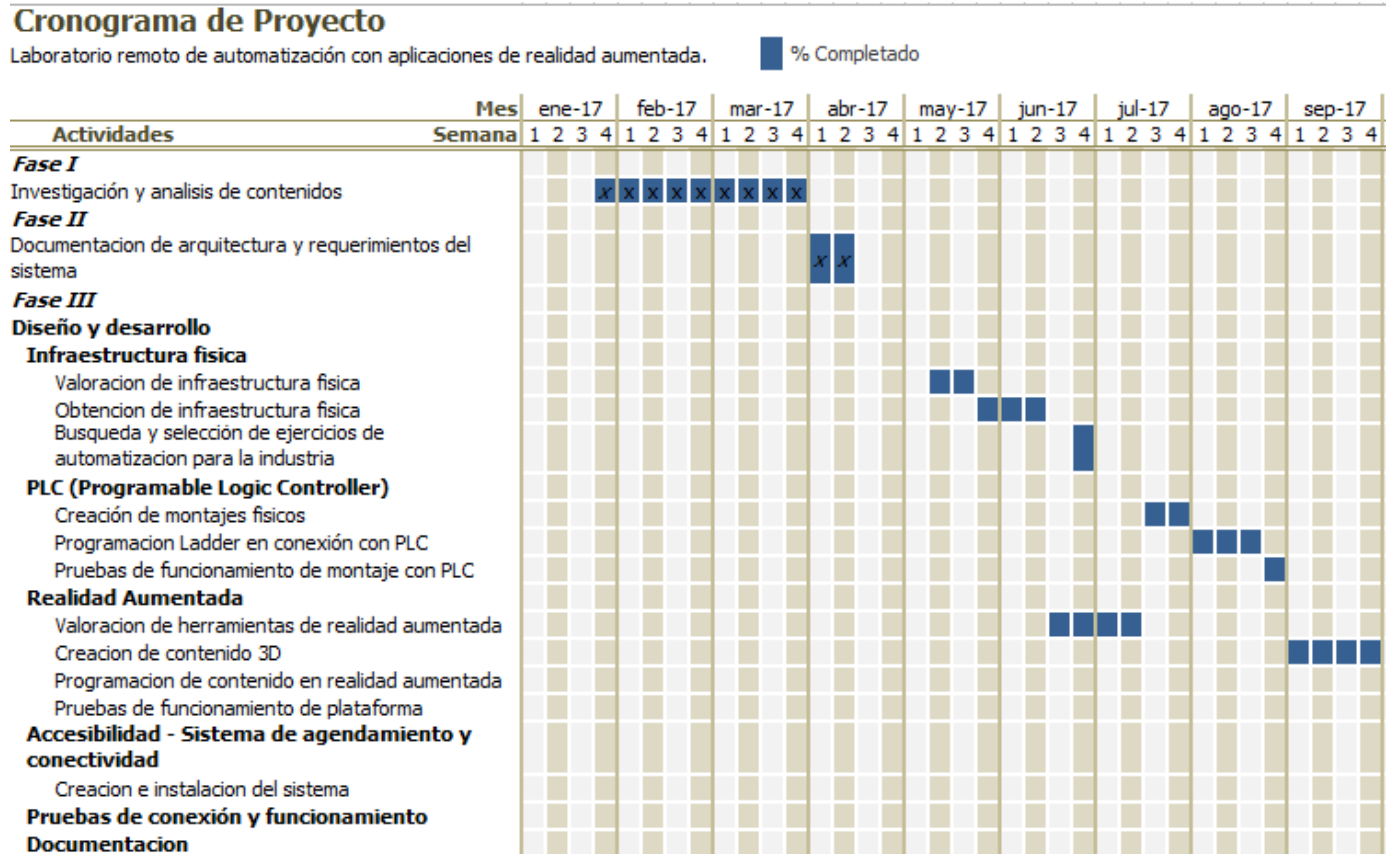
Fuente. Autores

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR 
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

## 9. CRONOGRAMA

A continuación se presenta en las ilustraciones 2 y 3 el cronograma de actividades del proyecto.

Ilustración 2. Cronograma de trabajo parte 1.



Fuente. Autores





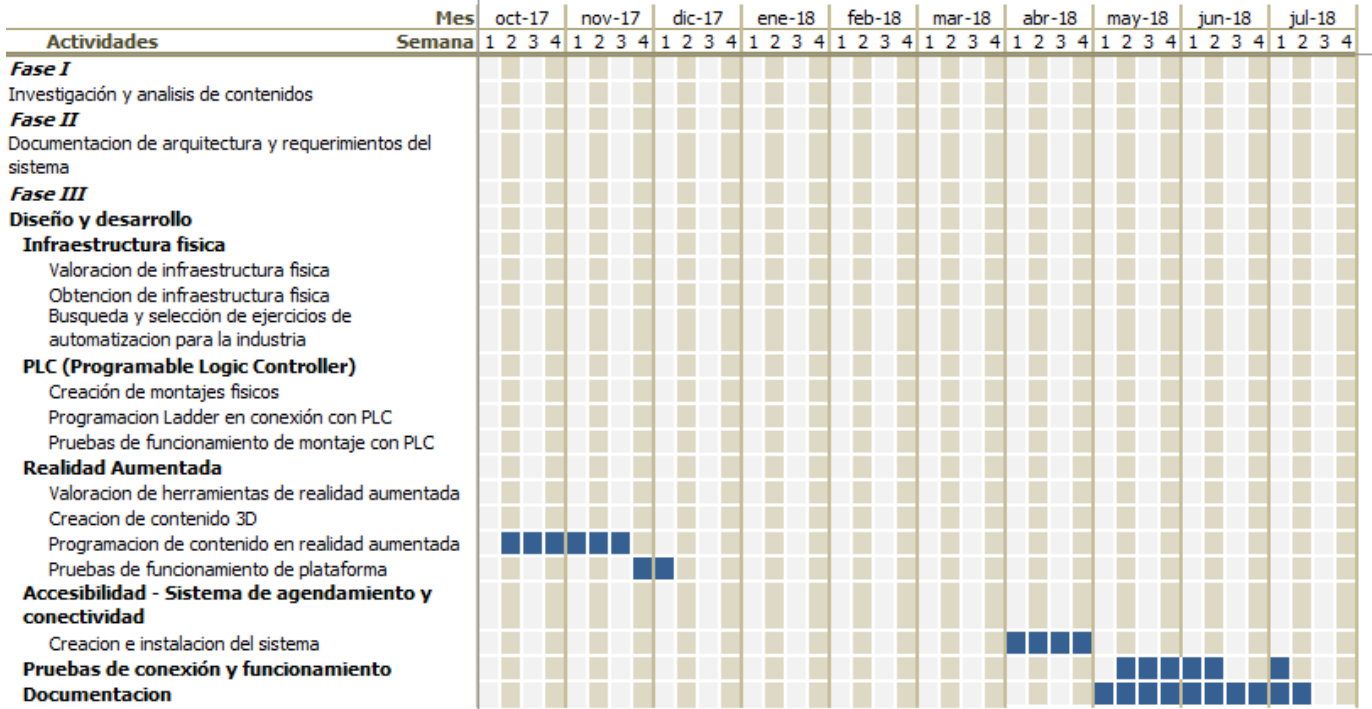
	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	




Ilustración 3. Cronograma de trabajo parte 2.

### Cronograma de Proyecto

Laboratorio remoto de automatización con aplicaciones de



Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR:  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

## 10. RESULTADOS

### 10.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Por medio del trabajo desarrollado en el semillero IRAPI (Investigación en realidad aumentada aplicada a procesos industriales) se realizó la conceptualización teórica de laboratorios remotos y realidad aumentada, cuyo insumo permitió construir el estado del arte, y condujo a evaluar las diferentes herramientas para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada que se encontraron al alcance. En consecuencia, es necesario verificar cuales herramientas cumplen con los requisitos que debe tener el laboratorio remoto en lo relacionado con la realidad aumentada; desde esta perspectiva, se procedió a evaluar las herramientas utilizando la herramienta para la toma de decisiones multi-criterio AHP.<sup>1</sup>

#### 10.1.1. REALIDAD AUMENTADA




##### **Evaluación de herramientas**

Se evaluarán cuatro herramientas de realidad aumentada sugeridas por el tutor de investigación, a través del método de análisis jerárquico (AHP) para la toma de decisiones. Las plataformas a valorar son Openspace3D, Unity, Aumentaty y Layar.

Los criterios de valoración son:

---

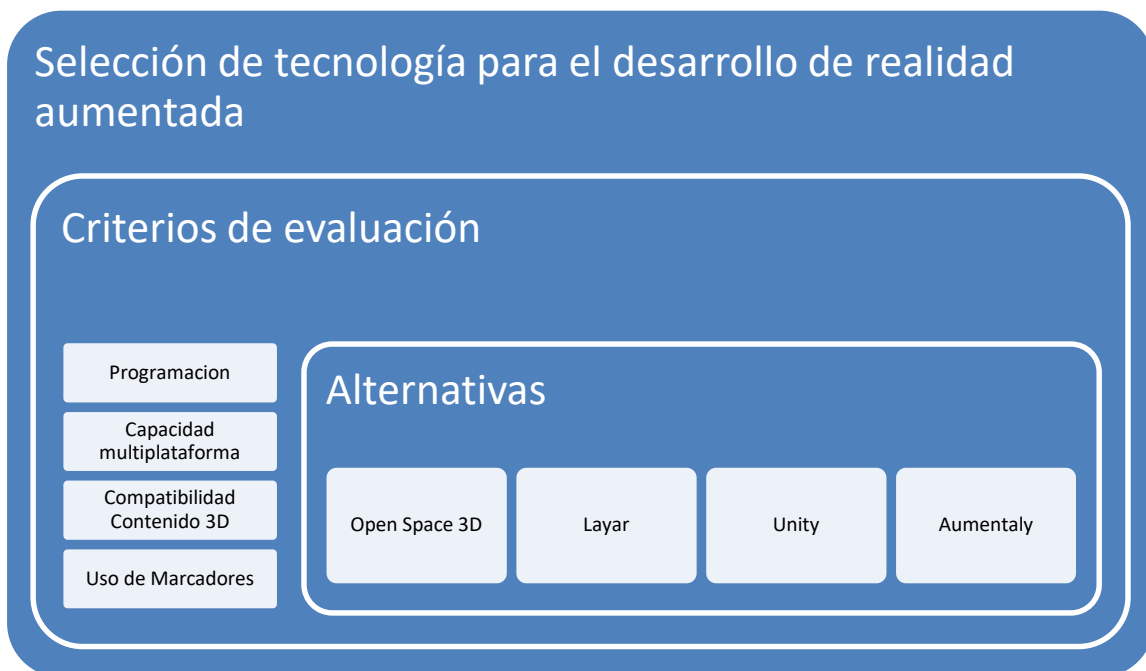
<sup>1</sup> El Modelo AHP es un técnica usada para la toma de decisiones, se basa en realizar una distribución de las decisiones a tomar en función de una prioridad o jerarquía que ayuda a visualizar cuál o cuáles son las decisiones que mayor impacto crean para el objetivo buscado, sea un problema y ajustándose a las necesidades del momento. Tomado de pdcahome.com

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR:  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

- Programación: Manejo de programación sencilla.
- Capacidad multiplataforma: Compatible en diferentes sistemas operativos.
- Compatibilidad contenido 3D: Permite la carga de contenido de animación 3D
- Uso de marcadores: Gama de marcadores precisos y variados

La siguiente ilustración muestra el proceso de análisis jerárquico según los criterios de evaluación y las alternativas elegidas en el proyecto.

Ilustración 4. Proceso de Análisis Jerárquico.



Fuente. Autores

La calificación de los criterios y alternativas se hace en base a la escala de Saaty, en donde los valores 1, 3, 5 y 9 tienen una explicación de su valoración definida en la ilustración 5.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Ilustración 5. Escala de Saaty

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

Fuente (El proceso de análisis jerárquico (ahp) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación)

Los valores 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores siendo estos, valores intermedios de preferencia.

El método responde a unos principios que permiten descomponer la meta inicial de escoger la mejor aplicación de RA en sub problemas jerárquicos, y asignar prioridades globales a través de la multiplicación de prioridades locales, además de realizar combinaciones en pareja de todos los elementos de cada grupo con respecto a cada criterio.

A continuación se presenta el proceso de calificación de los criterios con el objetivo de organizarlos según su porcentaje de relevancia.

Como se presenta en la tabla 7 se muestra una diagonal de “1” debido a que la comparación de un criterio consigo mismo siempre mantendrá una escala “igualmente preferida”



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Tabla 7. Paso 1 Ejemplo de aplicación, tabla vacía

	Programación	Capacidad multiplataforma	Compatibilidad contenido 3D	Uso de marcadores
Programación	1			
Capacidad multiplataforma		1		
Compatibilidad contenido 3D			1	
Uso de marcadores				1



Fuente. Autores.

Posteriormente se procede a calificar los criterios. Se toma como ejemplo la comparación de (Programación vs Capacidad multiplataforma) donde el criterio de programación es moderadamente preferido que la capacidad multiplataforma por lo cual tiene una calificación de 3 y partiendo de que la calificación de los criterios corresponde a un axioma de reciprocidad del método, es decir "Si frente a un criterio, una alternativa A es n veces mejor que B, entonces B es 1/n veces mejor que A" (Osorio Gómez & Orjuela Cabre, 2008, pág. 247)

La valoración de la comparación de los criterios (Capacidad multiplataforma vs Programación) corresponderá a una calificación de  $1/3 = 0,333$ . Este proceso se realiza con la comparación de cada uno de los criterios y a finalizar se suman los resultados de cada una de las columnas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Paso 2 Calificación de criterios y totales

	Programación	Capacidad multiplataforma	Compatibilidad contenido 3D	Uso de marcadores
Programación	1	3	2	1
Capacidad multiplataforma	0,3	1	0,3	0,3
Compatibilidad contenido 3D	0,5	3	1	3
Uso de marcadores	1	3	0,3	1
Suma	2,8	10	3,6	5,3

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Fuente: Autores

Una vez calificado los criterios, se realiza el proceso de normalización el cual consiste en dividir cada calificación asignada, en el total de la suma en la columna donde corresponda, el primer dato a normalizar es programación vs programación, que es igual a 1, este valor se dividirá por la suma de su columna 2.8 resultando 0.357, el siguiente dato a normalizar es el asignado a la comparación Capacidad multiplataforma vs Programación igual a 0.3, dividido en 2.8 resultando 0.12 y así sucesivamente con cada una de las calificaciones.



La columna del vector promedio se calcula promediando los valores obtenidos en la normalización de manera horizontal, en el primer caso el promedio de 0.35, 0.3, 0.56 y 0.19 es 0.35, luego se convierte en porcentaje multiplicándolo por 100 y resultando 35% como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Paso 3 Normalización de las calificaciones

	Programación	Capacidad multiplataforma	Compatibilidad contenido 3D	Uso de marcadores	Normalización				Vector Promedio
					0,35	0,30	0,56	0,19	
Programación	1	3	2	1	0,35	0,30	0,56	0,19	35%
Capacidad multiplataforma	0,3	1	0,3	0,3	0,12	0,10	0,08	0,06	9%
Compatibilidad contenido 3D	0,5	3	1	3	0,18	0,30	0,28	0,57	33%
Uso de marcadores	1	3	0,3	1	0,35	0,30	0,08	0,19	23%
Suma	2,8	10	3,6	5,3					

Fuente: Autores

Como resultado se evidencia lo importante de que la aplicación tenga un grado de facilidad en la programación y permita manipularla sin extensos conocimientos en este campo de la ingeniería, segundo es importante que esta aplicación reaccione correctamente con la combinación de

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

contenido 3D para poder proyectar la animación de los diferentes ejercicios, al igual que la calidad y respuesta de los marcadores con los que se van a trabajar.

En las siguientes tablas se muestra un proceso similar al anterior sin embargo la clasificación es de la comparación de las alternativas (Software de RA) frente a los criterios establecidos. Es decir cómo actúan las alternativas frente al criterio.

Tabla 10. Calificación Programación.

PROGRAMACIÓN	Openspace 3D	Unity	Aumentaty	Layar	Normalización				Vector Promedio
Openspace3D	1	3	2	1	0,36	0,30	0,38	0,36	35%
Unity	0,3	1	0,3	0,3	0,11	0,10	0,06	0,11	9%
Aumentaty	0,5	3	1	0,5	0,18	0,30	0,19	0,18	21%
Layar	1	3	2	1	0,36	0,30	0,38	0,36	35%
Suma	2,8	10	5,3	2,8					

Fuente. Autores.

Tabla 11. Calificación Capacidad Multiplataforma.

CAPACIDAD MULTIPLATAFORMA	Openspace3D	Unity	Aumentaty	Layar	Normalización				Vector Promedio
Openspace3D	1	0,3	2	3	0,21	0,16	0,31	0,33	25%
Unity	3	1	3	3	0,63	0,53	0,46	0,33	49%
Aumentaty	0,5	0,3	1	2	0,10	0,16	0,15	0,22	16%
Layar	0,3	0,3	0,5	1	0,06	0,16	0,08	0,11	10%
Suma	4,8	2	6,5	9					

Fuente. Autores.

Tabla 12. Calificación Compatibilidad contenido 3D.

COMPATIBILIDAD CONTENIDO 3D	Openspace3D	Unity	Aumentaty	Layar	Normalización				Vector Promedio
Openspace3D	1	1	2	3	0,36	0,36	0,36	0,33	35%
Unity	1	1	2	3	0,36	0,36	0,36	0,33	35%
Aumentaty	0,5	0,5	1	2	0,18	0,18	0,18	0,22	19%
Layar	0,3	0,3	0,5	1	0,11	0,11	0,09	0,11	10%
Suma	2,8	3	5,5	9					

Fuente. Autores



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Tabla 13. Calificación Uso de marcadores.

USO DE MARCADORES	Openspace3D	Unity	Aumentaty	Layar	Normalización				Vector Promedio
Openspace3D	1	2	3	3	0,48	0,50	0,43	0,43	46%
Unity	0,5	1	2	2	0,24	0,25	0,29	0,29	26%
Aumentaty	0,3	0,5	1	1	0,14	0,13	0,14	0,14	14%
Layar	0,3	0,5	1	1	0,14	0,13	0,14	0,14	14%
Suma	2,1	4	7	7					

Fuente. Autores

En la siguiente tabla 14 se reúnen los resultados, en cada columna se relacionan los vectores promedio obtenidos en los análisis anteriores, y en la fila de ponderación se relaciona el vector promedio obtenido de la comparación entre los criterios.

Para el cálculo del total, se multiplicara cada dato de la fila, por su ponderación y se sumaran, como ejemplo se calculara el total para el software Openspace3D, tomando los datos obtenidos y multiplicándolos por su ponderación (Programación 0.3 x Ponderación 0.3, Capacidad multiplataforma 0.3 x Ponderación 0.1, Compatibilidad contenido 3D 0.4 x Ponderación 0.3, Uso de marcadores 0.5 x ponderación 0.2), luego con la suma de estos valores obtenemos el porcentaje equivalente al 37%; este procedimiento se aplica a cada una de las alternativas .



Tabla 14. Resultados.

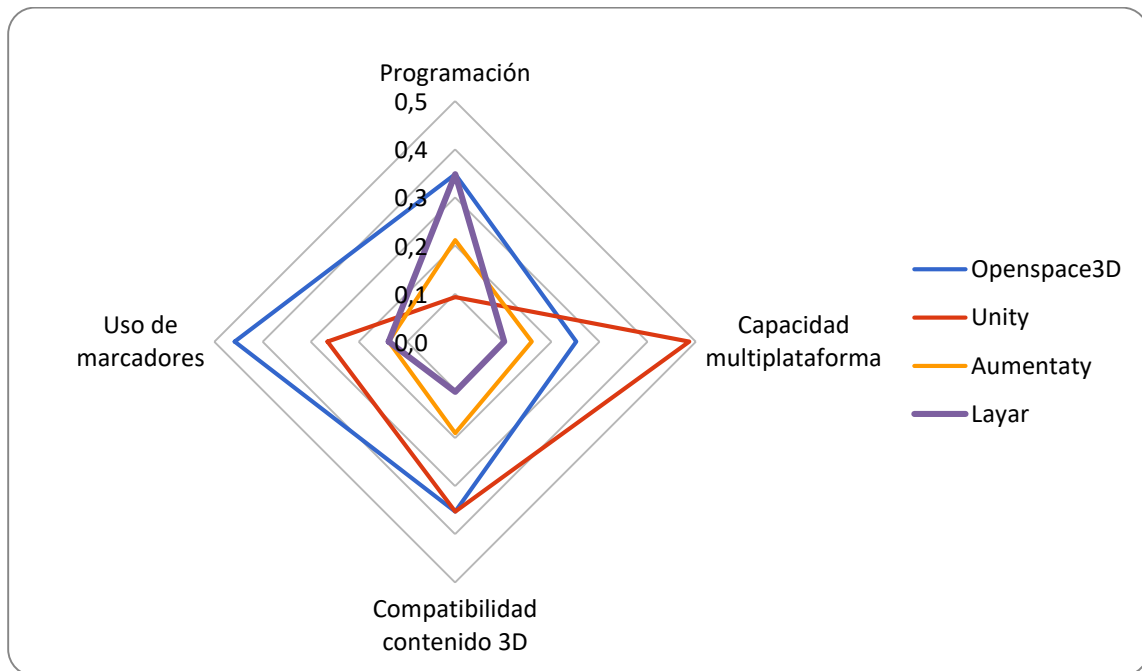
RESULTADO	Programación	Capacidad multiplataforma	Compatibilidad contenido 3D	Uso de marcadores	Total
Openspace3D	0,3	0,3	0,4	0,5	37%
Unity	0,1	0,5	0,4	0,3	25%
Aumentaty	0,2	0,2	0,2	0,1	18%
Layar	0,3	0,1	0,1	0,1	20%
Ponderación	0,3	0,1	0,3	0,2	

Fuente. Autores.

Ilustración 6. Grafico radial, Comparación plataformas realidad aumentada.

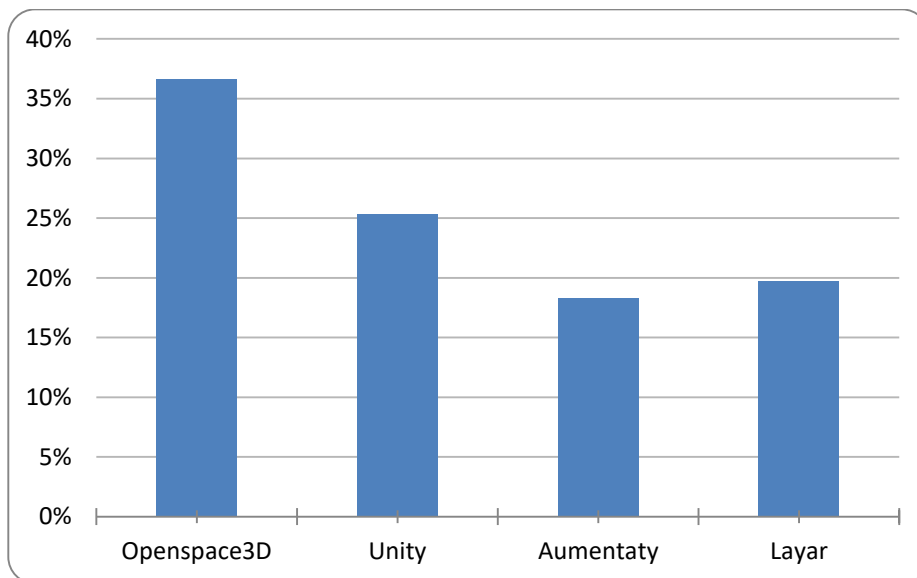


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	






Fuente. Autores.

Ilustración 7. Gráfico de barras, Calificación por plataforma de RA.



Fuente. Autores.

Los resultados obtenidos en el AHP concluyen en el uso de la plataforma Openspace3D como la herramienta de desarrollo de realidad aumentada para el proyecto debido a su puntuación del 35%.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR:  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

## Pruebas de concepto

Posteriormente se realizaron pruebas completas en el software Openspace3D utilizando modelos 3D de la biblioteca de modelador 3DMax con el objetivo de valorar experimentalmente cada uno de los criterios expuestos, como resultado la plataforma cumplió de manera satisfactoria en las pruebas los criterios expuestos en la valoración AHP. Con una programación visual sencilla de realizar, aceptación de contenidos 3d, con marcadores rápidos, exactos y de buen alcance, y con disponibilidad para sistemas operativos como Windows, Mac, Linux, Raspberry Pi, Android y iOS. A continuación se muestra el funcionamiento de ejercicios de realidad aumentada con uno y dos marcadores bidimensionales, usando la librería de Openspace3d de un hipopótamo y una zebra.

Ilustración 8. Pruebas de RA en software Openspace3D.



Fuente. Autores



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR: 
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Ilustración 9. Pruebas de RA en software Openspace3D.

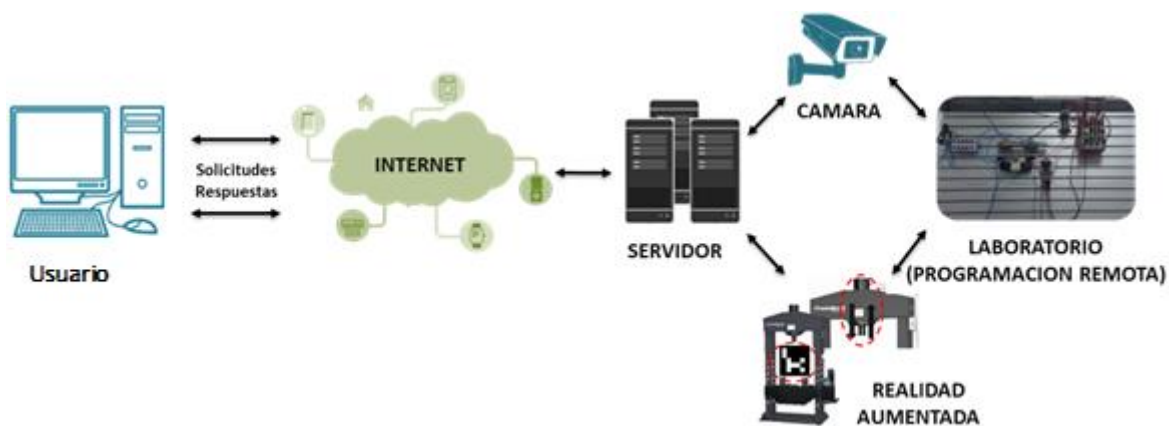


Fuente. Autores.



## 10.2. FASE II: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DEL LABORATORIO

La construcción del sistema se conforma de 2 partes, la infraestructura tecnológica y la infraestructura física, que se resumen en la siguiente imagen.

Ilustración 10. Arquitectura del sistema.

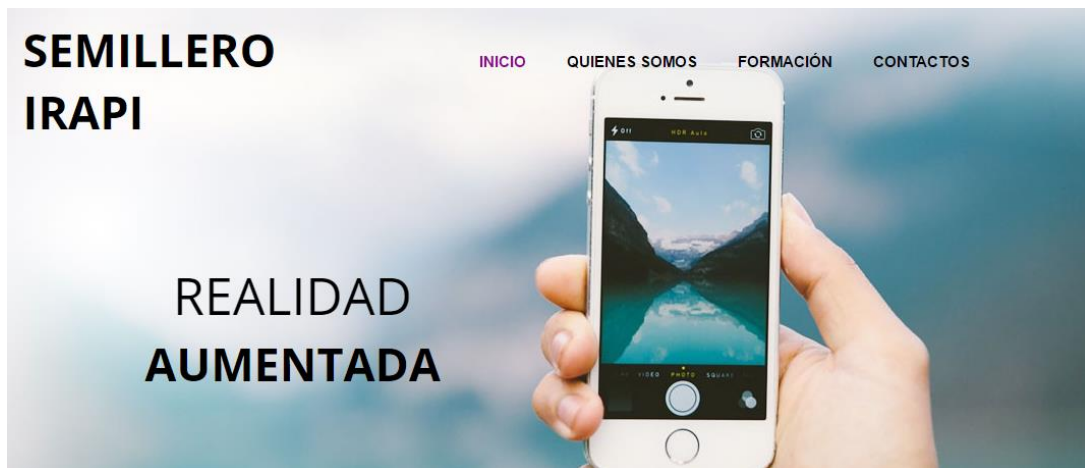


Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



Los estudiantes acceden a la página web del semillero IRAPI por medio de internet como se muestra en las ilustraciones 11 y 12, en la pestaña de formación se encuentra el link que comunica el computador del usuario a la red de la Universidad por medio de una IP fija, esta IP fija conecta con el computador del laboratorio que funciona como servidor y que contiene el sistema de agendamiento, los usuarios programan el tiempo de uso del laboratorio en el sistema de agendamiento y cuando este coteja el usuario con la hora programada, permitirá el ingreso a la sesión de estudiantes en el mismo equipo, desde esta sesión se activa la cámara web, el software con los ejercicios de realidad aumentada Openspace3D y el software de programación del PLC, TIAPortal.

Ilustración 11. Página semillero IRAPI.



Fuente. Autores.

Ilustración 12. Página de inicio del sistema.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	



Fuente. Autores.

### 10.2.1. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

#### Sistema de agendamiento

A través de un sistema de agendamiento el usuario puede conectarse al servidor del laboratorio permitiendo el uso de los sistemas dispuestos para realización de una práctica de laboratorio.

Se desarrolló una aplicación web de agendamiento de turnos para el uso del laboratorio de automatización que cuente con dos roles, uno de administración para los docentes y el otro de usuario estándar para los estudiantes, el sistema consta de 4 módulos principales:

- Gestión de usuarios
- Sistema de login
- Programador (Calendario)
- Acceso remoto (RDP)

A continuación, se presenta los roles en el sistema de agendamiento según los módulos principales.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR: 
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

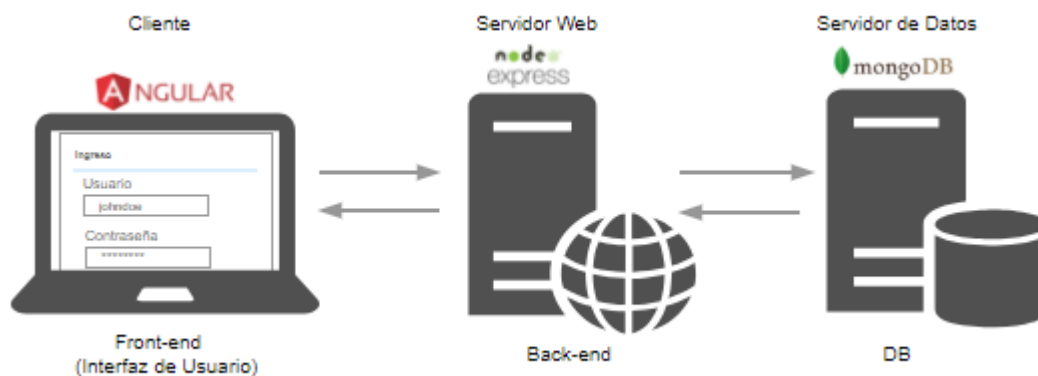
Tabla 15. Roles del sistema.

Rol	Nombre	Sistema (Permisos)
Rol 1	Administrador	Sistema de login, Gestión de usuarios, Programador (Calendario), Acceso remoto (RDP)
Rol 2	Usuario Estándar	Sistema de login, Programador (Calendario), Acceso remoto (RDP)

Fuente. Autores.



Para el desarrollo de la aplicación web (App Web) se utilizó el lenguaje de programación JavaScript, bajo una arquitectura que comprende MongoDB como gestor de bases de datos, ExpressJS y NodeJS como entorno de ejecución y comunicación, AngularJS como framework para la interfaz de usuario, llamados en conjunto “Stack MEAN”, la siguiente imagen presenta la arquitectura “Stack MEAN” para el sistema de agendamiento.

Ilustración 13. Sistema de agendamiento.



Fuente. Autores.

Según el sitio web de NodeJS (2018), NodeJS es un entorno de ejecución para JavaScript construido con el motor de JavaScript V8 de Chrome, el cual nos permite utilizar JavaScript al lado del servidor. Para el uso eficiente de NodeJS se utilizó el framework ExpressJS, que permitió la creación del servidor web, la comunicación con la base de datos MongoDB, la comunicación

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

asíncrona con la interfaz y la construcción de una API Rest para la gestión de usuarios y agendamiento.



MongoDB, es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos, desarrollado bajo el concepto de código abierto.

Para la interfaz del sistema se utilizó el framework AngularJS creado por Google, que permite la interacción de los usuarios con el sistema.

Para desplegar la aplicación web se utiliza el gestor de procesos en producción para aplicaciones NodeJS PM2, el cual nos permite mantener siempre activa la aplicación, iniciándola y recargándola en caso de fallas.

Por medio de una IP pública se le da acceso externo o conexión remota a través del protocolo RDP.

En un flujo funcional el usuario ingresa al login de la plataforma, esta valida la autenticación del usuario consultado la base de datos, si los datos corresponden al usuario, ingresa al módulo de programador mensual donde visualiza la disponibilidad de tiempo del laboratorio y puede agendar un turno para uso del laboratorio siempre y cuando este no este apartado, una vez se cumpla la hora en la que el usuario se agenda este tiene acceso a una cuenta de estudiante creada en el servidor del laboratorio para realizar sus respectivas prácticas, el plazo máximo de sesión por usuario es de 1 hora, en el servidor se encontrara con acceso a la cámara web del equipo para visualizar el laboratorio, el software TIAPortal para la programación de los ejercicios en el PLC y acceso al aplicativo de realidad aumentada, el sistema cierra sesión terminado el turno por lo cual es importante cerrar el trabajo que se está realizando.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Posteriormente se realizan pruebas de conexión remota al laboratorio. Se presenta en la siguiente ilustración la página de inicio al laboratorio, donde se muestran las instrucciones iniciales al usuario para ingresar.

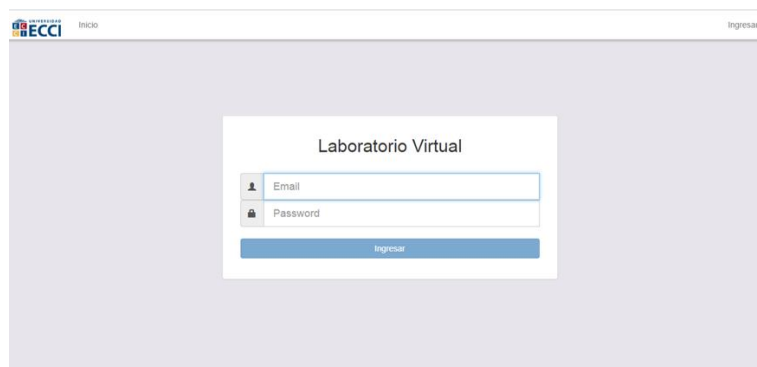
Ilustración 14. Inicio Laboratorio.



Fuente. Autores.



Posteriormente el usuario ingresa a través de autenticación en el login, con el usuario y contraseña asignada por el administrador, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 15. Login del sistema.



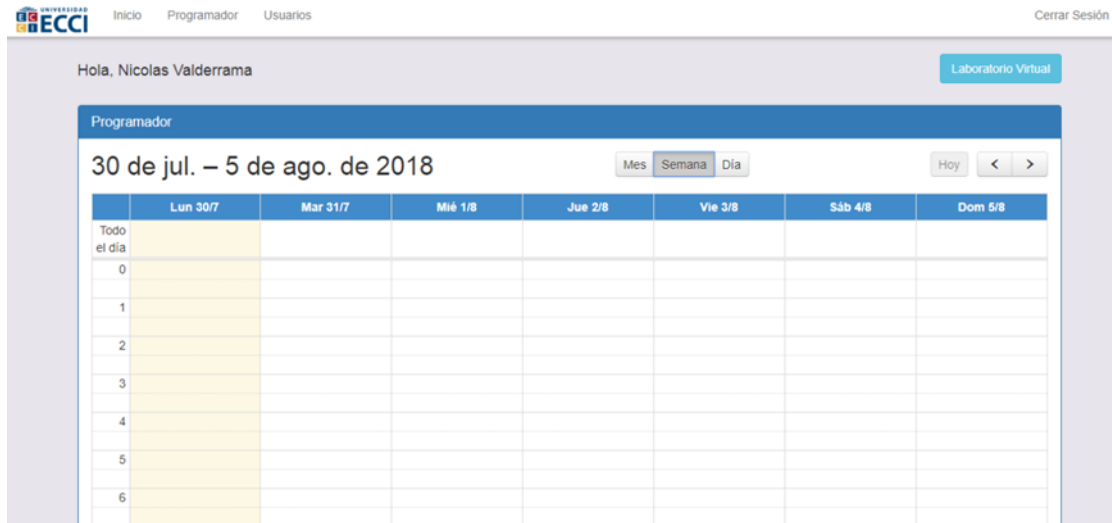
Fuente. Autores.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

Como se visualiza en la siguiente ilustración, el usuario una vez ingresa al sistema tiene acceso al módulo programador, donde se agenda la disponibilidad del laboratorio en bloque de 1 hora.

Ilustración 16. Programador semanal.



Fuente. Autores

Posteriormente una vez se cumple la hora y fecha que el usuario selecciona, se da acceso al servidor del laboratorio donde se tiene acceso al software del PLC (TIAPortal) para realizar las prácticas correspondientes. A continuación se muestra en la ilustración el acceso remoto al servidor.



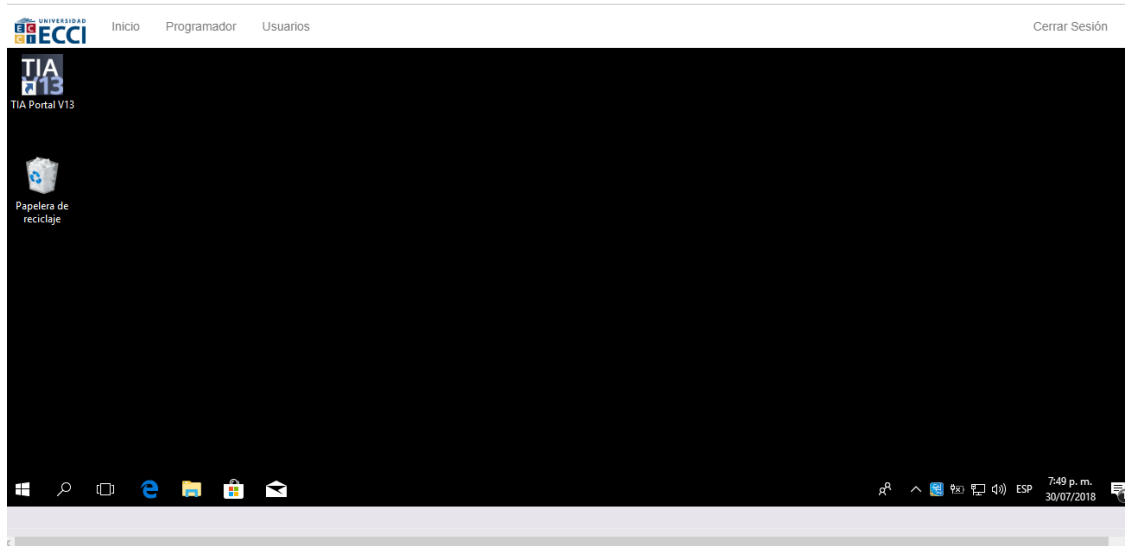
	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

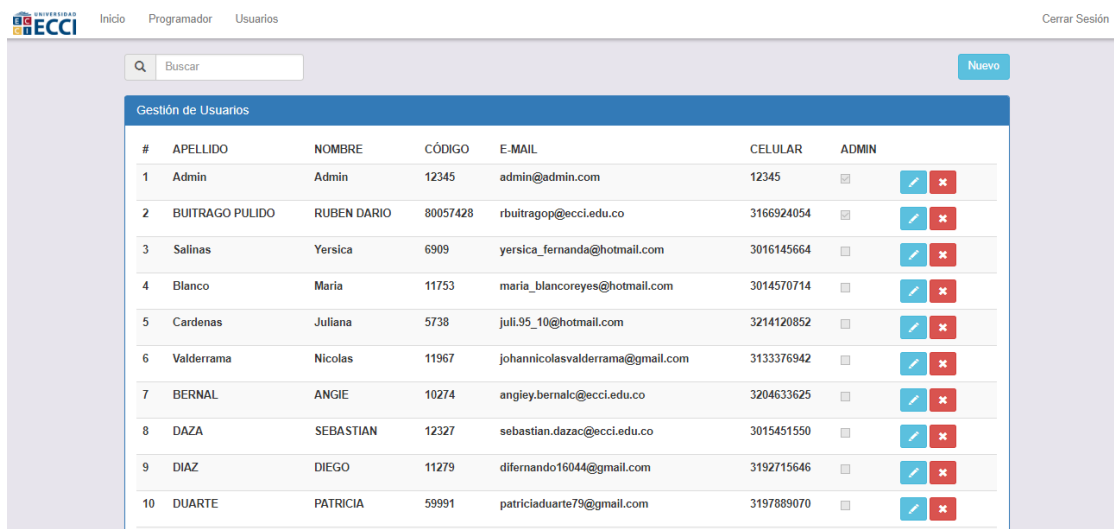
Ilustración 17. Ingreso al servidor.























Fuente. Autores.

Las siguientes ilustraciones 18 y 19, muestran el módulo de gestión de usuarios donde se visualiza el listado de usuarios activos y al que tiene acceso el rol de administrador y en donde se crean usuarios.

Ilustración 18. Lista de usuarios.



#	APELLIDO	NOMBRE	CÓDIGO	E-MAIL	CELULAR	ADMIN
1	Admin	Admin	12345	admin@admin.com	12345	<input checked="" type="checkbox"/>  
2	BUITRAGO PULIDO	RUBEN DARIO	80057428	rbuitragop@ecci.edu.co	3166924054	<input checked="" type="checkbox"/>  
3	Salinas	Yersica	6909	yersica_fernanda@hotmail.com	3016145664	<input type="checkbox"/>  
4	Blanco	Maria	11753	maria_blancoreyes@hotmail.com	3014570714	<input type="checkbox"/>  
5	Cardenas	Juliana	5738	juli.95_10@hotmail.com	3214120852	<input type="checkbox"/>  
6	Valderrama	Nicolas	11967	johannicolasvalderrama@gmail.com	3133376942	<input type="checkbox"/>  
7	BERNAL	ANGIE	10274	angley.bernal@ecci.edu.co	3204633625	<input type="checkbox"/>  
8	DAZA	SEBASTIAN	12327	sebastian.dazac@ecci.edu.co	3015451550	<input type="checkbox"/>  
9	DIAZ	DIEGO	11279	diferando16044@gmail.com	3192715646	<input type="checkbox"/>  
10	DUARTE	PATRICIA	59991	patriciaduarte79@gmail.com	3197889070	<input type="checkbox"/>  

Fuente. Autores.



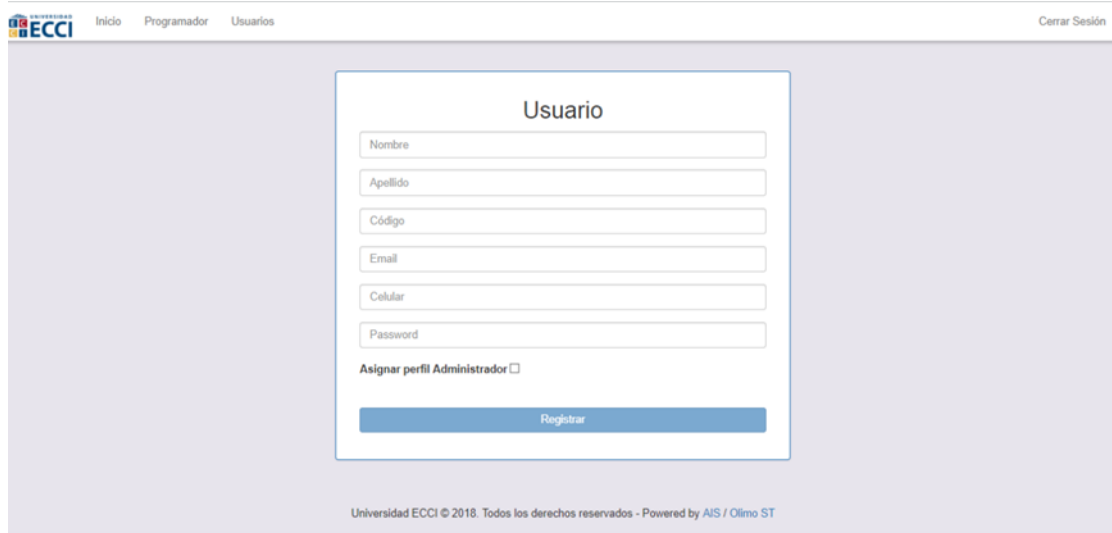
	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Ilustración 19. Registro de usuarios.





Fuente. Autores.

### 10.2.2. INFRAESTRUCTURA FÍSICA.

Se adquirió equipo de laboratorio de automatización electroneumática con el proveedor Siemens Colombia, para el desarrollo de diferentes ejercicios de automatización, de igual forma se obtuvo un equipo de cómputo con cámara web incluida y una cámara IP. A continuación en la siguiente tabla, se describen los elementos que componen el laboratorio.

Tabla 16. Componentes Infraestructura física.




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	<small>CERTIFICADA POR:</small> 
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

	<b>Panel en perfil estructural de aluminio</b> Cantidad 1.
	<b>Fuente de poder a 24 voltios</b> Cantidad 1.
	<b>Unidad de mantenimiento</b> Cantidad 1.
	<b>Bloque distribuidor de aire</b> Cantidad 1. De 1 Entrada 8 Salidas
	<b>PLC (Programmable Logic Controller)</b> Cantidad 1. Modulo de equipo PLC Simens S7 - 1200
	<b>Electro válvula</b> Cantidad 3. Bioestable 5/2
	<b>Cilindro neumático doble efecto</b> Cantidad 3.
	<b>Sensor Magnetico</b> Cantidad 6. Sensor Reed Switch Magnetico
	<b>Equipo de cómputo</b> Cantidad 1.
	<b>Cámara web</b> Cantidad 1. Integrada en el equipo
	<b>Cámara IP</b> Cantidad 1. DOMO MPIXEL 20m 24 3,6mm y lente 3,6mm

Fuente. Autores

### 10.3. FASE III: DESARROLLO DE APLICACIONES DE RA Y EJERCICIOS DE LABORATORIO

#### 10.3.1. PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER).




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR:  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Los PLC (Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos que requieren ser programados para su funcionamiento, Ladder es uno de los lenguajes de programación estandarizado para los PLC´s según la Comisión Electrotécnica Internacional.

En este desarrollo los ejercicios del PLC fueron se realizaron en programación Ladder y se tomó como base ejercicios nivel básico de la guía de electroneumática de (Fiedler, 1990). Se realizó un montaje con capacidad para programar ejercicios que requieran un mínimo de un cilindro doble efecto y un máximo de tres cilindros, cada cilindro con dos sensores reed swich ubicados al inicio y final de carrera y tres electroválvulas; para la programación en el PLC se omite el uso de la entrada I0,0 y la salida Q0.0 para facilitar la relación de los estudiantes al programar el ejercicio; y posteriormente se realiza la programación en el software del PLC TIAPortal, para esto se desarrolla una guía de elaboración de ejercicios, que explica desde la configuración de un PLC, hasta cargar un programa en el PLC. Consultar Anexo 1. Guía TIAPortal.

Los ejercicios para este proyecto son:

- **Instalación de cortado:** Con una instalación de cortado han de cortarse pliegos de papel. El cilindro A que representa la barra porta cuchillas, avanza y el pliego de papel queda cortado. Al detectar que el vástago de la barra porta cuchillas completa su recorrido, este activa su regreso a la posición inicial.
- **Cargador vertical múltiple:** De un cargador vertical múltiple, han de empujarse piezas fuera del cargador, una vez alcanzada la posición final delantera, el vástago del cilindro A es enviado a la posición inicial.
- **Instalación repartidora:** Con una instalación repartidora han de alimentarse piezas desde un cargador a una estación de mecanizado. Las piezas son extraídas del cargador por el

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

cilindro A, mientras que el cilindro B las entrega a la estación de mecanizado. El vástago del cilindro B debe retroceder cuando el vástago del cilindro A haya alcanzado la posición final trasera.




- **Taladro de mesa:** Las piezas son colocadas manualmente en el sistema de sujeción. El cilindro opresor de arranque avanza. Una vez sujeta, la pieza es taladrada y el cilindro del taladro vuelve a su posición inicial y el cilindro opresor suelta la pieza.
- **Selladora:** El cilindro A tiene la función de recoger las piezas del cargador y de sujetarlas. Sólo entonces avanza el cilindro B para el sellado y vuelve a su posición normal. A continuación, el cilindro A suelta la pieza y vuelve a su posición normal. Entonces, el cilindro C avanza para expulsar la pieza, y vuelve a su posición normal.

### Montajes.

La integración de los elementos del laboratorio se realizó de una manera única y estática para que la ejecución de los diferentes ejercicios no dependa de modificaciones físicas, sin embargo el desarrollo de futuros ejercicios requiere evaluar esta restricción.

El módulo de control del PLC se encuentra dividido en dos secciones identificadas con color Rojo y Negro, en las tres primeras filas de borneras de color rojo, se encuentran enumeradas las entradas del PLC desde la I0.0 hasta la I1.5 y las 2 primeras filas de borneras de color negro son asignadas para las salidas del PLC que van desde la Q0.0 hasta la Q0.7, las borneras inferiores de rojo y negro, sirven de borneras de alimentación a 24 V y 0 voltios respectivamente.

El laboratorio cuenta con una red neumática, una unidad de mantenimiento y un bloque de distribución de aire para alimentar las 3 electroválvulas. En cuanto a la conexión eléctrica se utiliza

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR:  
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

una fuente de poder a 24 voltios, donde están conectadas las electroválvulas y los diferentes sensores reed switch.

Se presenta en la siguiente ilustración el montaje físico del laboratorio.



Ilustración 20. Foto Montaje Físico Laboratorio.



Fuente. Autores.

### **Programación Ladder.**

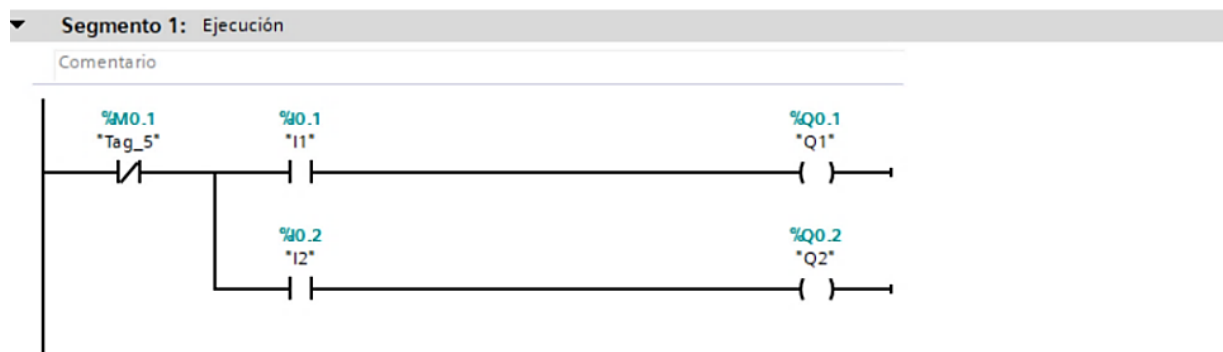
También conocido como lenguaje de escalera, tradicionalmente los diagramas de lógica de escalera están compuestos por dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación, mientras que los renglones contienen los cableados, los arreglos de contactos y las bobinas de relés. En los PLC, los diagramas de lógica de escalera o ladder logic son una manera fácil de dibujar los programas. Una ventaja importante es que los símbolos básicos están normalizados según NEMA (National Electrical Manufacturers Association) y son empleados por todos los fabricantes. (*Micro Automacion, 2015, pág. 43*)

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR 
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

A continuación se muestra los segmentos y variables del ejercicio de Instalación de Cortado en programación Ladder hecha en TIAPortal.

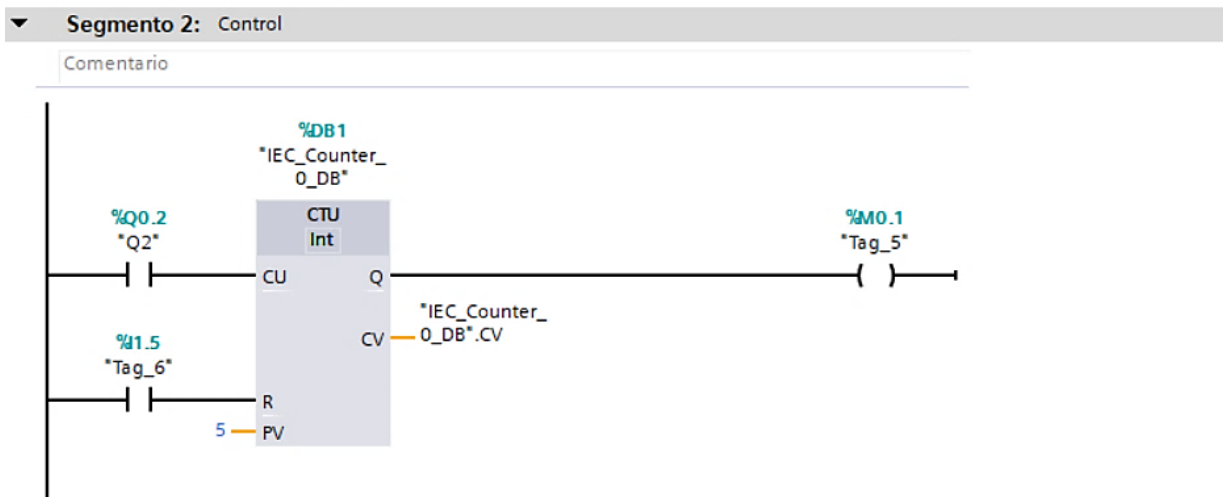
- **Instalación de cortado**

Ilustración 21. Segmento 1 en Ladder de instalación de cortado.



Fuente. Software TIAPortal.

Ilustración 22. Segmento 2 en Ladder de instalación de cortado.



Fuente. Software TIAPortal.





	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

Ilustración 23. Variables en Ladder de instalación de cortado.

Variables PLC							
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
1	I1	Tabla de variabl...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	I2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Q1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Q2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	M1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	RST1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	STARTSTOP	Tabla de variables e..	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Tag_1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Tag_2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Tag_3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Tag_4	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Tag_5	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Tag_6	Tabla de variables e..	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

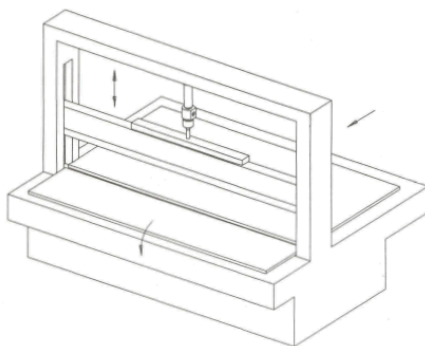
Fuente. Software TIAPortal.

### 10.3.2. DISEÑO DE CONTENIDO 3D

Se utiliza el software Autodesk 3d Max para el modelado de los ejercicios en 3D partiendo de la sugerencia de la plataforma de realidad aumentada Openspace3d y utilizando el SDK Easy Ogre Exporter for 3dsMax. Es importante tener en cuenta que se debe realizar la instalación del SDK Easy Ogre Exporter for 3dsMax para realizar la exportación de manera correcta en formato .scene. A continuación se presenta los esquemas y diseños de los cinco ejercicios del laboratorio.

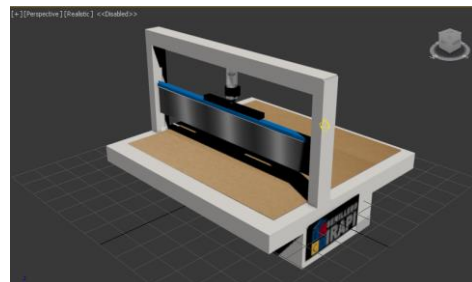
- **Instalación de cortado:**

Ilustración 24. Dibujo Instalación de Cortado.






Fuente. Fiedler, (1990)

Ilustración 25. Dibujo en 3ds Max Instalación de Cortado.

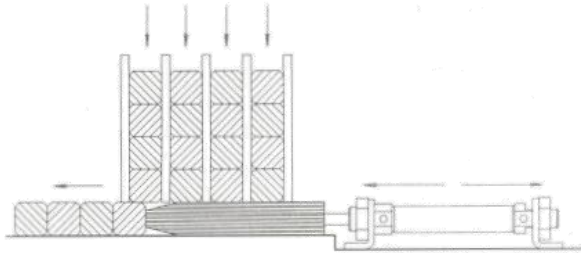


Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	CERTIFICADA POR:   <small>CO-SC-7198-1</small>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

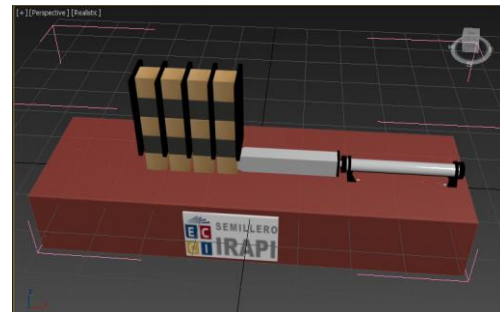
- **Cargador vertical múltiple:**

Ilustración 26. Dibujo Cargador Vertical Múltiple.



Fuente. Fiedler, (1990)

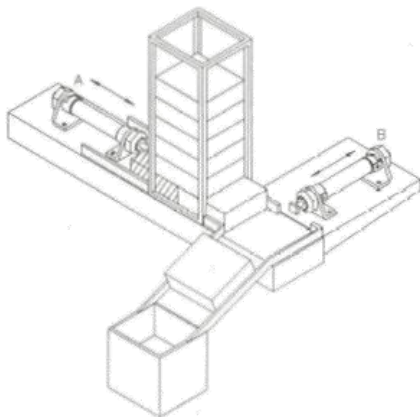
Ilustración 27. Dibujo en 3ds Max Cargador Vertical Múltiple.



Fuente. Autores.

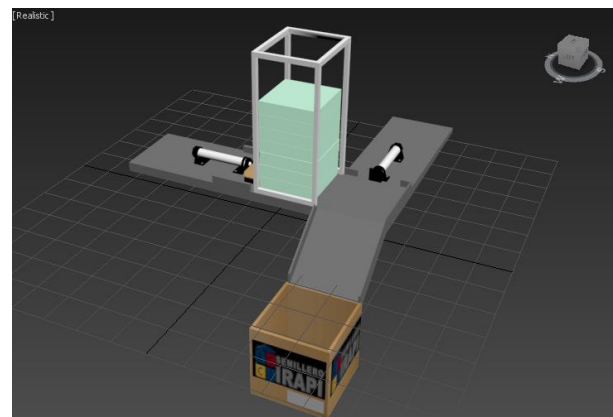
- **Instalación repartidora:**

Ilustración 28. Dibujo Instalación Repartidora.






Fuente. Fiedler, (1990)

Ilustración 29. Dibujo en 3ds Max Instalación Repartidora.

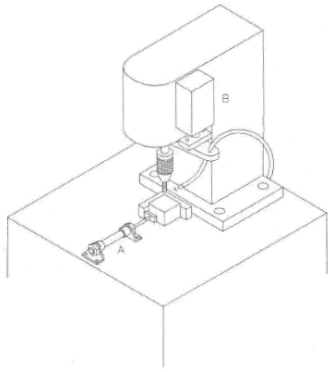


Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	CERTIFICADA POR:  
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

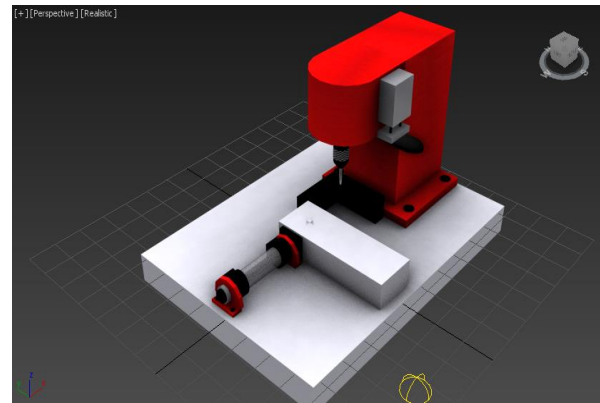
- **Taladro de mesa**

Ilustración 30. Dibujo Taladro de Mesa.



Fuente. Fiedler, (1990)

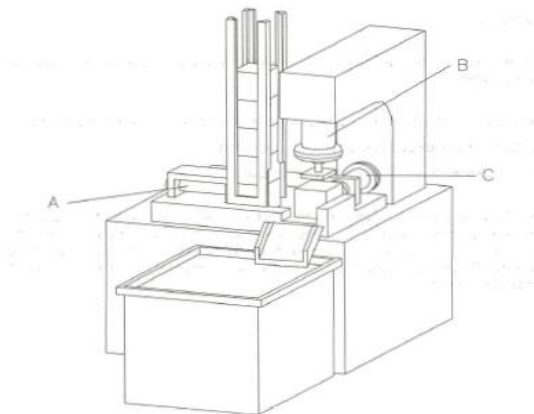
Ilustración 31. Dibujo en 3ds Max Taladro de Mesa.



Fuente. Autores.

- **Selladora**

Ilustración 32. Dibujo Selladora.





Fuente. Fiedler, (1990)

Ilustración 33. Dibujo en 3ds Max Selladora.



Fuente. Autores.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

### 10.3.3. REALIDAD AUMENTADA

El software usado para el desarrollo de realidad aumentada es Openspace3D, siendo gratuito, de código abierto y de desarrollo orientado a objetos, mediante el ensamblaje de funciones sin programación.

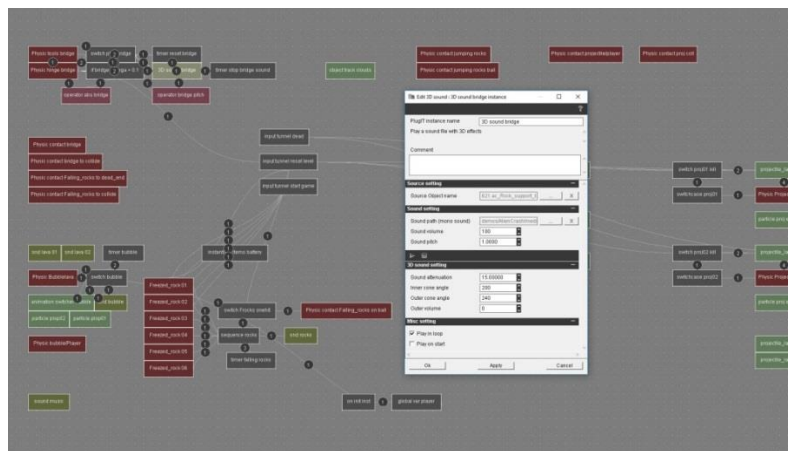
Openspace3D fue diseñado por la Compañía I-Maginer que cuenta con más de 10 años en el desarrollo de entornos de realidad virtual y realidad aumentada en contenido 3D. En las siguientes ilustraciones se representa el logo y parte de la interfaz de desarrollo del software.

Ilustración 34. Logo software de RA Openspace3D



. Fuente. [www.openspace3d.com](http://www.openspace3d.com)



Ilustración 35. Programación visual de Openspace3D.



Fuente. [www.openspace3d.com](http://www.openspace3d.com)

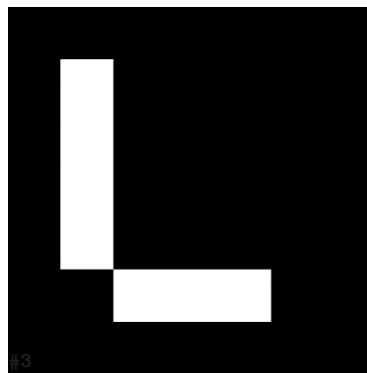
A continuación se describe los componentes utilizados para el desarrollo de la realidad aumentada.

- Como objeto de captura de imagen se utilizó la cámara web que tiene integrada el servidor.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

- Como elemento proyector de la integración de imágenes reales y virtuales, se usó la pantalla del servidor del laboratorio, debido a que el usuario tendrá acceso de manera remota al servidor la proyección se transmitirá a la pantalla del equipo que se encuentre usando el usuario.
- El elemento de procesamiento es el software de realidad aumentada Openspace3D.
- Por último el elemento de activación de realidad aumentada son los marcadores bidimensionales a blanco y negro, los cuales se caracterizan por ser rápidos y exactos. Openspace3D cuenta con más de 1000 marcadores 2D, en la siguiente ilustración se representa el marcador que se utilizó en la programación de los cinco ejercicios.



Ilustración 36. Marcador #3 de Openspace3D.



Fuente. [www.openspace3d.com](http://www.openspace3d.com)

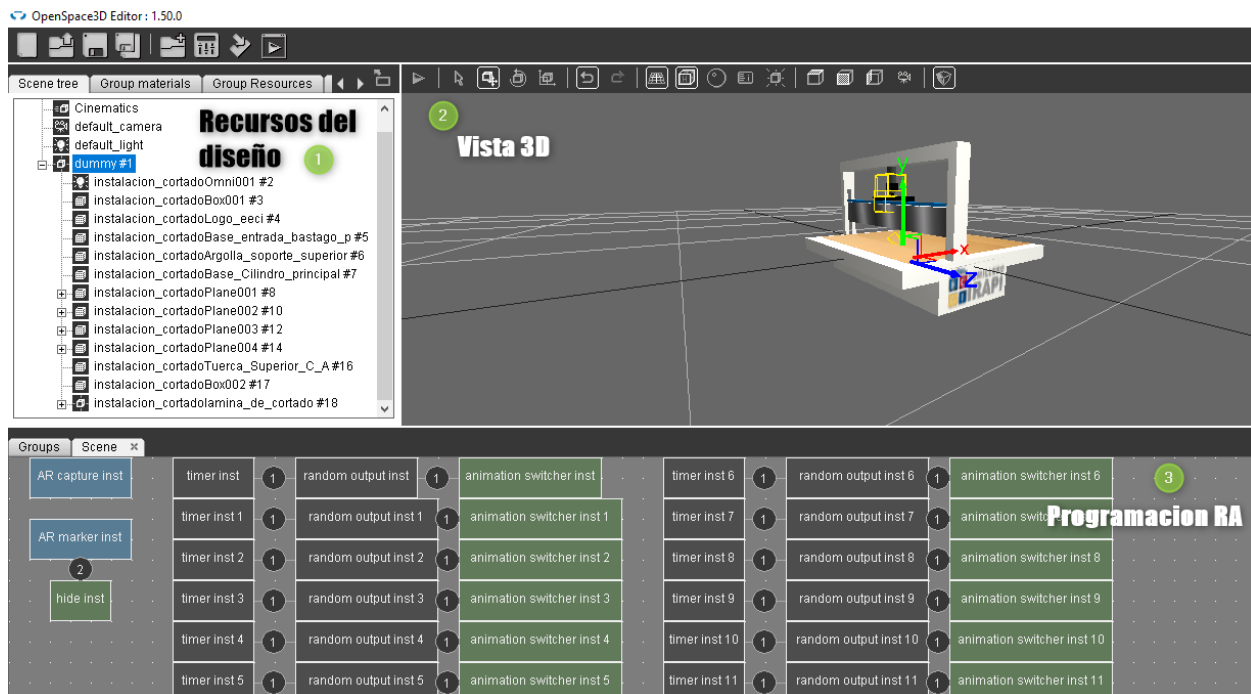
3dsMax es el software modelador del diseño y animación de los ejercicios. Se utilizó como recomendación de Openspace3D debido a que cuenta con un exportable compatible con el software.

Se crean cinco ejercicios que representan los tipos de movimientos que una maquina industrial realizaría usando cilindros neumáticos subsiguientemente con los ejercicios diseñados se exporto y programó en el software de realidad aumentada (Ver Anexo 2. Manual Openspace3D). Es

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

mostrada en la siguiente ilustración el desarrollo del ejercicio “instalación de cortado” en la plataforma y su resultado al activarse el marcador.

Ilustración 37. Programación de RA.



Fuente. Software Openspace3d.



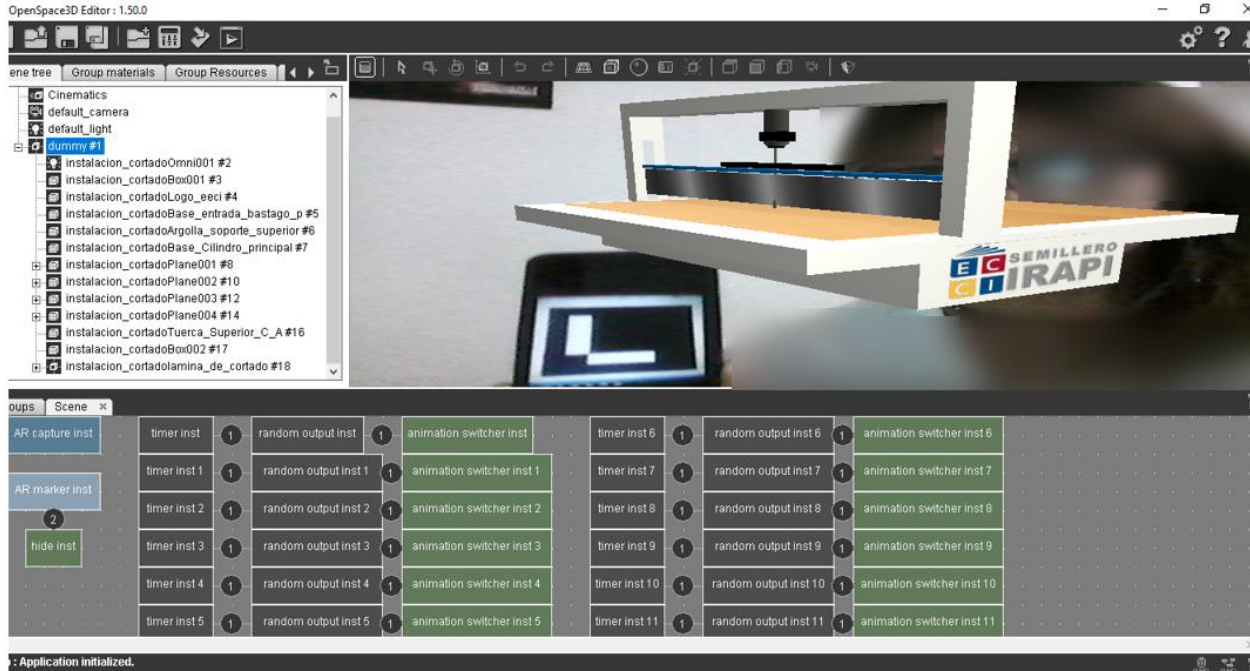


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Ilustración 38. Resultados de RA.



Fuente. Software Openspace3d.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## 11. CONCLUSIONES



A continuación, se presentan las conclusiones en relación con los objetivos de esta investigación y los resultados obtenidos.

A partir de los resultados obtenidos en la aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) para la selección de la plataforma de realidad aumentada mediante los cuatro criterios seleccionados, fue posible obtener un referente apropiado para la evaluación, cuyo proceso seguido fue consistente y hace posible la toma de decisiones razonables teniendo en cuenta la necesidad de minimizar el uso de la programación orientada a objetos, el desarrollo de aplicaciones multiplataforma (Windows, IOS Android), compatibilidad de contenido 3D, y el uso de marcadores cuya detección sea inmediata. Lo anterior dio lugar a usar la plataforma Openspace 3D, observándose que se garantizó la depuración y clasificación de aquellas especificaciones o criterios que otras plataformas no cumplían en un determinado contexto.

De lo anterior, es necesario hacer énfasis, que el instrumento y el método de evaluación propuesto no está orientado a una lista de cotejo, sino que implica la reflexión por parte de expertos, así como el desarrollo de pruebas en diversos escenarios, con el objeto de valorar la importancia de ciertos criterios de Openspace 3D que se consideran importantes dentro del laboratorio virtual con mediación de la realidad aumentada, presentándose una evaluación más precisa y ajustada a la realidad.

Pasando a la construcción del sistema basado en un entorno cliente servidor para el acceso remoto del laboratorio de automatización industrial, se implementó una aplicación web (App Web) cuyo lenguaje de programación es JavaScript, bajo una arquitectura que comprende MongoDB como gestor de bases de datos, ExpressJS y NodeJS como entorno de ejecución y comunicación,






	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

AngularJS como framework para la interfaz de usuario, llamados en conjunto “Stack MEAN”. Conviene indicar que cada elemento del entorno es de código abierto, y están categorizados de gran impacto a nivel mundial, por su aplicación en la gestión de MOOCs, (Pereira, Sanz-Santamaría, & Gutiérrez, 2014).



Al respecto conviene decir que, la arquitectura desarrollada favoreció la construcción de una plataforma que en sí misma puede considerarse un material educativo, cuyas características funcionales básicas y avanzadas, se adaptan al itinerario formativo del alumno en función del uso del laboratorio remoto, sin dejar de lado que está soporta de la concurrencia de usuarios para el agendamiento.

Refiriéndonos ahora al desarrollo de las aplicaciones basadas en el paradigma de la realidad aumentada sobre ejercicios de controladores lógicos programables que se puedan implementar en laboratorios remotos, es pertinente hacer hincapié que la implementación de esta tecnología permite a los estudiantes realizar sus prácticas como si estuvieran en un laboratorio haciendo su práctica habitual, lo cual no implica reemplazo del laboratorio tradicional o de la infraestructura actual, puesto que el laboratorio remoto llega a complementar la educación de los estudiantes incluyendo tecnología de inmersión a su formación, en donde la realización de experiencias remotas orientadas a la programación de controladores lógicos programables PLC, permitió la obtención y análisis de datos experimentales reales con flexibilidad en el desarrollo del laboratorio debido a la posibilidad de elegir tiempo y lugar para su realización.

En general se concluye que el diseño del laboratorio remoto permitió avanzar en el desarrollo de escenarios innovadores en la Universidad ECCI, para que los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, y de otros programas de la misma o en red con otras IES puedan interactuar




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	<b>CERTIFICADA POR:</b>  
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

con el paradigma de la (RA) y obtengan elementos visuales de un entorno industrial que les permitan hacer representaciones internas para formalizar conceptos acerca de la programación de controladores lógicos programables PLC y su integración con la fábrica flexible o industria 4.0.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 16-Jun-2009	<b>Fecha de versión:</b> 28-Sep-2012	

## 12. RECOMENDACIONES

- La creación de ejercicios de automatización está condicionada por arranques automáticos iniciados desde el cargue de los ejercicios en el PLC, debido a que en este caso no se cuenta con un sistema de recolección de información in situ que permita reconocer condiciones básicas para el arranque del mismo, como lo sería en un sistema que tenga condiciones de seguridad, así mismo no se cuenta con ejercicios que tengan algún tipo de pulsador, todos son iniciados a partir de sensores electromagnéticos, esto deja una gran responsabilidad al usuario quien es el que como se menciona antes, debe arrancar y pausar el ejercicio desde su equipo.
- Es posible combinar herramientas de acceso remoto y herramientas para la visualización de entornos y para la programación de PLC, pero se requiere de servidores potentes y accesos a IP seguras que permitan la comunicación desde el PC del usuario hasta el PC servidor y de este al PLC, en esta comunicación es muy seguro encontrar problemas por interferencias de los diferentes bloques de Firewall y demás de las redes, más cuando se habla de redes institucionales como en este caso, pero para ello se redirige al usuario a un servidor controlado y se restringen sus accesos desde allí.
- Es importante contar con un equipo de cómputo (Servidor) de máximo rendimiento debido a que los programas que se utilizan en el laboratorio son exigentes en consumo.
- Se recomienda tener una conexión de internet fuerte y rápido con el objeto de evitar caídas de conexión al servidor del laboratorio.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	<b>CERTIFICADA POR:</b>  
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

- Para la continuidad del laboratorio y la mejora del mismo también es importante contar con un equipo multidisciplinar en área como la ingeniería de sistemas, ingeniería mecatrónica o electrónica y la ingeniería industrial.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

### 13. REFERENCIAS

- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*. Buenos Aires, Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/9015/Industria-4-0-Fabricando-el-futuro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao, España. Obtenido de <http://files.mediatricos.webnode.es/200000016-a645ea73b3/realidad%20A..pdf>
- Castillo Ortega, R., Salazar, M., & Acosta, M. (2013). Diseño de un laboratorio remoto de robots y procesos de manufactura industriales. *Epistemos*, 48-56. Obtenido de [http://www.epistemos.uson.mx/revistas/articulos/15-08\\_DISENO%20DE%20LABORATORIO.pdf](http://www.epistemos.uson.mx/revistas/articulos/15-08_DISENO%20DE%20LABORATORIO.pdf)
- Castresana, C. (2016). *Industria 4.0*. Universidad de La Roja. Recuperado el 6/2018 de 16, de [https://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE002004.pdf](https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002004.pdf)
- Catalan, C., & Serna, F. (2015). Industria 4.0 en el Grado de Ingeniería Electrónica. *Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática* (págs. 327-332). Andorra La Vella: Universitat Oberta La Salle. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78299/JENUI2015\\_337-342.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78299/JENUI2015_337-342.pdf)
- Dicyt. (14 de 02 de 2006). *Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología*. Obtenido de <http://www.dicyt.com/noticias/el-laboratorio-remoto-de-automatica-de-la-universidad-de-leon-presenta-las-practicas-por-internet>

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Dormido, S. (2004). *Control Learning: Present and Future*” *Annual Reviews in Control*, vol 28.

Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578804000148>

Fagua, A. L., & Rojas, W. Y. (2013). Remote and virtual laboratory: a tool for development in engineering practice. *Revista ciencia, innovacion y tecnologia (RCIYT)*, 71-80. Obtenido

de <https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/rciyt/article/download/123/118/>

Fiedler, G. (1990). *Colección de ejercicios con soluciones nivel basico*. Convenio SENA - FESTO.

Fundación Telefonica. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Madrid

(España): Ariel, S.A. Obtenido de

[https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add\\_descargas?tipo\\_fichero=pdf&idioma\\_fichero=\\_&title=Realidad+Aumentada%3A+una+nueva+lente+para+ver+el+mundo&code=80&lang=es&file=Realidad\\_Aumentada\\_Completo.pdf](https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add_descargas?tipo_fichero=pdf&idioma_fichero=_&title=Realidad+Aumentada%3A+una+nueva+lente+para+ver+el+mundo&code=80&lang=es&file=Realidad_Aumentada_Completo.pdf)

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodologia de la*

*Investigacion*. Mexico: Mc Graw Hill Education. Obtenido de

<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the*

*strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Germany: Acatech. Obtenido de



<http://alvarestech.com/temp/tcn/CyberPhysicalSystems-Industrial4-0.pdf>

Lancueva Perez, F., Gracia Bandres, M., Sanagustin Grasa, L., González Muñoz, C., & Romero

San Martin, D. (2015). *TecsMedia: Analisis Realidad Aumentada aplicada a entornos*

*industriales*. Aragon. Obtenido de

<http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacion>

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	CERTIFICADA POR 
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

Universidad/Áreas/Sociedad\_Información/Documentos/Estado%20del%20arte%20de%20Realidad%20Aumentada.pdf

Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., & Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 24-31. Obtenido de [http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA\\_2011\\_Laboratorios.pdf](http://bibliografia.eovirtual.com/LorandiA_2011_Laboratorios.pdf)



Martínez, A., Fraile, A., & Ortiz, J. (2005). *LABNET: Laboratorio remoto para control de procesos* (Vol. 18). Madrid, España: Nourdine Aliane. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v18n6/art04.pdf>

Micro Automación. (2015). *Controlador Lógico*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 2018 de 07 de 23, de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Molina, C. D., Calvo, A. F., & Pamplona, L. E. (2017). Desarrollo de un módulo de difracción de la luz para un laboratorio de física controlado de forma remota. *Prospectiva*, 15(1), 100-111. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n1/1692-8261-prosp-15-01-00100.pdf>




Navarro, M., & Sabalza, X. (2016). Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *EKONOMIAZ*, 148. Recuperado el 16 de 6 de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487066>

Node Js. (19 de 07 de 2018). *Node Js*. Obtenido de <https://nodejs.org/es/>

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		Código: IF-IN-002 Versión:04	
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 16-Jun-2009	Fecha de versión: 28-Sep-2012	

- Osorio Gómez, J. C., & Orjuela Cabre, J. P. (2008). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES. *Scientia et Technica*, 247. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920503044.pdf>
- Pereira, J., Sanz-Santamaría, S., & Gutiérrez, J. (2014). Comparativa técnica y prospectiva de las principales plataformas MOOC de código abierto. *RED. Revista de Educación a Distancia*, (44), 73-87. Obtenido de [www.redalyc.org/comocitar.ou?id=54732570002](http://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=54732570002)
- Rodríguez, J. M. (2017). *Transformaciones tecnológicas, su impacto en el mercado de trabajo y retos para las políticas del mercado de trabajo*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado el 17 de 6 de 2018, de [https://www.cepal.org/sites/default/files/document/files/rodriguez\\_final.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/document/files/rodriguez_final.pdf)
- Ruiz Torres, D. (2013). *La realidad aumentada y su aplicación en el patrimonio cultural*. Gijón: Trea. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5298439.pdf>
- Sagasti, D. (2017). *Conferencia Realidad Aumentada - Basque industry 4.0*. SPRI Empresa Digitala. Obtenido de <http://www.spri.eus/es/basque-industry-comunicacion/contenidos-jornada-tecnologias-realidad-aumentada-la-industria-basque-industry-4-0/>
- Schroeder, W. (2016). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Madrid: Friedrich Ebert Stiftung. Obtenido de [https://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG\\_Politikwissenschaften/PSBRD/FES\\_Madrid\\_Schroeder\\_Industria\\_4.0\\_ES.pdf](https://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG_Politikwissenschaften/PSBRD/FES_Madrid_Schroeder_Industria_4.0_ES.pdf)
- Villalustre Martínez, L., & Del Moral Pérez, M. E. (2017). Juegos perceptivos con realidad aumentada para trabajar contenido científico. *Educacion, Formacion y Tecnologias*.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS, MONOGRAFÍA, SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN, PASANTÍA)</b>		<b>Código: IF-IN-002</b> <b>Versión:04</b>	<b>CERTIFICADA POR:</b>  
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>16-Jun-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>28-Sep-2012</b>	

Zamora, R. (2012). Laboratorios Remotos: Actualidad y Tendencias Futuras. *Scientia Et Technica*

*XVII (51)*, 113-118. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4272083.pdf>