



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Simulador de neumática en realidad virtual**

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Mecatrónica**

**P R E S E N T A N**

Sergio Antonio Cruz Pérez

Miguel Ángel Aldair Martínez Robles

**ASESOR DE MATERIAL DIDÁCTICO**

M.F. Gabriel Hurtado Chong



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

# Índice

<b>Índice de figuras, tablas y planos</b>	<b>2</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>6</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
1.1. Resumen	7
1.2. Objetivos	8
Objetivo General	8
Objetivos Particulares	8
1.3. Planteamiento del problema	8
1.4. Alcances	9
<b>2. Marco teórico</b>	<b>10</b>
2.1. Realidad virtual	10
2.1.1. Concepto	12
2.1.2. Estado del arte	14
2.1.3. Aplicaciones	19
2.2. Simuladores neumáticos en la actualidad	23
2.3. Componentes neumáticos reales	25
<b>3. Implementación</b>	<b>30</b>
3.1. Modelado en 3D	30
3.2. Ambiente 3D	33
3.3. Animación	35
<b>4. Resultados</b>	<b>38</b>
4.1. Implementación de la Práctica 5	38
4.2. Implementación de la Práctica 6	41
4.3. Análisis comparativo	49
4.3.1 Análisis de resultados para dos grupos piloto.	51
<b>5. Conclusiones</b>	<b>54</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>55</b>
<b>7. Apéndices</b>	<b>59</b>
A. Manual para el estudiante	59
B. Guía de solución de problemas frecuentes	62
C. Planos de referencia	66
D. Cuestionarios de opinión	70
D.1 Respuestas de profesores	79
D.2 Respuestas de alumnos	87

# Índice de figuras, tablas y planos

Figura 1.1 Componentes e interacciones de un sistema VR [3] .....	13
Figura 1.2 Proyección visual de una aplicación AR [5].....	13
Figura 2.1 Componentes de la realidad virtual no inmersiva [6].....	14
Figura 2.2 Cabina de simulación de vuelo [9] .....	15
Figura 2.3 VR Simulator [12].....	17
Figura 2.4 Ejemplo de una escena en Unity 3D .....	19
Figura 2.5 Interior y exterior del Airbus A320 [17].....	21
Figura 2.6 Ejemplo de operación de una pierna dentro de Fundamental Surgery [18] .....	21
Figura 2.7 Escenarios principales en ViMela Project [19].....	22
Figura 2.8 Varios elementos neumáticos en LVDIM-LVVL [22] .....	23
Figura 2.9 Circuito neumático en Logiclub-pneumatic [24] .....	24
Figura 2.10 Circuito neumático en FluidSim [26] .....	25
Figura 2.11 Unidad de mantenimiento. (A) Elemento real [28], (B) Modelo virtual .....	25
Figura 2.12 Válvula 3/2 monoestable. (A) Elemento real [29], (B) Modelo virtual .....	26
Figura 2.13 Válvula 5/2 monoestable. (A) Elemento real [30], (B) Modelo virtual .....	26
Figura 2.14 Válvula 5/2 biestable. (A) Elemento real [31], (B) Modelo virtual.	27
Figura 2.15 Final de carrera. (A) Elemento real [32], (B) Modelo virtual .....	27
Figura 2.16 Racor. (A) Elemento real [33], (B) Modelo virtual .....	28
Figura 2.17 Conectores. (A) Elementos reales [34], (B) Modelos virtuales	28
Figura 2.18. Cilindro de simple efecto. (A) Elemento real [35], (B) Modelo virtual .....	29
Figura 2. 19 Cilindro de doble efecto. (A) Elemento real [36], (B) Modelo virtual .....	29
Figura 3.1 Plano de final de carrera [37] .....	30
Figura 3.2. Modelado CAD. (A) Carcasa, (B) Cabezal, (C) Rodillo de presión	31
Figura 3.3 Modelado interno. (A) mecanismo interno válvula 3/2 [38], (B) Vías [1,2 y 3] y final de carrera, (C) Vástago .....	31
Figura 3.4 Elemento de contacto. (A) Modelado, (B) Ensamble, (C) Búsqueda de ensamble, (D) Importación de piezas .....	32
Figura 3.5 Ensamble final de carrera. (A) Explosivo, (B) Restricciones, (C) Ensamblaje completo .....	32

<b>Figura 3.6 Ventanas de desarrollo. (A) Escena, (B) Jerarquía, (C) Inspector.</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3.7 Diseño de laboratorio. (A) Escenario básico, (B) Modelado del laboratorio, (C) Escenario final</b>	<b>34</b>
<b>Figura 3.8 Instalación del equipo neumático. (A) Práctica 5, (B) Práctica 6, (C) Caso práctico</b>	<b>34</b>
<b>Figura 3.9 Elementos de interacción. (A) jugador en primera persona, (B) Character Controller, (C) Menú de inicio</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3.10 Animación de cilindro de doble efecto. (A) Ventana gráfica, (B) Jerarquía del ensamble</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3. 11 TimeLine. (A) Fotogramas, (B) Animación del desplazamiento</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3.12 Clips de animación. (A) importación, (B) Icono de animación, (C) Edición de animación, (D) Animaciones resultantes</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3.13 Animator Controller. (A) Icono, (B) Diagrama de estados, (C) Parámetros</b>	<b>37</b>
<b>Figura 3.14 Asignación de parámetros. (A) Atributos del objeto, (B) Colliders, (C) Prueba de animación</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4.1 Apuntador láser. (A) Inhabilitado, (B) Habilitado</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.2 Creación de maguera neumática. A) Salida de la válvula 3/2, B) Racor</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.3 Selección de racor para modificar el caudal de salida</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.4 Conexiones de la valvula 3/2 monoestable. A) Conexión de la entrada del racor a salida válvula 3/2 monoestable, B) Conexión de la entrada de la válvula 3/2 a la unidad de mantenimiento</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.5 Conexiones finales. A)Entrada de la unidad de mantenimiento , B) Salida de la red neumatica</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.6 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando una válvula 3/2 monoestable. A) Cilindro retraído, B) Cilindro extendido</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.7 Conexión de la válvula 5/2 monoestable al racor A del cilindro mediante apuntador. A) Selección del punto inicial, B) Selección del punto final</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.8 Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) Racor A, B) Racor B</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.9 Conexiones restantes válvula 5/2 monoestable y selección de uniones. A) Conexión de la salida B al racor B y conexión pilotaje X a salida válvula 3/2 monoestable, B) Selección de unión T</b>	<b>42</b>
<b>Figura 4.10 Conexión a unión T. A) Reposicionando la unión T dentro de la mesa, B) Conexión entre unión T y alimentación de la válvula 5/2 monoestable</b>	<b>42</b>

<b>Figura 4.11 Vista frontal del circuito terminado. A) Mangueras blancas por defecto, B) Circuito jerarquizado .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4.12 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando un botón y una válvula 5/2 monoestable. A) Cilindro extendido, B) Cilindro retraído .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4.13 Conexiones de una válvula 5/2 biestable. A) conexiones entre salidas A y B a racores A y B, B) Conexión pilotaje X &amp; Y a salida válvula 3/2 monoestable y salida final de carrera, respectivamente .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4.14 Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) Racor A, B) Racor B .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4.15 Unión en codo. A) Selección de unión, B) Conexión entre alimentación del final de carrera a codo .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4.16 Uniones en T. A) Reposicionando y conectando primera unión T, B) Reposicionando y conectando segunda unión T .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4.17 Vista frontal del circuito terminado. A) Mangueras blancas por defecto, B) Circuito jerarquizado .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 4. 18 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando un botón, un final de carrera y una válvula 5/2 biestable. A) Cilindro extendido, B) Cilindro retraído.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 4.19 Conexiones de una válvula 5/2 biestable. A) conexiones entre salidas A y B a racores A y B, B) conexión pilotaje X &amp; Y a salida de la primera válvula 3/2 monoestable y a salida de la segunda válvula 3/2 monoestable, respectivamente .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.20 Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) racor A, B) racor B .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.21 Uniones en codo y T. A) conexión entre codo y alimentación de válvula 3/2 monoestable, B) conexiones hacia la primera unión en T.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.22 Vista frontal del circuito terminado. A) mangueras blancas por defecto, B) circuito jerarquizado.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.23 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando dos botones y una válvula 5/2 biestable. A) cilindro extendido, B) cilindro retraído .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.24 Comparativa de la velocidad de desplazamiento entre la versión de prueba número 1 y número 2 .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 4.25 Comparativa del funcionamiento del apuntador laser entre la versión de prueba número 1 y número 2 .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 4.26 Comparativa de la creación de mangueras entre la versión de prueba número 1 y número 2 .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4.27 Comparativa del proceso de armado de un circuito neumático entre la versión de prueba número 1 y número 2.....</b>	<b>53</b>

<b>Figura 7.1 Extracción del ejecutable .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 7.2 Ejecutable .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 7.3 Pantalla de bienvenida.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 7.4 Menú de instrucciones.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 7.5 Barra de sensibilidad en el menú de instrucciones .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 7.6 Laboratorio Virtual .....</b>	<b>61</b>

<b>Tabla 1: Ventajas y desventajas circuitos neumáticos reales.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 2: Ventajas vs. Desventajas Circuitos simulados .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 3: Ventajas vs. Desventajas Simuladores existentes .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 4: Ventajas vs. Desventajas Simulador NERV .....</b>	<b>51</b>

<b>Plano 1.1 Unidad de Mantenimiento. Pag: 620 y 623, Consultado el 2/10/21, [37].....</b>	<b>66</b>
<b>Plano 1.2 Válvula 3/2 monoestable. Pag: 394, Consultado el 2/10/21 [37] .....</b>	<b>66</b>
<b>Plano 1. 3 Válvula 5/2 monoestable. Pag: 16, Consultado el 5/10/21 [40] .....</b>	<b>67</b>
<b>Plano 1.4 Válvula 5/2 biestable. Pag:16, Consultado el: 2/10/21 [40].....</b>	<b>67</b>
<b>Plano 1.5 Indicador de posición. Pag:537, Consultado el: 2/10/21 [37] .....</b>	<b>67</b>
<b>Plano 1.6 Racor. Pag:7, Consultado el: 2/10/21 [39].....</b>	<b>68</b>
<b>Plano 1.7 Conectores en codo, T y cruz. Pag:736, Consultado el: 2/10/21 [37] .....</b>	<b>68</b>
<b>Plano 1.8 Cilindro de simple efecto. Pag:57, Consultado el: 2/10/21 [37] .....</b>	<b>69</b>
<b>Plano 1.9 Cilindro de simple efecto. Pag:58, Consultado el: 2/10/21 [37] .....</b>	<b>69</b>

## **Agradecimientos**

Primeramente, doy gracias a mi madre, quien por sus esfuerzos impresionantes y amor incondicional permitieron la culminación de esta tesis. De igual forma a mis abuelos, por sus enseñanzas las cuales aplico cada día.

Por último, a mi compañero de trabajo, el cual hizo más llevadero todas esas horas de investigación y noches en vela.

**Sinceramente**  
***Sergio Antonio Cruz Pérez.***  
**México, CDMX, 20 de enero de 2022**

A mi familia, por su apoyo y guía, por los sacrificios que hicieron para darme la oportunidad de crecer como persona y como profesionista, por enseñarme el valor del trabajo duro, por ustedes tengo la actitud de nunca perder, nunca abandonar. Estoy exactamente donde quiero estar, porque ustedes me ayudaron a darme cuenta que tenía que comprometerme por completo para lograr mis metas.

A mi mejor amigo Irving por sus consejos y por estar ahí siempre. Finalmente, a mi compañero de trabajo, por ser una excelente persona, por su dedicación, su apoyo y su honestidad, por hacer más ameno el largo camino que nos tomó realizar este proyecto.

**Sinceramente**  
***Miguel Angel Aldair Martinez Robles.***  
**México, CDMX, 20 de enero de 2022**

Al Maestro Gabriel Hurtado Chong, por creer que cualquier alumno tiene el potencial de crear algo increíble. Así mismo al maestro Luis Yair Bautista Blanco, por su asesoría en el desarrollo de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el deseo de retribuirle, aunque sea un poco de lo mucho que nos dio.

A las futuras generaciones, a quienes va dirigido el esfuerzo y empeño que este trabajo demandó.

Se agradece al Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación, PAPIME con clave PE109221 "Desarrollo de una aplicación de realidad virtual para la enseñanza en Automatización Industrial", por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Se agradece al Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación, PAPIME con clave PE104922 "Neumática Educativa en Realidad Virtual (NERV)", por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

# 1. Introducción

## 1.1 Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de NERV (Neumática Educativa En Realidad Virtual), un software de carácter educativo que busca mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje al diseñar y construir circuitos neumáticos en un ambiente de simulación 3D. Esta herramienta provee ventajas sobre el equipo neumático convencional al no tener gastos de operación ni de mantenimiento, así como facilitar el estudio a distancia y el autoaprendizaje.

El trabajo consta de tres capítulos principales en los que se habla sobre el desarrollo e implementación del proyecto.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico, apartado en el que se explican elementos como la realidad virtual, realidad aumentada y los diferentes simuladores existentes, así como sus aplicaciones.

En el segundo capítulo se desarrolla la implementación para la elaboración de los componentes neumáticos, partiendo de un plano para el desarrollo de un modelo 3D, posteriormente animarlo y finalmente agregar los parámetros necesarios para su programación.

En el último capítulo se muestran los alcances reales de este proyecto al implementar un par de prácticas del laboratorio de automatización, así como una comparación entre los simuladores neumáticos existentes y NERV.

Si bien no se toma como un capítulo esencial, los apéndices agregan un manual para el estudiante, una guía de soluciones prácticas para algunos errores y los planos de referencia de todos los elementos neumáticos simulados.

## 1.2. Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar un software que permita realizar prácticas de neumática en un entorno virtual.

### Objetivos Particulares

1. Modelar el equipo neumático, así como sus conexiones, por medio del diseño asistido por computadora. Posteriormente tomar dichas piezas para exportarlas al software de renderizado, donde se realizan las animaciones correspondientes.
2. Crear un entorno de trabajo en un motor gráfico, así como un controlador en primera persona.
3. Implementar técnicas de programación para múltiples *scripts* que permitan la interacción, edición, animación y lógica entre los diferentes elementos neumáticos y el controlador, adicionalmente crear una interfaz gráfica para el usuario.

## 1.3. Planteamiento del problema

El confinamiento por la pandemia de COVID-19 no solo obligó a las personas a buscar nuevas formas de impartir conocimientos de una manera remota, sino que además abrió toda un área de oportunidad para impulsar el desarrollo de software de simulación de procesos industriales; dado que no solo se busca que las personas adquieran los conocimientos de una manera tradicional, más bien que se genere una experiencia dinámica de aprendizaje.

Si bien, existe software comercial que es un complemento a la enseñanza en laboratorios neumáticos, estos no pueden sustituir la experiencia generada en dichos laboratorios, afectando de manera negativa la formación académica de los estudiantes. Además de que estos programas se enfocan en la construcción de circuitos neumáticos planos, basados en simbología neumática estandarizada para representar cada uno de los elementos reales, pero muy pocos de ellos muestran su funcionamiento dentro de un ambiente tridimensional.

Por lo tanto, se planteó la idea de desarrollar un software de simulación 3D, en el que, no solo se permita construir múltiples circuitos neumáticos de la manera más realista posible, sino que además se pueda observar con detenimiento el funcionamiento interno de los mismos.

Esta herramienta reestructurará la forma en la que se dan las clases de neumática, pues no solo facilitará la enseñanza en línea, sino que además permitirá probar la programación de cualquier práctica antes de su armado en el equipo real.

#### **1.4. Alcances**

El trabajo a desarrollar parte de integrar las tecnologías emergentes, como la realidad virtual para crear un simulador de sistemas neumáticos, con base en el *Manual de prácticas del Laboratorio de Automatización Industrial*. El alcance de este trabajo se limita al desarrollo de las dos primeras prácticas del tema de neumática, abarcando el diseño, modelado, animación y programación del equipo neumático necesario, un ambiente dentro del simulador, un controlador en primera persona; y las mecánicas de juego de la práctica 5 “accionamiento de un cilindro de simple efecto” y de la práctica 6 “accionamiento de un cilindro de doble efecto”, que tienen por objetivo que el alumno aprenda a identificar, trabajar, controlar y entender el funcionamiento de un cilindro neumático y de las válvulas de distribución 3/2 y 5/2.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Realidad virtual

#### Glosario

2D: Dos dimensiones.

3D: Tres dimensiones.

AR: Realidad Aumentada, del inglés *Augmented Reality*.

Assets: Se refiere a todos los “bienes” o “activos” con los que se cuenta (imágenes, videos, audios, modelados, etc.)

Biestable: Se refiere a aquellas válvulas capaces de permanecer por sí mismas en cualquiera de sus dos posiciones, por lo que, al desaparecer una señal de control, permanecerán en el mismo estado, hasta que se active la señal contraria.

CAD: De las siglas en inglés *Computer-Aided Design*, se refiere al diseño asistido por computadora.

F.R.L.: Las unidades de tratamiento de aire generalmente tienen como elementos básicos un filtro, un regulador y un lubricador (FRL) de aire comprimido.

Gaming: Se refiere a la ejecución, en consolas y computadoras, de aplicaciones especializadas conocidas como juegos electrónicos o videojuegos.

HMD: Del inglés *Head Mounted Display*, es un dispositivo parecido a un casco, permite la reproducción de imágenes en una pantalla muy cercana a los ojos.

Input: Entrada.

ISO: Siglas en inglés de la *International Organization for Standardization*, es decir la Organización Internacional para la Estandarización.

Layering: Técnica de animación en la que se usan “capas”, es decir una unidad que agrupa objetos, que pueden ser apiladas una sobre otra, así como activadas independientemente de las demás.

Masking: Descartar algunos datos de un clip de animación para así solo animar partes de un objeto o personaje.

Monoestable: Se refiere a aquellas válvulas que tienen una posición determinada a la cual regresan mediante un resorte, una vez que la señal de control se desactiva.

OED: Siglas en inglés del *Oxford English Dictionary*, considerado como el diccionario más completo de la lengua inglesa.

Output: Salida.

Script: Secuencia de comandos o "guion"; término utilizado para referirse a un programa relativamente simple.

Slider: Se trata de un elemento que asemeja a una barra y permite ser ajustada para el control de alguna característica.

UI: Interfaz de usuario, del inglés *User Interface*.

VR: Realidad Virtual, del inglés *Virtual Reality*.

### 2.1.1. Concepto

El término realidad virtual (VR) fue definido apropiadamente por primera vez en la década de los 80 dentro de las páginas del reconocido diccionario de habla inglesa, *Oxford English Dictionary*.

La realidad virtual no es una computadora. Estamos hablando de una tecnología que utiliza ropa computarizada para sintetizar una realidad compartida [1].

Si bien el concepto de “ropa computarizada” puede sonar algo confuso, esto solo hace referencia a las computadoras corporales o visibles. Es decir, todo aquel dispositivo electrónico que ha sido reducido en su proporción, para que pueda ser utilizado dentro de diferentes prendas de vestir (gafas, pulseras, guantes, abrigos, etc.); todo esto sin la necesidad de tener que estar usando una computadora común y corriente todo el tiempo [2].

Es decir, la creación de un escenario mediante los gráficos de una computadora es lo que se denomina entorno virtual. Mientras que cuando el usuario puede interactuar con dicho entorno, es realidad virtual.

Pero con el paso del tiempo la definición fue cambiando a la par que la tecnología VR lo hacía, por lo que una definición más adecuada sería la siguiente.

La realidad virtual es un entorno recreado por una computadora, en el que se le permite al usuario moverse, explorar, interactuar y simular la sensación de pertenencia en tiempo real a lo largo de un ambiente tridimensional, a través de canales sensoriales [3].

En resumen, la realidad virtual se compone de un entorno diseñado a partir de software, donde solo es posible el acceso e interacción por medio de algún dispositivo específico para dicha tarea. En la Fig. 1.1 se muestran las interacciones entre los usuarios, dispositivos y el entorno virtual.

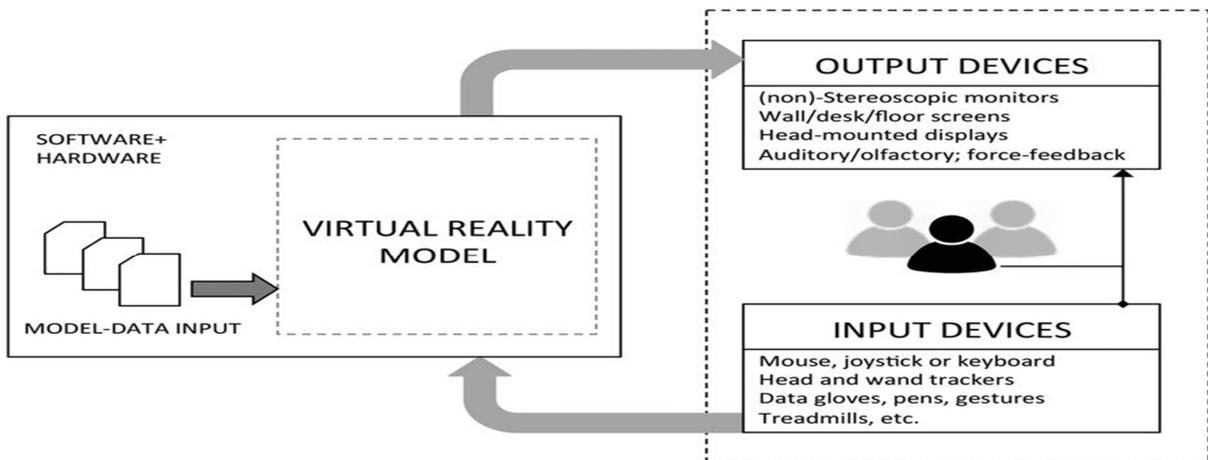


Figura 1.1 Componentes e interacciones de un sistema VR [3]

### Diferencias entre realidad virtual y realidad aumentada

Al hablar de realidad virtual también suele hacerse referencia a otro concepto que erróneamente se toma como un sinónimo de esta, la realidad aumentada.

La realidad aumentada, AR por sus siglas en inglés, se refiere a todo el conjunto de tecnologías que permiten la proyección de elementos procedentes de una dimensión virtual en el mundo real [4]; suelen ser de carácter visual (Fig.1.2), auditivo, táctil y olfativo.



Figura 1.2 Proyección visual de una aplicación AR [5]

### 2.1.2. Estado del arte

Fundamentalmente la realidad virtual puede clasificarse en tres grandes tipos: escritorio, inmersivo y de realidad aumentada.

#### Realidad virtual de escritorio / no inmersiva

Como su nombre lo indica, para su uso es necesario contar con los elementos básicos de una computadora de escritorio; ratón, teclado y monitor (Figura 2.1). Destacando el hecho que en este tipo de realidad aumentada el usuario puede interactuar tanto con el mundo real como con el entorno virtual [7].

Si bien originalmente este tipo de realidad nació directamente del uso de las computadoras de escritorio. En la actualidad el más claro ejemplo de este tipo de VR, se encuentra en la industria de los videojuegos y las consolas, tanto portátiles como de sobremesa; debido a que tanto los gráficos como sus mecánicas pueden llegar a crear una especie de sensación de inmersión, pero no lo suficientemente fuerte para calificar como semi inmersiva [4].

Cabe mencionar que actualmente la línea que separa a la realidad virtual no inmersiva de la semi inmersiva es cada vez más delgada, debido a la evolución de los controles al integrar tecnología que permite emisión de ruidos, luces, vibraciones e incluso una dureza en los gatillos dependiendo de la situación del juego, dando así sensaciones mucho más realistas.



Figura 2.1 Componentes de la realidad virtual no inmersiva [6]

## Realidad virtual semi inmersiva

En este tipo de realidad el usuario aún es capaz de distinguir el mundo real del virtual, pero la línea divisoria es bastante difusa. Dado que, para crear una experiencia aún más satisfactoria, se apoya de elementos físicos para crear una realidad mixta.

La forma más sencilla de explicarlo es por medio de las cabinas de simulación; ya sean de vuelo, navegación marítima o terrestre, estas suelen tener un espacio físico que intenta replicar cada detalle del original y que para la simulación de la locomoción suelen apoyarse de pantallas que proyectan una simulación, como la que se muestra en la Fig. 2.2, además de que en algunos casos suelen estar instaladas sobre ejes móviles para dar la sensación de que se encuentran en un aparato real [8].

Además de las cabinas, también existen otros tipos de sistemas de movilidad semi inmersivos, tales como:

- *Stationary bikes*. Como su nombre lo indica se trata de bicicletas estacionarias que se apoyan de proyecciones para simular un sin fin de ambientes por los cuales ejercitarse o únicamente deambular [8].
- *Treadmills*. Se tratan de bandas transportadoras sin fin, usualmente utilizadas en la arquitectura. Este tipo de sistema permite dar “paseos” en zonas de algún edificio en planes de construcción [8].
- *Trackballs*. Parecidas a las cabinas de vuelo solo que estas simulan un viaje en una nave espacial [8].

Al igual que con la realidad virtual no inmersiva, los sistemas de movilidad, así como las cabinas de simulación también han desarrollado una variante completamente inmersiva, de las que se hablará más adelante.



Figura 2.2 Cabina de simulación de vuelo [9]

## Realidad virtual inmersiva

La última clasificación de VR alude a su nombre, y crea un entorno de simulación en el que el usuario se encuentra completamente inmerso. Dicha inmersión se logra gracias a los dispositivos de entrada y salida a dicho ambiente, dispositivos I/O por sus siglas en inglés (*Input / Output*). Lo que significa que una vez dentro, el usuario se encuentra respondiendo e interactuando únicamente al mundo virtual que lo rodea [7].

La entrada y salida al ambiente se consigue por medio de lentes o visores estereoscópicos denominados como HMD, pero la interacción con los elementos y el ambiente mismo se logra por medio de dispositivos conocidos como *Data Gloves* (guantes que permiten seguir el movimiento de la mano) [10]. Con dichos dispositivos listos finalmente se logra la inmersión total deseada.

El uso de este tipo de *hardware* se debe únicamente a que suelen estar al alcance del usuario promedio, pero si se requiere de un tipo más especializado y por ende más costoso, se puede recurrir a las siguientes variedades existentes:

- *Head trackers*. Rastreadores de movimiento de cabeza [10].
- *Motion trackers*. Rastreadores de movimiento [10].
- *VR Domes*. Se trata de domos normalmente acompañados de una o varias pantallas gigantes para una inmersión en alta resolución, que además pueden ofrecer en algunos modelos sonido ambiental [10].
- *VR Simulators*. Como se había mencionado anteriormente estos simuladores son prácticamente idénticos a sus contrapartes no inmersivas (Figura 2.3); pero estas se apoyan tanto del uso de cabinas, sistemas de movilidad y más actualmente de “sillas de movilidad” a la par del uso de HMD [10].
- Controles *Move Motion*. Si bien la variedad de formas y tamaños varían en función de la empresa fabricante. Los controles *move motion* sirven de alternativa al clásico *Data Glove* como medio de interacción con el ambiente virtual [11].



Figura 2.3 VR Simulator [12]

### Entorno virtual

El entorno virtual es el escenario en el que nuestro usuario podrá deambular e interactuar. Si bien existen infinidad de apps y herramientas que facilitan el dibujo (Tilt Brush, Quill, Paint Lab), modelado (Gravity Sketch, ScupltVR) y animación (ANIMVR, MasterPieceVR) de nuestros diferentes objetos a crear [13], este trabajo se sustenta en el uso de 3 programas para dichas tareas.

El software tipo CAD llamado Autodesk Inventor, utilizado para modelar las diferentes piezas neumáticas; el programa Blender, para el dibujo y animación de las mismas; y, por último, Unity 3D, como la plataforma encargada de almacenar los diferentes objetos creados, así como el entorno virtual, por medio de lo que se conocerá más adelante como “Escenas” (Figura 2.4).

Los diferentes elementos que provee Unity 3D, se explican más detalladamente a continuación.

- Escena. Dentro de Unity 3D, una escena hace referencia a los entornos y menús que tendrá nuestro proyecto. Cada escena es un elemento único que puede albergar entornos, obstáculos, decoraciones, etc. Así como elementos que modifiquen la estética que se le desea dar a dichos elementos [14].

- *GameObject*. El elemento más sencillo, pero, a la vez, puede convertirse en uno de los más sofisticados; es, como su nombre lo indica, un objeto dentro de la escena. Un *GameObject* puede ser desde personajes o avatares, hasta objetos coleccionables, luces, cámaras y efectos especiales [14]. Sin embargo, estos no pueden hacer nada por sí solos pues necesitan ser dotados de propiedades o “*components*”, antes de poder tomar el papel deseado. Estas pueden ser desde ajustes de posición o escala hasta efectos de video o sonido [14].
- *Prefabs*. Es un sistema que permite crear, configurar y almacenar *GameObjects* junto con todas sus propiedades como *Assets* reutilizables [14].
- *Light*. Se trata del uso de fuentes virtuales de iluminación, que definen el color y ánimo de un ambiente 3D [14].
- *Camera*. Las cámaras en Unity se usan para mostrarle al usuario el mundo que se ha fabricado a partir de las escenas previamente realizadas. Si bien siempre debe mantenerse una cámara principal, el uso de múltiples cámaras secundarias puede ayudar al querer tener una perspectiva de pantalla dividida para múltiples usuarios o crear efectos específicos [14].
- *Physics*. Todo objeto dentro de una escena debe poder acelerar de una manera correcta o verse afectado por fuerzas externas como pueden ser colisiones o la misma gravedad. Unity se encuentra integrado con un motor de físicas capaz de simular de manera realista, con solo un ajuste de parámetros, desde una colisión pasiva entre objetos hasta darle dinamismo a un mecanismo o máquina [14].
- *Scripting*. La programación de scripts es una de las tareas más esenciales dentro de Unity, debido a que estos se encargan de responder a las entradas o *Inputs* de los usuarios y asegurarse de que ciertas tareas o eventos se lleven a cabo con normalidad. Suelen utilizarse para crear efectos gráficos, comportamientos físicos o inclusive simular cierto grado de inteligencia artificial en algún personaje [14].
- *Animation*. Unity cuenta con un sistema complejo de animación llamado *Mecanim*, que provee múltiples tareas:
  - Crear un flujo y configuraciones de animaciones para cada uno de los elementos en la escena (objetos, personajes y propiedades).
  - Soporte para las animaciones y clips de animación importados.
  - Animación Humanoide y con diferente lógica en las partes del cuerpo.

- Previsualizaciones de clips de animación, transiciones e interacciones de estos.
- Flujo de trabajo simplificado para alinear los clips de animación.
- Características de capas (*layering*) y de *masking* [14].

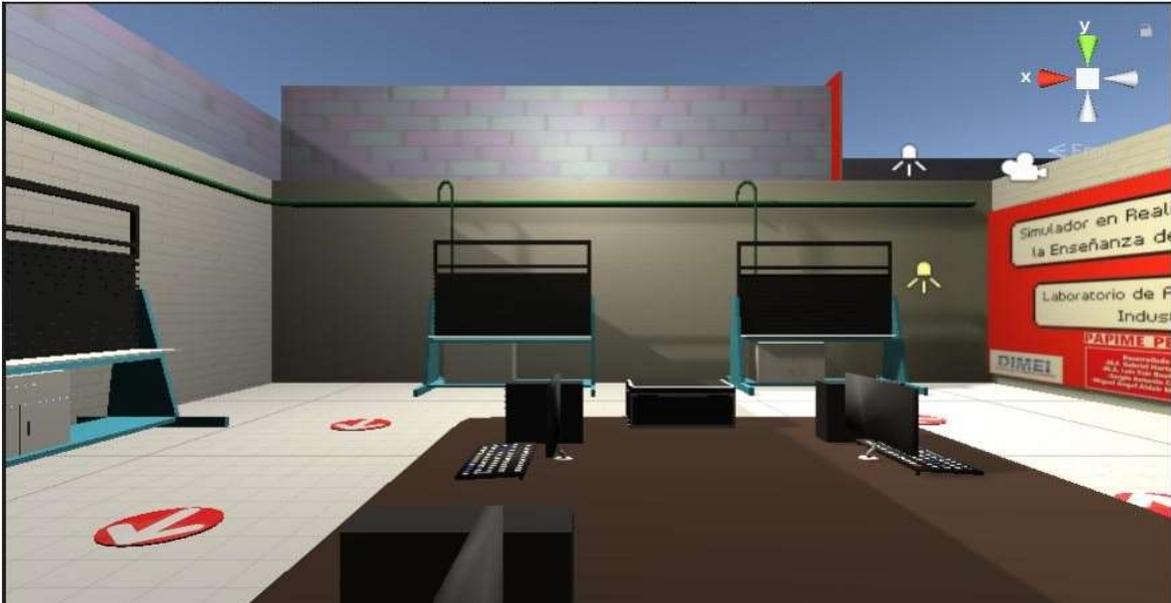


Figura 2.4 Ejemplo de una escena en Unity 3D

### 2.1.3. Aplicaciones

Si bien el primer concepto de realidad virtual fue propiamente definido hasta los años 80, el uso de tecnología VR para la simulación de vuelo y entrenamiento militar existe desde una década anterior. No solo ha sido utilizada para el entretenimiento, sino además para crear experiencias enriquecedoras en campos que requieren una conceptualización compleja, perfeccionamiento a través de la repetición y automatización, así como la resolución de problemas tanto individuales como grupales.

Desde mediados de la década de 1980, uno de los primeros campos en verse beneficiado del desarrollo VR fue la industria del entretenimiento, ofreciendo nuevos tipos de interfaces para los jugadores dentro del mundo del *gaming*. Además, ahora permite que todo tipo de personas experimenten el uso de múltiples vehículos no tan convencionales como aviones, submarinos, tanques o inclusive maquinaria profesional como tractores y excavadoras. Todo por medio del uso de una computadora, gafas VR y sillas o cabinas con movilidad integrada.

Otro de los campos sumamente beneficiados de la enseñanza por medio de la tecnología VR se encuentran en el uso de simuladores médicos, permitiendo a los estudiantes el practicar habilidades fundamentales en un ambiente controlado

para evitar poner en peligro a los pacientes, a ellos mismos o al equipo médico utilizado; con lo cual ha sido comprobada la eficiencia de este nuevo método sobre el tradicional, al otorgar una mayor realimentación a los usuarios al poder identificar sus debilidades como fortalezas. Además de que, al no depender únicamente de un laboratorio de prácticas físico, se abre la posibilidad de mejorar dichas habilidades cuando y donde ellos lo deseen, así como complementar los estudios al descargar el software en dispositivos mucho más accesibles como los teléfonos y tabletas inteligentes, para poder observar (ya sea por medio de VR o AR) elementos del cuerpo humano de una forma más interactiva [15].

El campo médico no es el único beneficiado en este aspecto, ya que las ciencias (tanto sociales como exactas), ingenierías e inclusive la educación misma han logrado encontrar en la enseñanza mediante tecnología VR un método que no solo es innovador, si no que permite un mayor interés en las generaciones que crecieron a la par que el internet, los celulares y tabletas [16].

La ingeniería mecatrónica es un ambiente donde no solo las nuevas tecnologías de la información han sido rápidamente adoptadas, sino que además el entrenamiento práctico es de suma importancia, pero los altos costos de implementación de laboratorios experimentales con fines educativos han dado lugar a la construcción de instalaciones virtuales, donde los sistemas físicos tienen una representación mediante simulaciones VR, logrando la presentación de un laboratorio experimental de una manera cautivadora y relativamente más económica [15].

A continuación, se muestran algunos de los avances más significativos dentro de las tecnologías VR:

### **Airbus A320 EASA | FAA**

Se trata de un tipo de simulador de vuelo comercial, utilizado principalmente para dar entrenamiento y formación en aerolíneas y escuelas para pilotos. Además de que cuentan con software de entrenamiento específico, con licencia profesional actualizable utilizando los paquetes de datos autorizados por Airbus (empresa europea que diseña, fabrica y vende aviones civiles) y que cuenta con certificados según las normativas de las agencias internacionales de seguridad aérea; todo para ofrecer el entrenamiento más fiable y realista (Figura 2.5) posible a los pilotos [17].

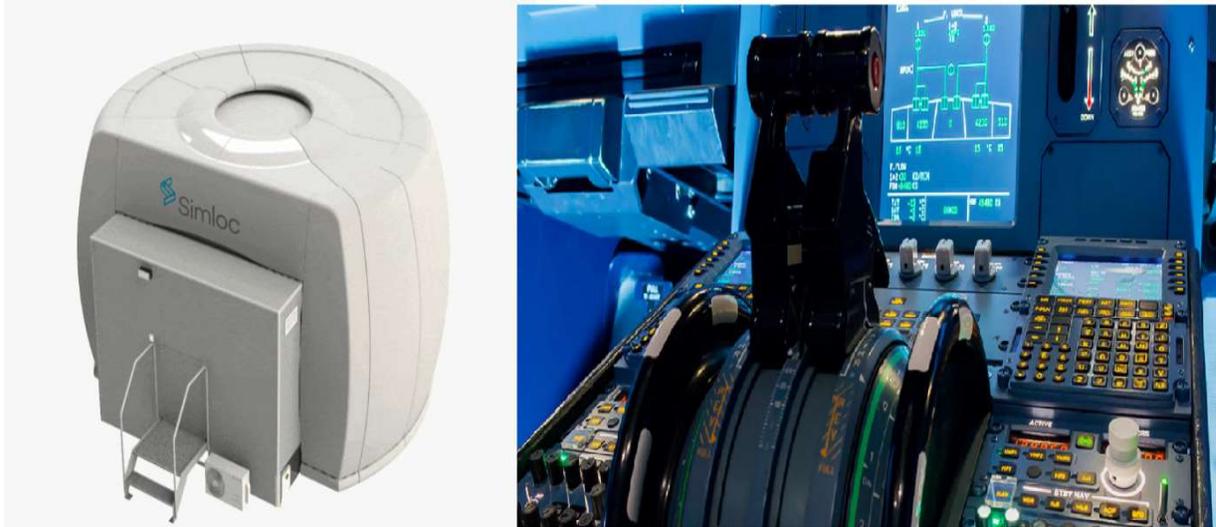


Figura 2.5 Interior y exterior del Airbus A320 [17]

## Fundamental Surgery

Se trata de una plataforma inmersiva que soporta una ilimitada cantidad de usuarios para proveer un ambiente de aprendizaje y práctica (Figura 2.6). Proporciona un lugar donde el tiempo de práctica no está restringido y además permite, tanto a estudiantes como al resto de personal médico, tener un mejor desempeño y comunicación en una operación real; por medio de visores VR y guantes hápticos (guantes que permiten al usuario percibir de una forma táctil todo lo que toca en el ambiente 3D) el usuario es capaz de interactuar con su “paciente” y de igual forma experimentar todo tipo de complicaciones tales como: derrames, alergias, fallos en el sistema o en el personal, entre otros tipos de emergencias [18].



Figura 2.6 Ejemplo de operación de una pierna dentro de *Fundamental Surgery* [18]

## ViMela Project

Se trata de una plataforma de enseñanza y aprendizaje sobre la ingeniería mecatrónica basada en VR y que actualmente cuenta con tres escenarios principales como se muestra en la Fig. 2.7 [19].

- Construcción y principios de operación de motores eléctricos: Permite el armado y desarmado de un motor eléctrico, para observar sus piezas internas (rotor, rodamientos, bobina, etc.) así como una simulación de este que permite analizar condiciones de suministro como valores de voltaje y frecuencia [19].
- Línea de Producción: Como su nombre lo indica, en este escenario se busca emular una línea de producción y permite al usuario personalizar la misma por medio de un PLC programable [19].
- Electroneumática: Un conjunto de ejercicios virtuales que permiten proveer de conocimiento teórico y práctico en el campo de la neumática y electroneumática. Además de que el usuario es libre de configurar y probar sistemas electroneumáticos, usando una estación de trabajo virtual [19].



Figura 2.7 Escenarios principales en ViMela Project [19]

## 2.2. Simuladores neumáticos en la actualidad

La enseñanza neumática por medio de simuladores ya sea en el ambiente escolar o laboral, es una actividad bastante común y sumamente difundida. No obstante, la variedad de software especializado en esa tarea se clasifica únicamente con base en la forma en que los componentes están representados dentro de sus ambientes de trabajo (2D y 3D).

Los simuladores 2D suelen ser los más comunes y de mayor aceptación general, debido principalmente a que se basan en representaciones simples (símbolos) de los elementos neumáticos utilizados. Dichos componentes están representados a través de las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2 [20], un conjunto de documentos emitidos por la Organización Internacional para la Estandarización en los que se especifican aspectos como: elementos básicos para símbolos gráficos, diagramas de circuitos y sistemas de potencia fluida en general.

Mientras que los simuladores 3D poseen la característica de utilizar réplicas fidedignas al equipo de trabajo real al cual quieren emular; además conllevan el objetivo de replicar movimientos externos e internos del equipo o pieza en cuestión. A continuación, se muestran algunos ejemplos de simuladores.

### LVSIM-LVVL

Software de simulación y diseño de circuitos neumáticos, hidráulicos, electroneumático y telecomunicaciones, desarrollado por *Lab-Volt* [21]. Es un simulador en tres dimensiones, con la característica de que cada modelo tridimensional neumático es una copia exacta de un elemento real (Figura 2.8). Aunque cuenta con desventajas como no poder mostrar la simbología neumática, ni el mecanismo interno de los elementos neumáticos y no cuenta con una simulación del flujo de aire que circula por las mangueras neumáticas, lo que sí es apreciable en otros simuladores posteriormente mencionados en este trabajo.

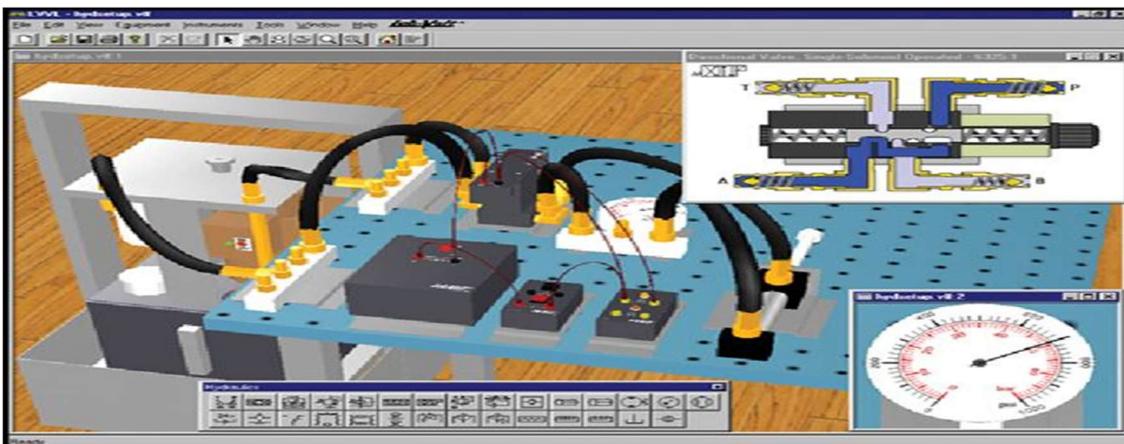


Figura 2.8 Varios elementos neumáticos en LVDIM-LVVL [22]

## Logiclab-pneumatic

Desarrollado por *LogicLab*, se trata de un software con piezas neumáticas en dos dimensiones que fue ideado únicamente para el aprendizaje y práctica en línea, dado que inclusive en su página oficial se encuentran prácticas sencillas para el entendimiento de la neumática. Actualmente se encuentra en desarrollo y ponen a la disposición del usuario una tabla con el nombre de los elementos neumáticos, su simbología y el modelo 2D de su simulador [23].

La principal deficiencia de este programa es que, al encontrarse en fase de desarrollo, se ve limitado al armado de pocas prácticas; además de que comparte la imposibilidad de observar el flujo de aire como en LVSIM-LVVV y su perspectiva está limitada a una sola vista panorámica del circuito (Figura 2.9).

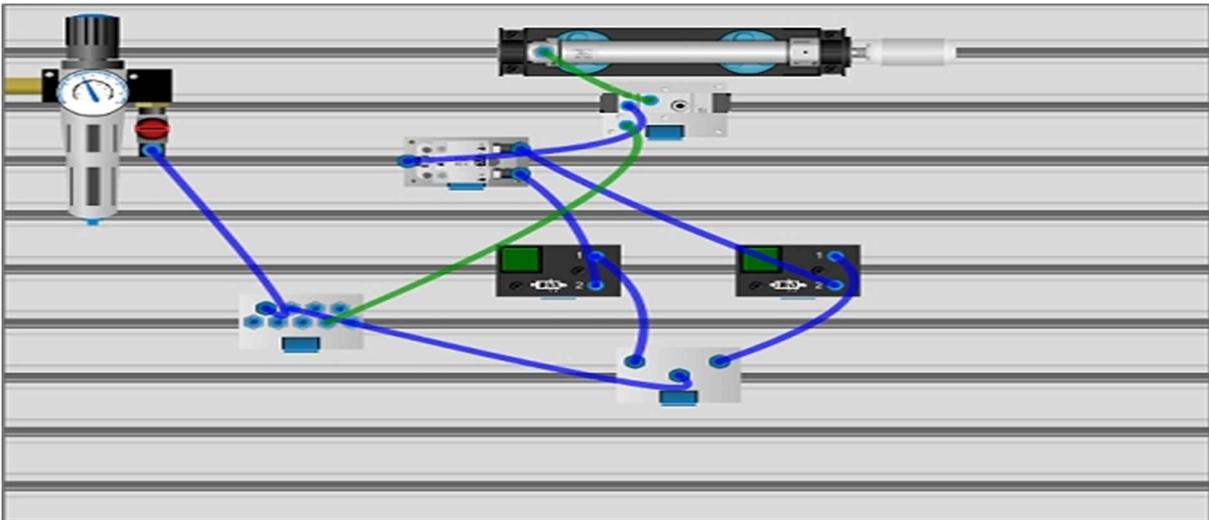


Figura 2.9 Circuito neumático en Logiclab-pneumatic [24]

## FluidSIM

Por último, el software más común para la simulación neumática, que fue desarrollado por la empresa alemana FESTO, es un simulador en dos dimensiones, cuyos componentes neumáticos parten de la simbología neumática estandarizada [25], y cuyos principales usuarios son personas sin experiencia pero que aun así da cabida a crear una gran gama de circuitos neumáticos (Figura 2.10) (dado que no se encuentra limitada a unas cuantas prácticas escolares); Además, se destaca por la posibilidad de permitir observar el flujo de aire a través de cada manguera neumática, para que los usuarios puedan identificar alguna falla en su diseño. La desventaja de este simulador recae en que, si bien cuenta con animaciones de los diferentes elementos neumáticos, sirven más como apoyo descriptivo y no pueden ser implementadas dentro del circuito; dejándonos principalmente a la interpretación de la simbología neumática.

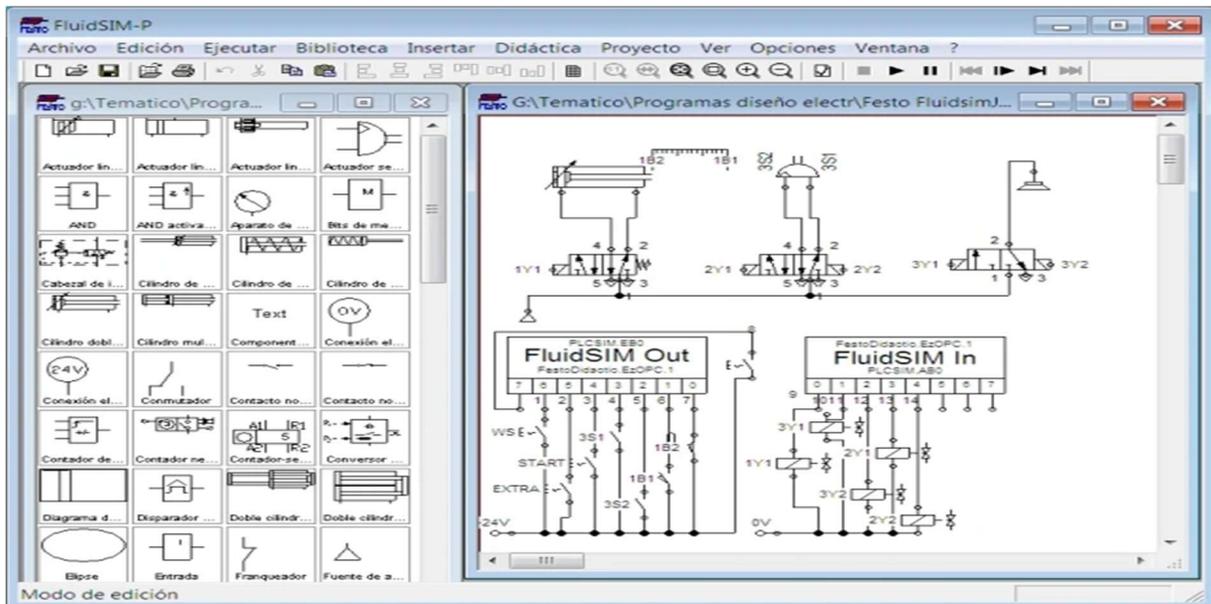


Figura 2.10 Circuito neumático en FluidSim [26]

## 2.3. Componentes neumáticos reales

### 2.3.1 Unidad de mantenimiento o FRL

Es el primer elemento de una máquina o estación de trabajo que recibe el aire de la red. Su función es la de acondicionar o adecuar las propiedades del aire, para evitar que se dañe el resto del equipo [27].

F: Filtro. Elimina impurezas del aire.

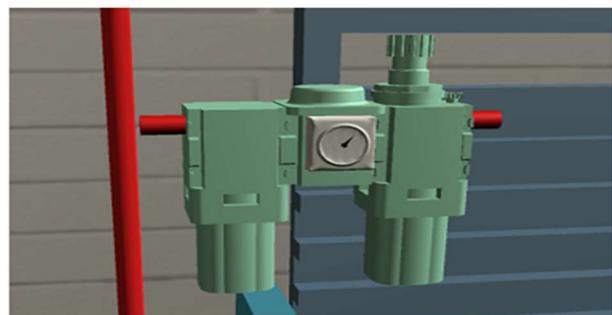
R: Regulador. Permite ajustar la presión de trabajo.

L: Lubricador. Lubrica el aire para los componentes.

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Fig. 2.11.



A)



B)

Figura 2.11 Unidad de mantenimiento. (A) Elemento real [28], (B) Modelo virtual

### 2.3.2 Válvula 3/2 monoestable

Tiene como función dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático, es de tres vías y dos posiciones, monoestable. Su accionamiento es manual y cuenta con retorno por resorte [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Fig. 2.12.

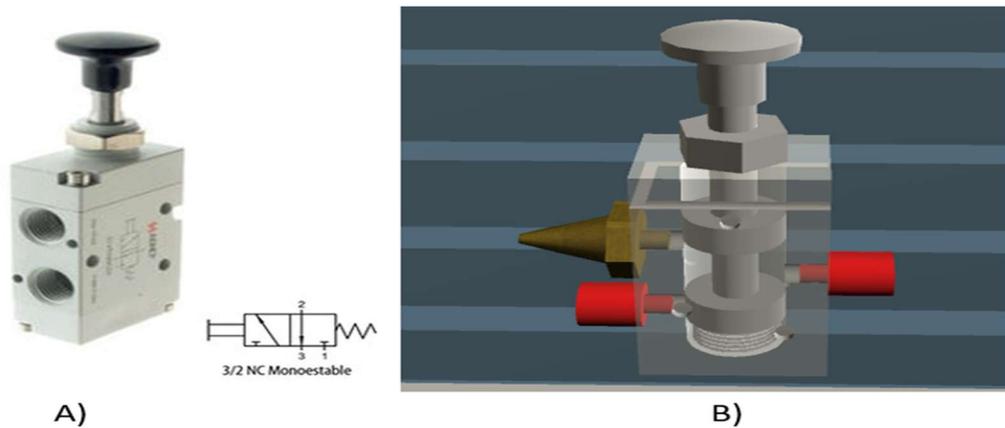


Figura 2.12 Válvula 3/2 monoestable. (A) Elemento real [29], (B) Modelo virtual

### 2.3.3 Válvula 5/2 monoestable

Tiene como función dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático, es de cinco vías y dos posiciones, cuenta con una alimentación, dos salidas de trabajo y dos escapes, uno para cada posición, monoestable con accionamiento neumático [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Figura 2.13.

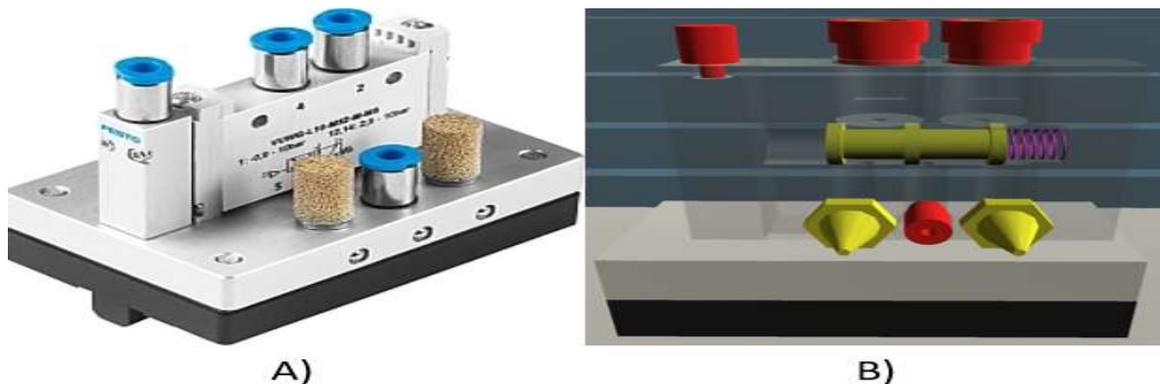


Figura 2.13 Válvula 5/2 monoestable. (A) Elemento real [30], (B) Modelo virtual

### 2.3.4 Válvula 5/2 biestable

Tiene como función dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático, es de cinco vías y dos posiciones con accionamiento neumático, biestable, es decir, cuenta con dos pilotajes neumáticos [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Figura 2.14.

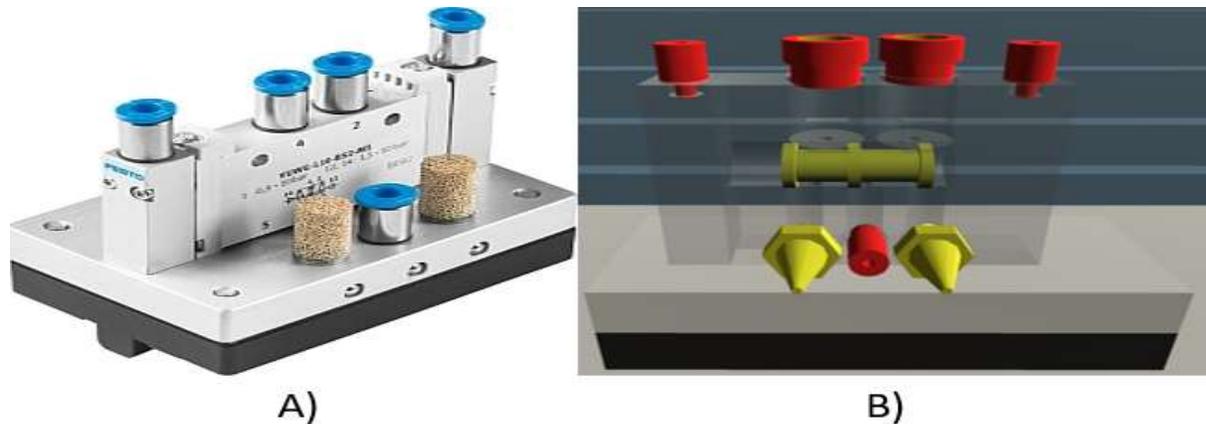


Figura 2.14 Válvula 5/2 biestable. (A) Elemento real [31], (B) Modelo virtual

### 2.3.5 Indicador de posición o Final de carrera

Los finales de carrera son válvulas 3/2 monoestables accionadas por un rodillo mecánico y se utilizan para obtener información sobre la posición de los actuadores, para enviar señales de control [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Figura 2.15.

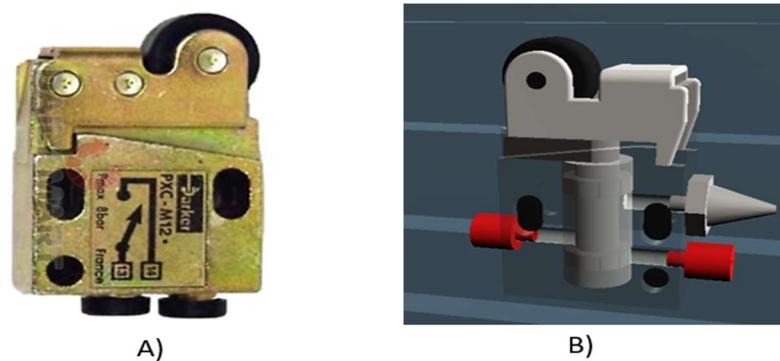


Figura 2.15 Final de carrera. (A) Elemento real [32], (B) Modelo virtual

### 2.3.6 Auxiliar de distribución o Racor

Los racores permiten modular la salida del caudal de aire, es decir, modifica la velocidad de un cilindro neumático [27], el elemento real se regula con rosca mientras que el modelo virtual se regula con un Slider, midiendo su apertura en un rango de 0% a 100%.

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Figura 2.16.

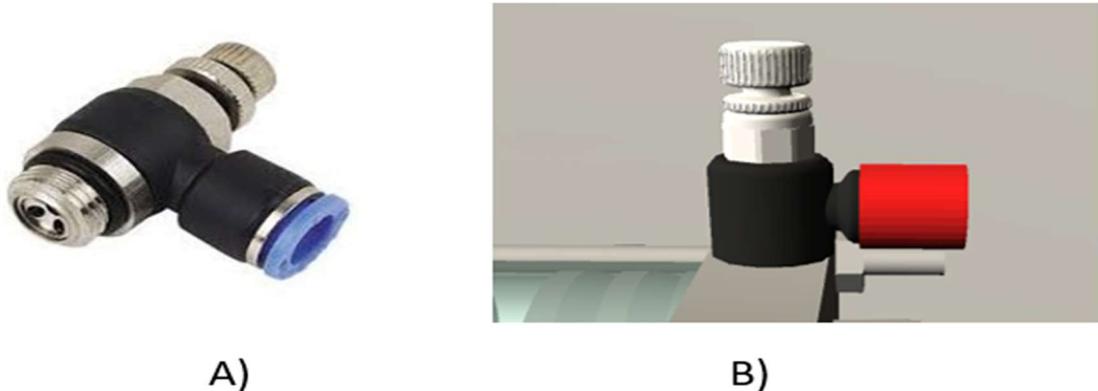


Figura 2.16 Racor. (A) Elemento real [33], (B) Modelo virtual

### 2.3.7 Conectores en codo, en T, en cruz

Los conectores sirven para realizar uniones entre dos o más mangueras para alimentar a los distintos componentes neumáticos, a la vez de mejorar la estética y la visibilidad de las conexiones [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Figura 2.17.

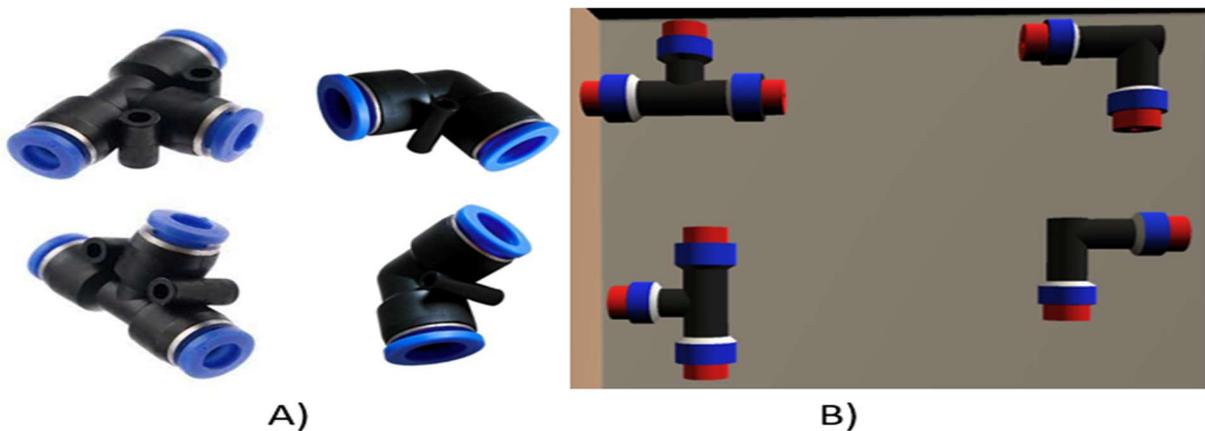


Figura 2.17 Conectores. (A) Elementos reales [34], (B) Modelos virtuales

### 2.3.8 Cilindro de simple efecto

Actuador neumático que realiza un movimiento dentro del sistema neumático. En una cámara se introduce aire comprimido, para generar el avance de su vástago, mientras que el movimiento de retroceso será generado por un resorte, instalado entre el émbolo y la tapa delantera [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Fig. 2.18.

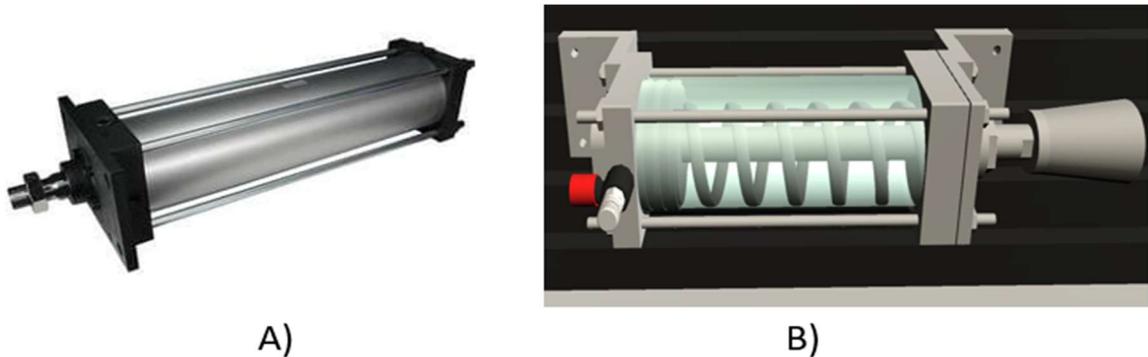


Figura 2.18. Cilindro de simple efecto. (A) Elemento real [35], (B) Modelo virtual

### 2.3.9 Cilindro de doble efecto

Actuador neumático que tiene dos puertos de alimentación donde se introduce aire para generar el desplazamiento deseado, ya sea de avance o retroceso [27].

La comparativa entre el elemento real y la diseñada para este proyecto se puede observar en la Fig. 2.19.



Figura 2.19 Cilindro de doble efecto. (A) Elemento real [36], (B) Modelo virtual

### 3. Implementación

#### 3.1. Modelado en 3D

Ejemplo de modelado CAD del final de carrera en *Autodesk Inventor*.

Los componentes neumáticos modelados están basados en los productos de la división *Parker Pneumatic* de la empresa *Parker Hannifin Corporation*, ya que en el laboratorio de automatización industrial se utilizan los componentes físicos de este fabricante. La empresa a través de su portal en línea facilita un catálogo llamado "*Parker Pneumatic: A complete range of system components*". Éste contiene los planos generales de conjunto de todos los componentes modelados.

Los planos generales de conjunto se utilizan para mostrar una vista general del conjunto mecánico, así como la relación y proporción de las diferentes piezas que lo componen, en este tipo de plano no aparecen los detalles de cada pieza ya que estas se representan en planos separados. Los planos utilizados se incluyen en el apéndice C.

Identificar el número de piezas que componen el mecanismo: carcasa, corredera, rodillo de presión, elemento de contacto, cabezal. El plano muestra tres piezas (Fig. 3.1), carcasa (a), cabezal (b) y rodillo de presión (c), de las cinco que componen el producto final, además muestra las dimensiones en milímetros y las vistas frontal y lateral.

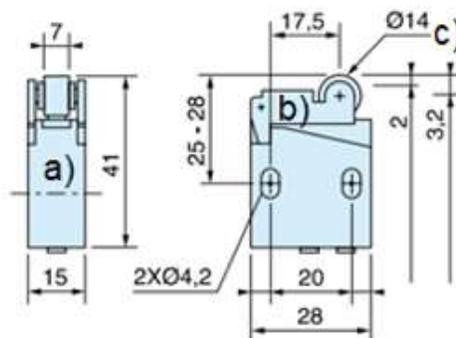
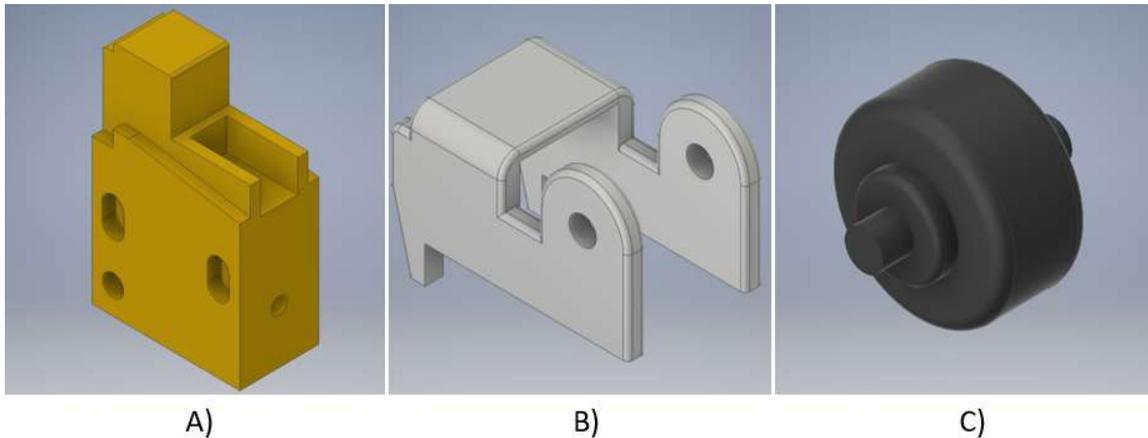


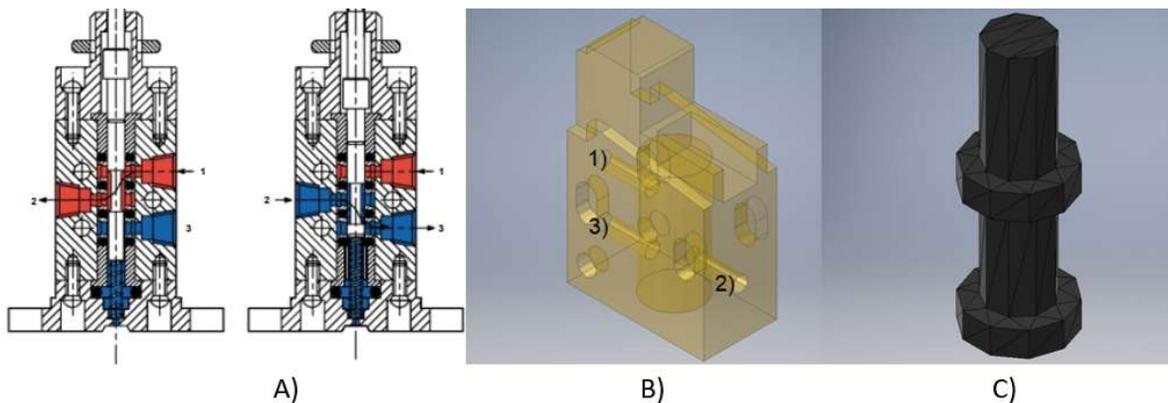
Figura 3.1 Plano de final de carrera [37]

A partir de las dimensiones del plano, se realizó el modelado 3D de la carcasa, cabezal y rodillo de presión (Fig.3.2 (A-C)), además se le agregó textura a cada pieza.



**Figura 3.2. Modelado CAD. (A) Carcasa, (B) Cabezal, (C) Rodillo de presión**

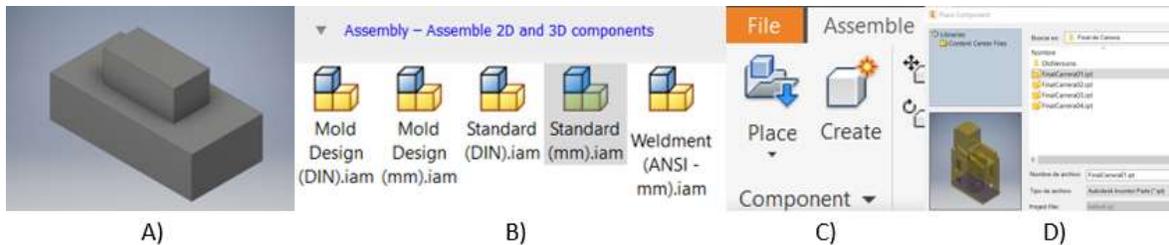
El catálogo carece de los planos del mecanismo interno, se recurrió a diseñar las piezas faltantes a partir de las dimensiones de los modelos previos (Ver Fig.3.2), además, se tomó de referencia visual el mecanismo interno de una válvula 3/2 monoestable (Fig. 3.3 A). Se adaptó la carrera y las vías a la carcasa (Fig. 3.3 B (1-3)). Para una mejor apreciación visual, se agregó un material transparente a la carcasa. Posteriormente se diseñó la corredera (Fig. 3.3 C), el parámetro de diseño que debía cumplir fue tener dos émbolos cuya distancia entre sí fuera la necesaria para que en el estado inicial las vías 1 y 3 de la Fig. 3.3 B permanecieran cerrada y abierta, respectivamente, y al cambiar la válvula de posición dichas vías cambiaran de estado.



**Figura 3.3 Modelado interno. (A) mecanismo interno válvula 3/2 [38], (B) Vías [1,2 y 3] del final de carrera, (C) Corredera**

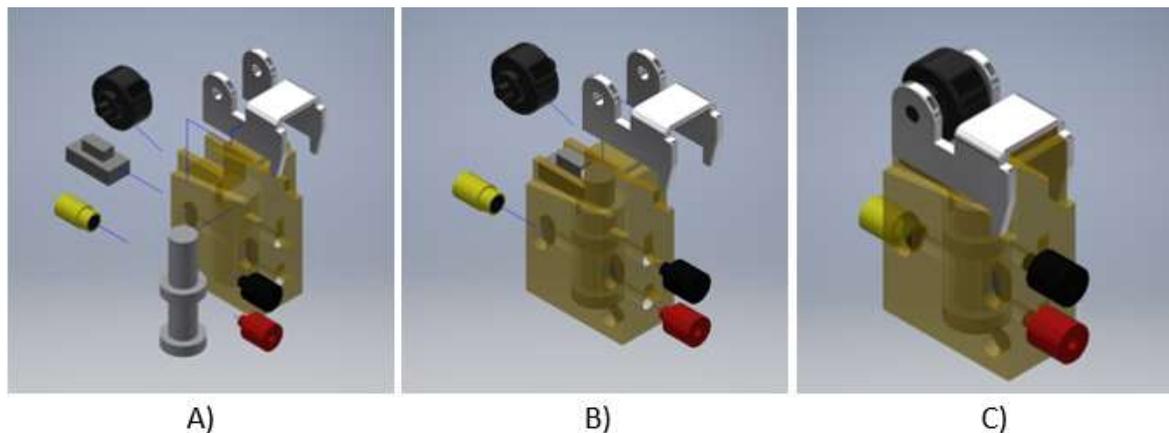
Paso 4: Finalmente se modela el elemento de contacto (Fig. 3.4 A), diseñado a partir de las dimensiones del rodillo de presión.

Una vez modeladas las cinco piezas que componen el final de carrera, se genera un nuevo archivo de tipo ensamble (Fig. 3.4 B) en *Autodesk Inventor*. Mediante la ventana *Place* (Fig. 3.4 C) se buscan los modelos que componen el mecanismo, se abre una ventana que muestra las piezas (Fig. 3.4 D) y se importan al ensamble.



**Figura 3.4 Elemento de contacto. (A) Modelado, (B) Ensamble, (C) Búsqueda de ensamble, (D) Importación de piezas**

Paso 5: El ensamble reconoce cada una de las piezas respetando las escalas, se procede a tomar la carcasa (Ver Fig. 3.2 A) como pieza de referencia, a partir de ésta se modifica la dirección y sentido de las demás (Fig. 3.5 A) colocándolas cerca de la posición a la que pertenecen en el componente. Finalmente se agregan restricciones una a una sobre la pieza de referencia (Fig. 3.5 B), hasta obtener el ensamble de todo el conjunto (Fig. 3.5 C).



**Figura 3.5 Ensamble final de carrera. (A) Explosivo, (B) Restricciones, (C) Ensamblaje completo**

## 3.2. Ambiente 3D

El software elegido como motor gráfico para la creación del ambiente virtual, fue *Unity 3D*. Un motor gráfico es un conjunto de herramientas que permiten mostrar gráficos en pantalla, reproducir sonido, conectarse a internet, manejar físicas, colisiones, inteligencia artificial y detectar periféricos. Estas herramientas se controlan a través de códigos de programación también llamados *scripts*.

Paso 1: El entorno virtual se diseña a partir de una escena. La escena (Fig. 3.6 A) es una ventana gráfica que muestra un espacio tridimensional infinito, representado en un sistema de coordenadas cartesiano. Por defecto incluye dos objetos, una cámara y una luz tipo solar, es posible crear o almacenar objetos y visualizarlos en la escena y en la jerarquía.

La jerarquía (Fig. 3.6 B) es una lista ordenada representada en conjuntos y subconjuntos, también llamados padres e hijos que contienen los atributos de cada objeto, además, es el medio en el que los *scripts* envían y obtienen información para ejecutar alguna acción dentro de la escena.

El inspector (Fig. 3.6 C) muestra los atributos de cada objeto, tiene como componente principal *Transform* que almacena la posición, rotación y escala, es posible agregar más componentes para personalizar al objeto.

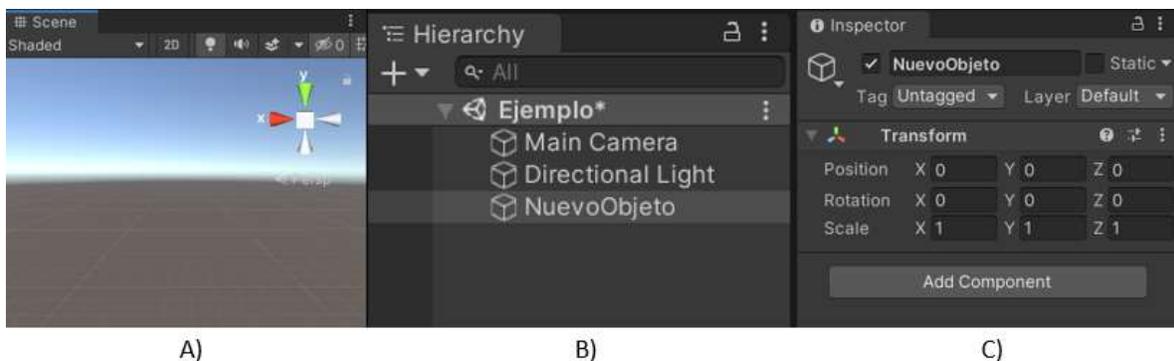
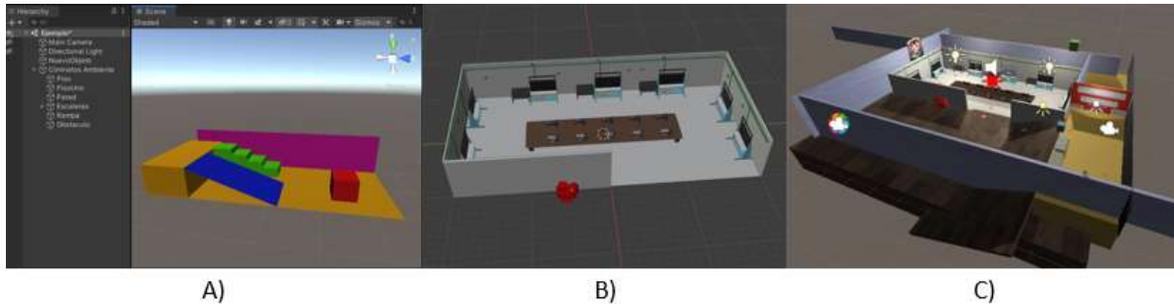


Figura 3.6 Ventanas de desarrollo. (A) Escena, (B) Jerarquía, (C) Inspector

Paso 2: El desarrollo del entorno virtual se divide en tres etapas. La primera etapa es generar figuras poligonales básicas, ordenarlas para construir un escenario compuesto por: pisos, pared, rampa, obstáculo y escaleras (Fig. 3.7 A).

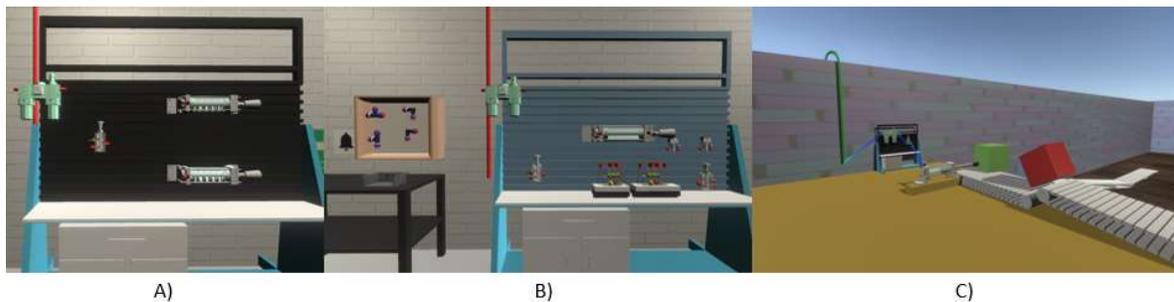
La segunda etapa consiste en modelar en *Autodesk Inventor* las mesas neumáticas, así como el compresor y la red neumática, posteriormente importar los modelos a *Blender*, generar clones de las mesas y distribuirlas en cada bajada de cuello de cisne (Fig. 3.7 B).

La última etapa consiste en importar a *Unity* el modelo del Laboratorio de neumática, unirlo con el primer escenario hasta organizar, optimizar, acondicionar y decorar el espacio de trabajo, adicionalmente se iluminó cada habitación por separado para que el usuario tenga una mejor experiencia (Fig. 3.7 C).



**Figura 3.7 Diseño de laboratorio. (A) Escenario básico, (B) Modelado del laboratorio, (C) Escenario final**

Posteriormente se realiza la instalación del equipo neumático dentro del laboratorio virtual. La Fig. 3.8 A muestra el equipo necesario para armar el circuito de la práctica 5 “Accionamiento de un cilindro de simple efecto”, mientras que la Fig. 3.8 B muestra la mesa contigua que contiene el equipo necesario para el armado de la práctica 6 “Accionamiento de un cilindro de doble efecto”. Adicionalmente la Fig. 3.8 C es una parte del entorno que muestra al usuario un caso práctico de la neumática.



**Figura 3.8 Instalación del equipo neumático. (A) Práctica 5, (B) Práctica 6, (C) Caso práctico**

Se realiza el jugador en primera persona y un menú de inicio. Un jugador en primera persona se compone de una cámara, un cuerpo para detectar colisiones físicas, una zona de interacción con el ambiente, adicionalmente se agrega un apuntador laser para interactuar con el equipo neumático (Fig. 3.9. A). Para controlarlo es necesario incluir dentro de sus atributos un *Character Controller* y generar un *script* que interprete los eventos del *mouse* y teclado, para convertir esa información en rotación y movimiento dentro del simulador (Fig. 3.9. B).

Finalmente se realiza un menú (Fig. 3.9 C), es una escena en 2D, que contiene dos botones, uno para acceder al simulador y otro para leer las instrucciones.

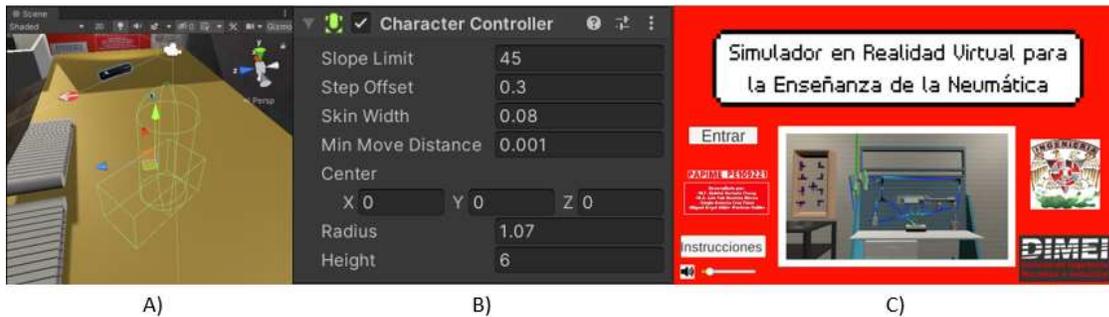


Figura 3.9 Elementos de interacción. (A) jugador en primera persona, (B) Character Controller, (C) Menú de inicio

### 3.3. Animación

Ejemplo de animación para cilindro de doble efecto

Paso 1: Importar la pieza ensamblada de *Inventor* a *Blender*, seleccionar dentro de la ventana gráfica la pieza a animar (Fig. 3.10 A). *Blender* cuenta con una ventana que muestra los elementos que contiene el ensamble, en algunos casos las piezas a animar se encuentran en una capa interna del objeto por lo que no será posible seleccionarla desde la ventana gráfica, pero sí se podrá acceder a ella desde el ensamble (Fig. 3.10 B).

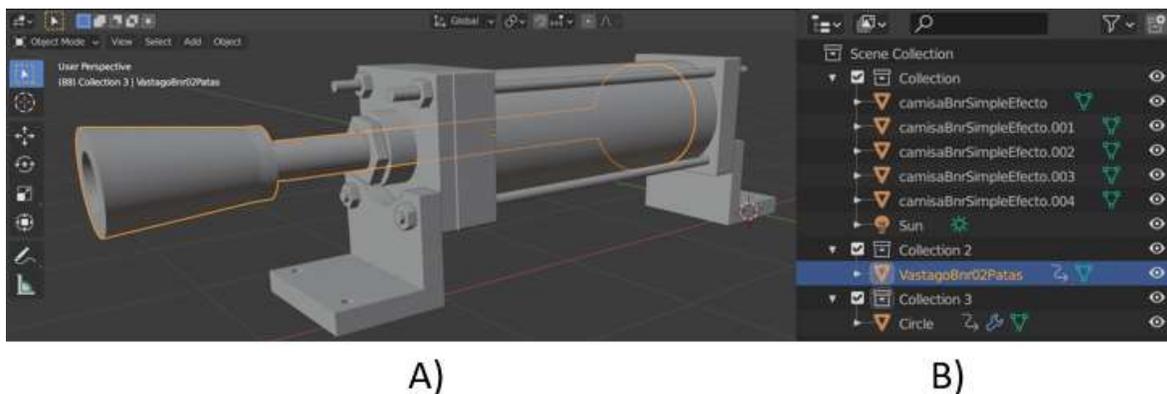
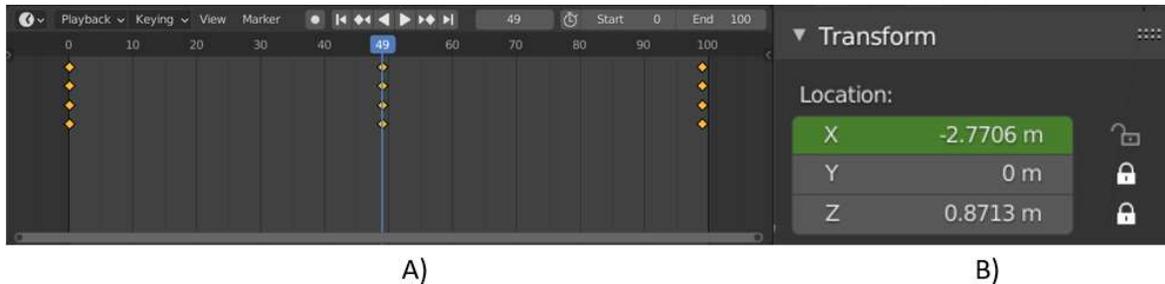


Figura 3.10 Animación de cilindro de doble efecto. (A) Ventana gráfica, (B) Jerarquía del ensamble

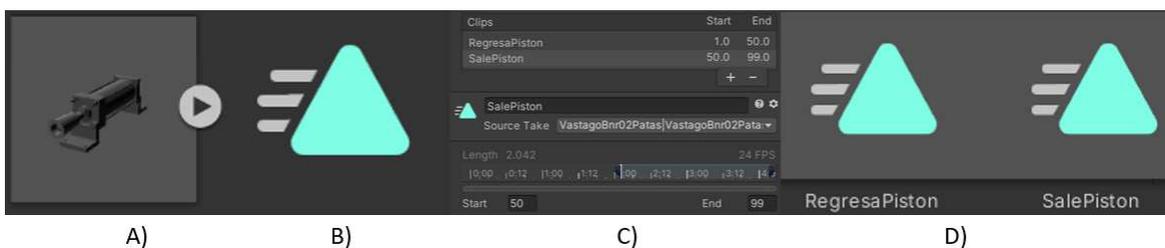
Paso 2: Al seleccionar la pieza es posible modificar la posición, rotación y escala, parámetros usados para generar la animación. *TimeLine* es una herramienta integrada en *Blender* para realizar animaciones, es necesario definir un rango de fotogramas en los que se llevará a cabo dicha animación, para efectos prácticos el rango estará definido entre 0 y 100 fotogramas (Fig. 3.11 A). La animación para este ejemplo es una traslación en el plano X (Fig. 3.11 B), por lo que es necesario definir tres posiciones, la inicial cuando el vástago está en reposo, la final cuando

el vástago se encuentra completamente extendido y de nuevo la inicial, es decir, cuando el vástago vuelve a la posición de reposo, cada posición se almacena en un fotograma clave entre el rango previamente establecido, *Time Line* se encarga de realizar la interpolación gráfica entre cada fotograma para obtener finalmente el renderizado del vástago.



**Figura 3. 11 *TimeLine*. (A) Fotogramas, (B) Animación del desplazamiento**

Pasos 3: Importar a *Unity* la pieza junto con su animación correspondiente, guardar el archivo en los *assets* del proyecto (Fig. 3.12 A), posteriormente abrir el archivo y seleccionar el triángulo (Fig. 3.12 B), es el icono que representa la animación del objeto. En el inspector se activará la opción de editar clips, es decir, la animación es un solo clip que va de 0 a 100 fotogramas, *Unity* tiene la opción de cortar el clip en cuantas animaciones requiera el objeto, el cilindro requiere un corte para generar dos clips, el primero de 0 a 50 fotogramas y el segundo de 50 a 99 fotogramas, cuando avanza y cuando retrocede a la posición de reposo, respectivamente (Fig. 3.12 C), al finalizar se actualizará la animación de *Blender* y se generarán dos nuevas animaciones. Para llevar un mejor control de cada animación se renombran con la acción que realizan al objeto (Fig. 3.12 D).



**Figura 3.12 Clips de animación. (A) importación, (B) Icono de animación, (C) Edición de animación, (D) Animaciones resultantes**

Paso 4: Se crea un nuevo componente llamado *Animator Controller* (Fig. 3.13 A), en este se arrastran las animaciones previamente editadas, posteriormente se genera un diagrama de estados, en primer lugar, se crea un estado vacío (rectángulo naranja) que no contiene animación, después se agregan transiciones (flechas blancas) entre cada estado (Fig. 3.13 B). Finalmente se generan distintos tipos de parámetros, ya sea booleanos, enteros, flotantes o *triggers*, las condiciones para ejecutar una animación, se colocan entre cada transición (Fig. 3.13 C).

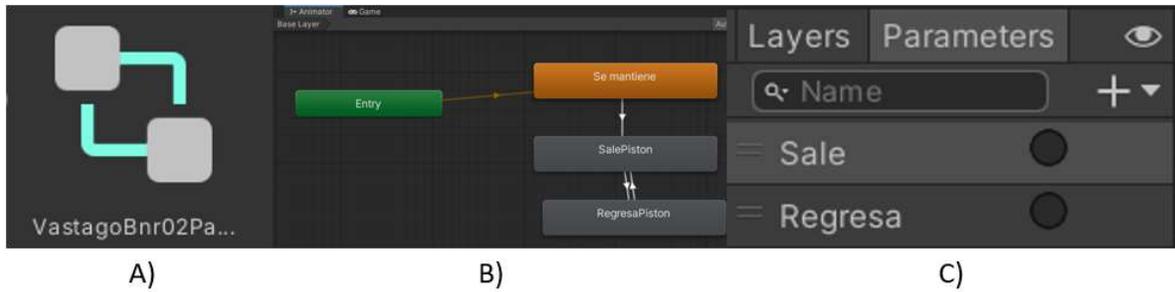


Figura 3.13 *Animator Controller*. (A) Icono, (B) Diagrama de estados, (C) Parámetros

Paso 5: Al seleccionar el objeto cilindro dentro de la escena o la jerarquía, la ventana *inspector* muestra como primer componente la posición, rotación y escala del objeto, además, incluye un botón para agregar más componentes, como *scripts*, control de animación, cuerpos rígidos, colisiones, materiales entre otras herramientas. Para el caso en estudio, se agregan *scripts* que controlan los parámetros para activar el control de animaciones, así como *scripts* para recibir y actualizar la información del caudal en los racores y un *script* general que maneja toda la información recibida (Fig. 3.14 A).

Los *colliders* definen la forma de un *gameObject*, es decir, un objeto dentro del simulador para propósito de colisiones físicas con otros objetos o elementos que puedan afectarlo; es una malla invisible que rodea el objeto para darle la habilidad de interactuar físicamente con el mundo virtual. No es obligatorio que tenga la misma forma del objeto, basta con tener una forma aproximada (Fig. 3.14 B).

Finalmente se realizan pruebas entre usuario y máquina, es decir, previamente en el código de programación se asocian las animaciones a un evento del teclado alfanumérico, ya sea presionar una tecla, mantenerla pulsada o soltar la tecla. El evento actualiza en tiempo real los parámetros en el diagrama de estados ejecutando la primera animación cuando el vástago avanza, posteriormente se suelta la tecla y pasa al siguiente estado cuando el vástago retrocede (Fig. 3.14 C).

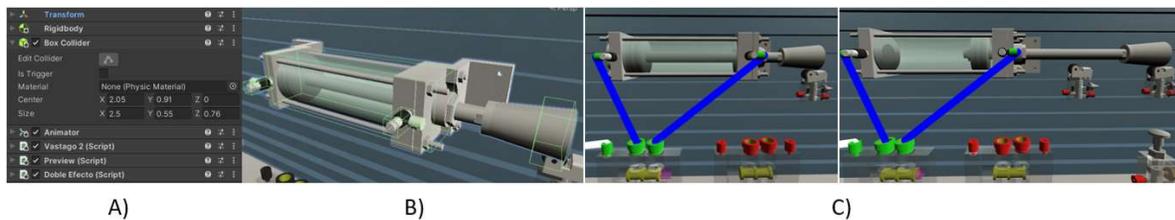


Figura 3.14 Asignación de parámetros. (A) Atributos del objeto, (B) *Colliders*, (C) Prueba de animación

## 4. Resultados

### 4.1. Implementación de la Práctica 5

#### Accionamiento de un cilindro de simple efecto

Paso 1: Habilitar el apuntador láser, presionando “L” en el teclado (Figura 4.1 A), para deshabilitar basta con repetir la misma acción (Fig. 4.1 B). El apuntador es el medio por el cual el usuario interactúa con el ambiente tridimensional.

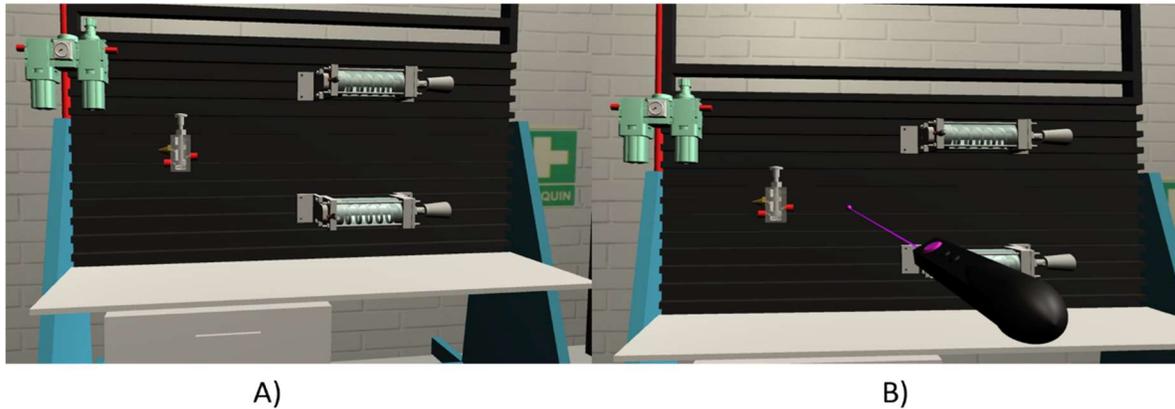


Figura 4.1 Apuntador láser. (A) Inhabilitado, (B) Habilitado

Paso 2: Acercarse a la mesa neumática, apuntar a la salida de la válvula 3/2 monoestable, presionar clic izquierdo con el *mouse*, al mostrar el cambio de color de rojo a verde en la terminal de conexión de la válvula significa que se realizó con éxito la primera conexión de la manguera neumática (Fig. 4.2 A), posteriormente seleccionar la entrada al racor conectado al cilindro, presionar clic izquierdo, como resultado se crea una manguera neumática (Fig. 4.2 B).

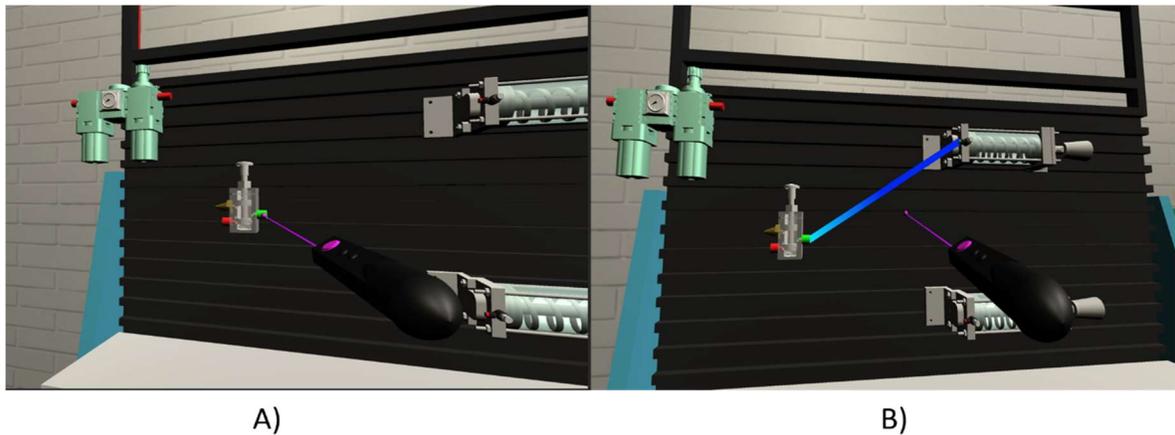


Figura 4.2 Creación de manguera neumática. A) Salida de la válvula 3/2, B) Racor

Paso 3: Apuntar hacia el racor, presionar clic izquierdo, se mostrará en pantalla un *slider* para modificar el caudal de salida en el racor en un rango de 0% a 100% (Fig. 4.3).



Figura 4.3 Selección de racor para modificar el caudal de salida

Paso 4: Realizar la conexión entre la alimentación de la válvula 3/2 (Fig. 4.4 A) monoestable a la unidad de mantenimiento (Fig. 4.4 B).

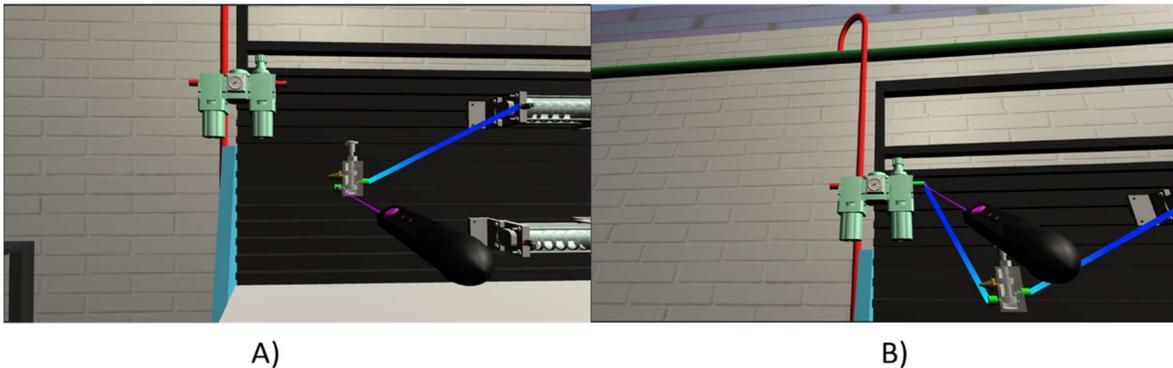


Figura 4.4 Conexiones de la válvula 3/2 monoestable. A) Conexión de la entrada del racor a salida válvula 3/2 monoestable, B) Conexión de la entrada de la válvula 3/2 a la unidad de mantenimiento

Paso 5: Realizar la conexión entre la entrada de la unidad de mantenimiento (Fig. 4.5 A) y la salida a la red neumática para alimentar al circuito (Fig. 4.5 B).

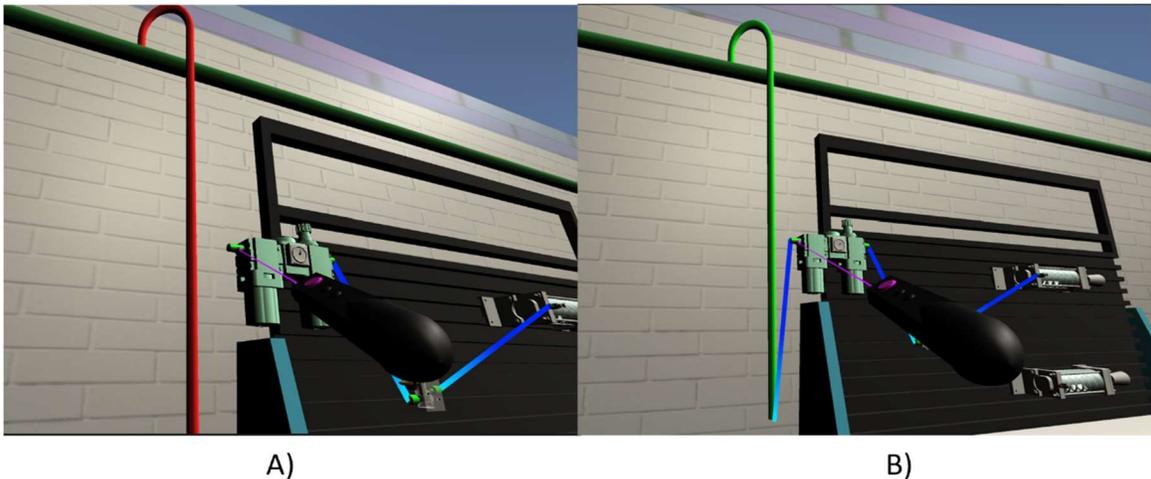


Figura 4.5 Conexiones finales. A)Entrada de la unidad de mantenimiento , B) Salida de la red neumatica

Paso 6: Finalmente para accionar la válvula 3/2 monoestable es necesario presionar la tecla con la letra “O”, permitiendo así el flujo de aire al cilindro, accionando el avance del vástago (Fig. 4.6. B) Cuando se deja de pulsar la válvula 3/2 el retorno por resorte regresa a la posición de reposo al vástago (Fig. 4.6. A).

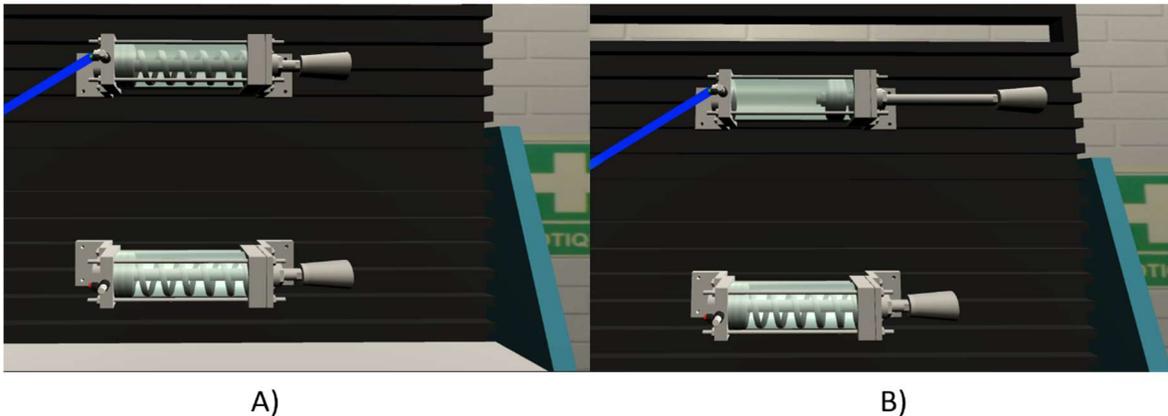


Figura 4.6 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando una válvula 3/2 monoestable. A) Cilindro retraído, B) Cilindro extendido

## 4.2. Implementación de la Práctica 6

### Práctica 6.1 Accionamiento de un cilindro de doble efecto con válvula monoestable.

Paso 1: Acercarse a la mesa neumática, apuntar a la salida A de la válvula 5/2 monoestable, presionar clic izquierdo con el mouse, al mostrar el cambio de color de rojo a verde en la conexión significa que se realizó con éxito la primera parte de la conexión de la manguera neumática (Fig. 4.7 A), posteriormente seleccionar la entrada al racor A conectado al cilindro, presionar clic izquierdo, se realizó con éxito la siguiente conexión como resultado se crea una manguera neumática (Fig. 4.7 B).

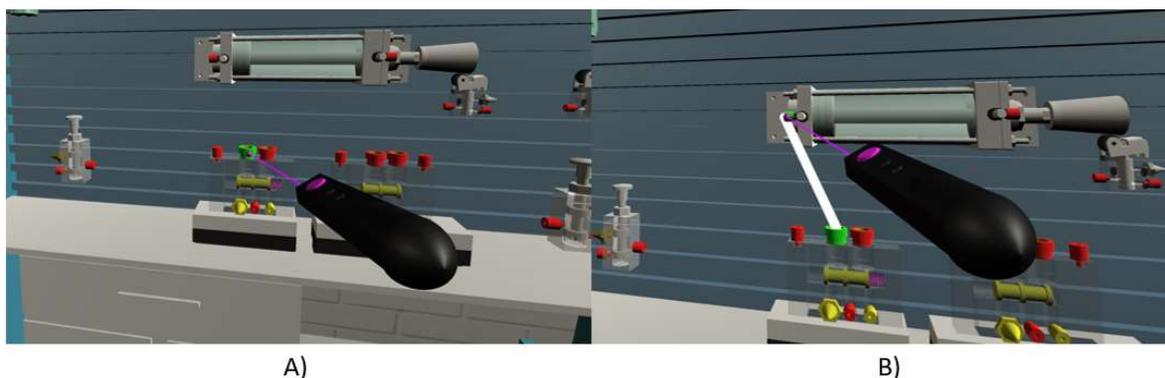


Figura 4.7 Conexión de la válvula 5/2 monoestable al racor A del cilindro mediante apuntador. A) Selección del punto inicial, B) Selección del punto final

Paso 2: Seleccionar el racor A, presionar clic izquierdo, se habilitará una pantalla que contiene un *slider* para regular el caudal de salida del aire comprimido entre 0% a 100% (Fig. 4.8 A), realizar los mismos pasos para el racor B (Fig. 4.8 B).

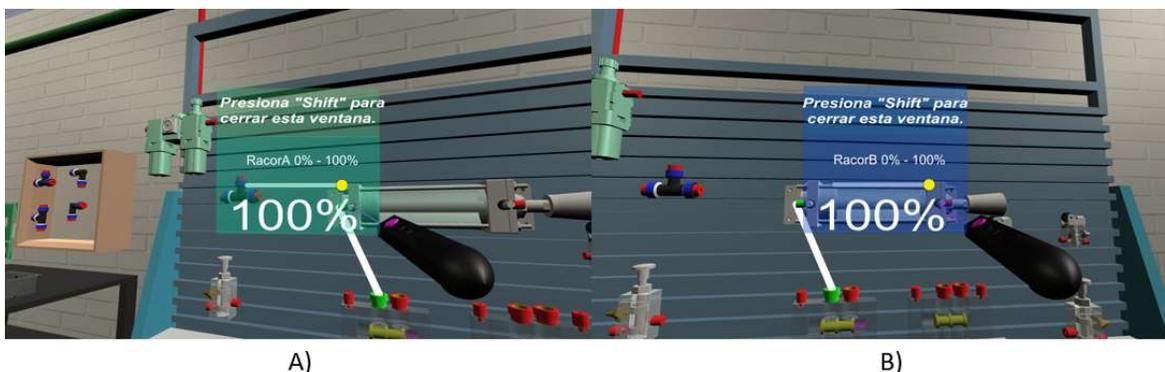


Figura 4.8 Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) Racor A, B) Racor B

Paso 3: Realizar la siguiente conexión del racor B hacia la salida B de la válvula 5/2 monoestable, posteriormente conectar el pilotaje X de esta a la salida A de la válvula 3/2 monoestable (Fig. 4.9 A).

Es necesario agregar uniones que evitan la superposición entre las mangueras y el equipo neumático, éstas se encuentran a los laterales de la mesa. Apuntar sobre la unión más apropiada, pulsar clic izquierdo, se generará una pieza en el contenedor gris de abajo (Fig. 4.9 B).



**Figura 4.9 Conexiones restantes válvula 5/2 monoestable y selección de uniones. A) Conexión de la salida B al racor B y conexión pilotaje X a salida válvula 3/2 monoestable, B) Selección de unión T**

Paso 5: Apuntar hacia la unión T que se generó previamente, mantener presionado clic izquierdo, mover el apuntador hasta la posición más conveniente en la mesa neumática, soltar clic izquierdo (Fig. 4.10 A). Realizar la conexión entre la unión T y la alimentación P de la válvula 5/2 monoestable (Fig. 4.10 B). Para borrar las uniones, apuntar sobre ésta y pulsar “N”.



**Figura 4.10 Conexión a unión T. A) Reposicionando la unión T dentro de la mesa, B) Conexión entre unión T y alimentación de la válvula 5/2 monoestable**

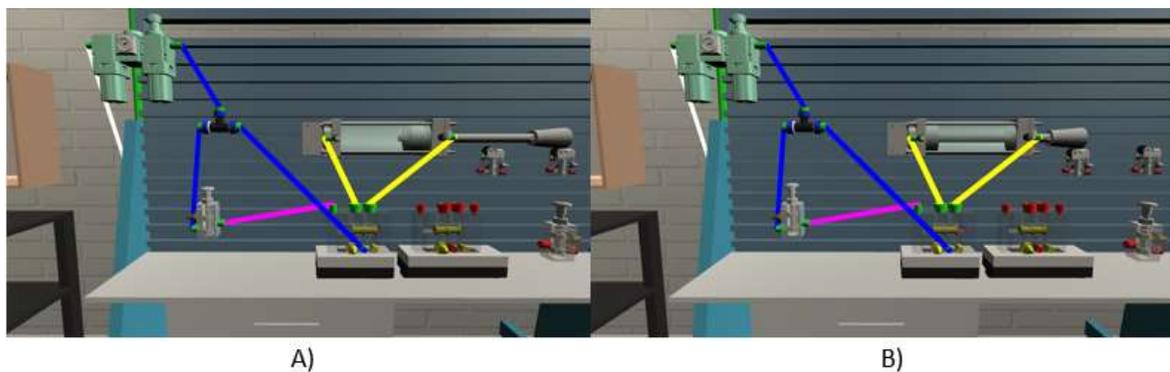
Paso 6: Realizar la conexión entre la unión T y la alimentación P de la válvula 3/2 monoestable, posteriormente realizar la conexión entre la unión T y la unidad de mantenimiento (Fig. 4.11 A).

Las mangueras incluyen cinco colores diferentes para que el usuario pueda construir un diagrama neumático jerarquizado, compuesto por: elementos de alimentación, etapa de control, etapa de potencia, elementos intermedios (racores) y finalmente los actuadores (Fig. 4.11 B).



**Figura 4.11 Vista frontal del circuito terminado. A) Mangueras blancas por defecto, B) Circuito jerarquizado**

Paso 7: Finalmente se realiza la conexión entre la unidad de mantenimiento a la red neumática para alimentar al circuito (Fig. 4.12 A). Para accionar la válvula 3/2 monoestable, es necesario pulsar “X” en el teclado, este evento permitirá el flujo de aire sobre el pilotaje X en la válvula 5/2 monoestable (manguera rosa), activando la posición dos, es decir, flujo de aire entre alimentación P y salida A de la válvula 5/2 monoestable, posteriormente hacia el racor A del cilindro (manguera amarilla izquierda), accionando el avance del vástago. Cuando se deja de pulsar la válvula 3/2 el retorno por resorte regresa a la posición uno la válvula 5/2 accionando el retroceso del vástago (Fig. 4.12 B).

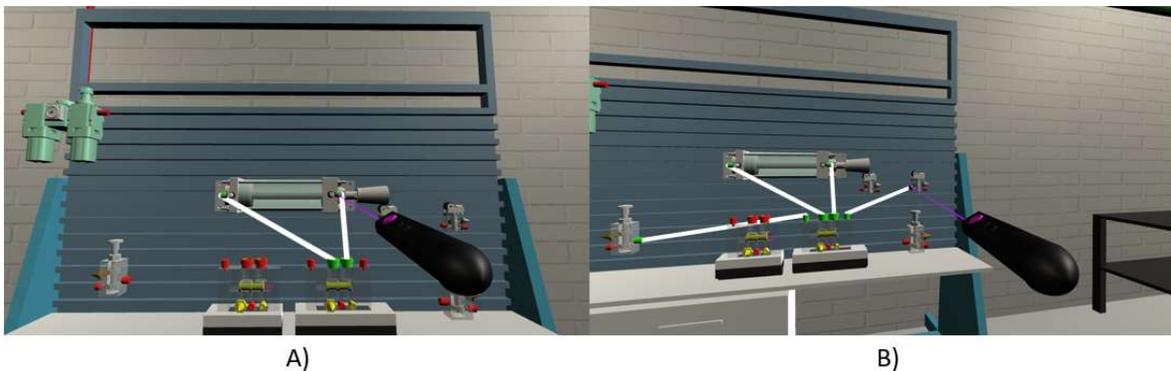


**Figura 4.12 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando un botón y una válvula 5/2 monoestable. A) Cilindro extendido, B) Cilindro retraído**

#### 4.2.2 Práctica 6.2: Accionamiento de un cilindro de doble efecto con válvula biestable, accionado con un botón y un final de carrera.

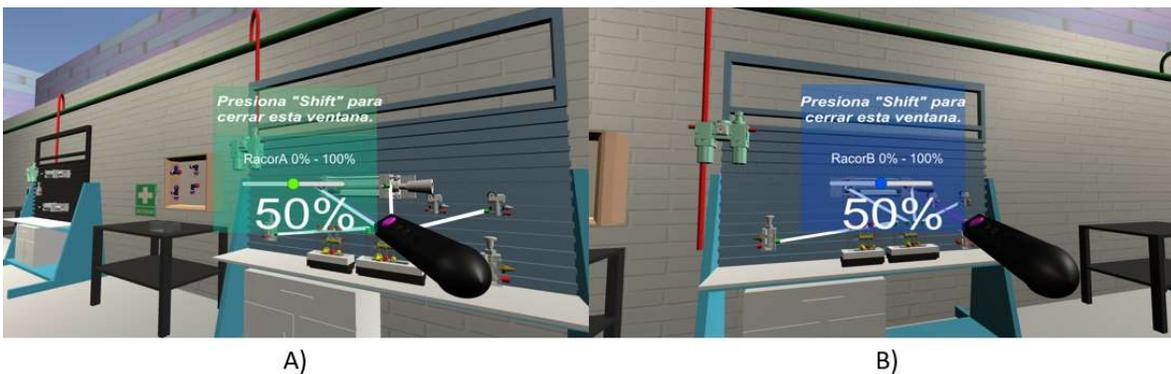
Paso 1: Para generar una manguera es necesario pulsar clic izquierdo del mouse sobre dos conexiones rojas de los componentes neumáticos, cuando estos se pulsen individualmente las conexiones cambiarán a verde y se generará una manguera neumática.

Identificar la válvula 5/2 biestable, realizar la conexión entre la salida A de la misma y el racor A del cilindro, repetir el proceso con la salida B y el racor B (Fig. 4.13 A). Realizar la conexión de la salida A de la válvula 3/2 monoestable al pilotaje X de la válvula 5/2 biestable, posteriormente conectar el pilotaje Y de la misma a la salida A del final de carrera A1 (Fig. 4.13 B).



**Figura 4.13** Conexiones de una válvula 5/2 biestable. A) conexiones entre salidas A y B a racores A y B, B) Conexión pilotaje X & Y a salida válvula 3/2 monoestable y salida final de carrera, respectivamente

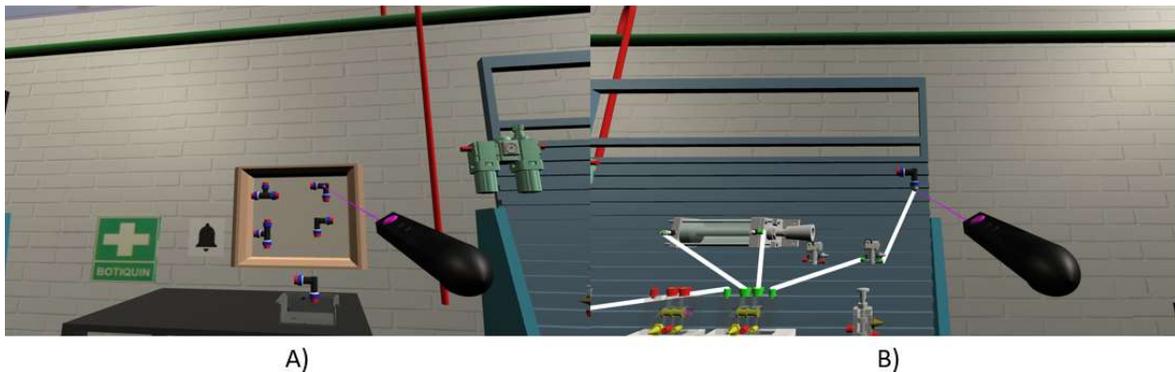
Paso 2: Apuntar hacia el racor A, presionar clic izquierdo, se mostrará en pantalla un *slider* para modificar el caudal de salida en el racor A en un rango de 0% a 100% (Fig. 4.14 A). Se repite el mismo procedimiento para el racor B (Fig. 4.14 B).



**Figura 4.14** Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) Racor A, B) Racor B

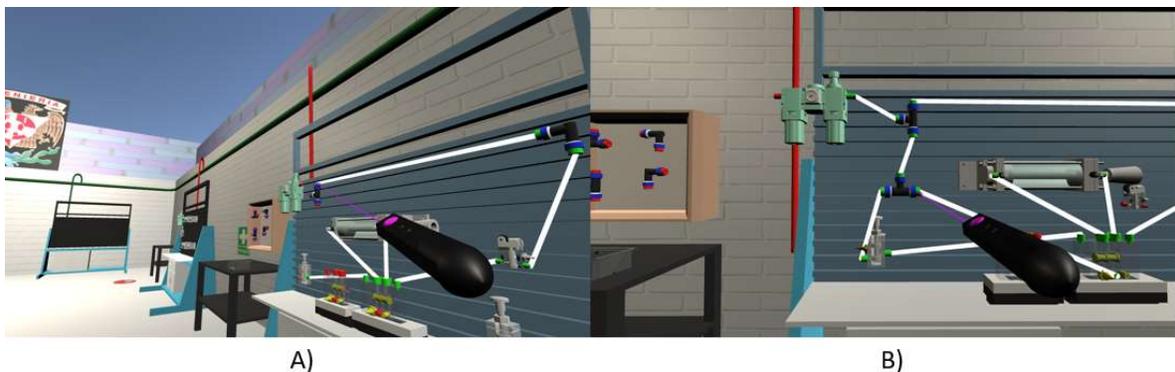
Paso 3: El circuito requiere de elementos periféricos llamados uniones que tienen la función de interconectar componentes, facilitando la dirección del aire comprimido para toda la línea de trabajo. Además, evitan la superposición entre mangueras y componentes neumáticos.

Apuntar hacia la unión en codo, pulsar clic izquierdo, se generará una unión en el contenedor de abajo (Fig. 4.15 A). Apuntar sobre la pieza que se generó, mantener pulsado clic izquierdo y mover la pieza al lugar más conveniente dentro de la mesa neumática, dejar de pulsar para que la unión quede estática en la mesa, posteriormente conectar la alimentación P del final de carrera A1 a la unión en codo (Fig. 4.15 B).



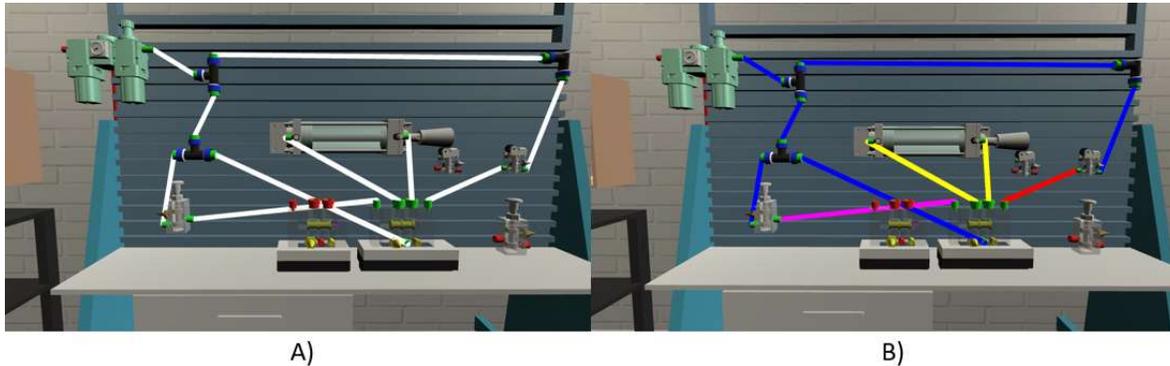
**Figura 4.15 Unión en codo. A) Selección de unión, B) Conexión entre alimentación del final de carrera a codo**

Paso 4: Generar y mover dos uniones en T a la mesa neumática, la primera unión se conecta a la unión en codo que a su vez conecta a la alimentación P del final de carrera A1 (Fig. 4.16 A). Posteriormente la unión T se conecta a la unidad de mantenimiento para permitir distribuir aire comprimido a más componentes neumáticos. Se coloca la segunda unión T debajo de la anterior, realizar la conexión entre ambas uniones T, conectar la unión T a la alimentación P de la válvula 3/2 monoestable y finalmente conectar la unión T a la alimentación P de la válvula 5/2 biestable (Fig. 4.16 B).



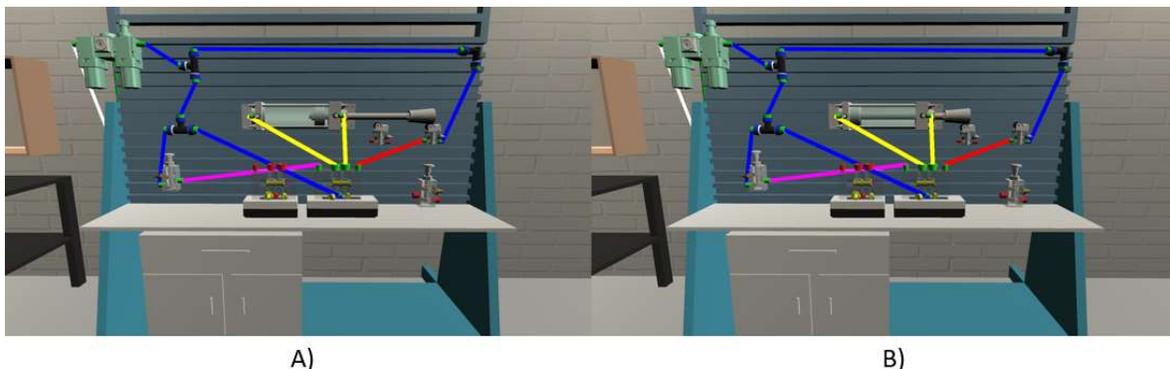
**Figura 4.16 Uniones en T. A) Reposicionando y conectando primera unión T, B) Reposicionando y conectando segunda unión T**

Paso 5: Para llevar a cabo las buenas prácticas en el armado del circuito, el usuario tiene la opción de generar un diagrama jerarquizado por colores. Para cambiar el color es necesario apuntar hacia una manguera, pulsar la tecla B + [1 - 4] en el teclado alfanumérico. En la Fig. 4.17(A, B), se puede observar esta transición de colores.



**Figura 4.17 Vista frontal del circuito terminado. A) Mangueras blancas por defecto, B) Circuito jerarquizado**

Paso 6: Finalmente se conecta la unidad de mantenimiento a la toma de la red neumática, alimentando al circuito. La tecla “X” acciona la válvula 3/2 monoestable, permitiendo el flujo de aire al pilotaje X de la válvula 5/2 biestable, este flujo permite el cambio de posición de esta, habilitando el flujo de aire de la salida A hacia el racor A permitiendo el accionamiento del cilindro de doble efecto (Fig. 4.18 A). El vástago realiza la carrera de avance hasta pulsar el rodillo del final de carrera A1 permitiendo el flujo de aire hacia el pilotaje Y de la válvula 5/2 biestable, esta regresa a la posición inicial, es decir, el aire fluye por la salida B, a su vez fluye por el racor B, accionando el retroceso del cilindro a la posición de reposo (Fig. 4.18 B).



**Figura 4. 18 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando un botón, un final de carrera y una válvula 5/2 biestable. A) Cilindro extendido, B) Cilindro retraído**

### 4.2.3 Práctica 6.3 Accionamiento de un cilindro de doble efecto con válvula biestable, accionada con dos botones.

Paso 1: Generar una manguera neumática entre el racor A del cilindro y la salida A de la válvula 5/2 biestable, repetir el proceso para el racor B y la salida B (Fig. 4.19 A). Conectar la salida A de la válvula 3/2 al pilotaje X de la válvula 5/2 biestable, posteriormente conectar el pilotaje Y a la salida A de la segunda válvula 3/2 (Fig. 4.19 B).



Figura 4.19 Conexiones de una válvula 5/2 biestable. A) conexiones entre salidas A y B a racores A y B, B) conexión pilotaje X & Y a salida de la primera válvula 3/2 monoestable y a salida de la segunda válvula 3/2 monoestable, respectivamente

Paso 2: Modificar el caudal de salida para ambos racores, esta acción se realiza apuntando con el láser al racor A, pulsar clic izquierdo, se habilita una ventana y con el apuntador del mouse mover el *slider* en un rango de 0% a 100% (Fig. 4.20 A). Se repite esta acción en el racor B (Fig. 4.20 B).

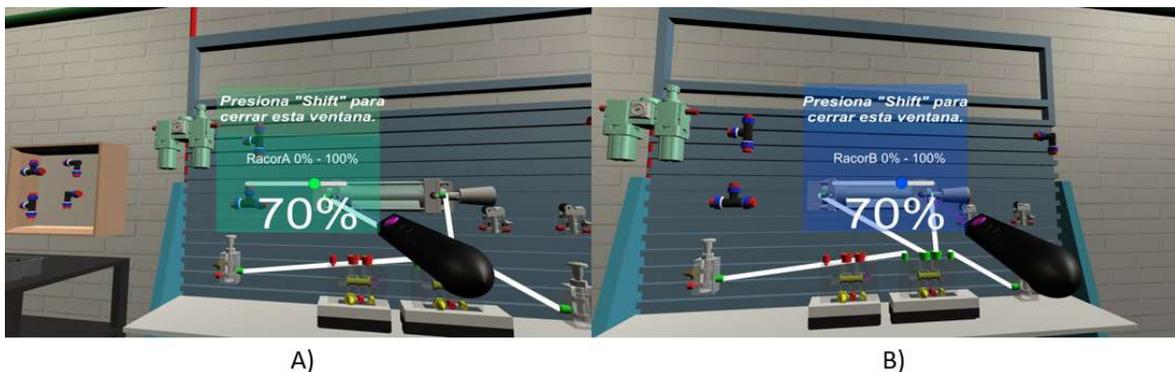


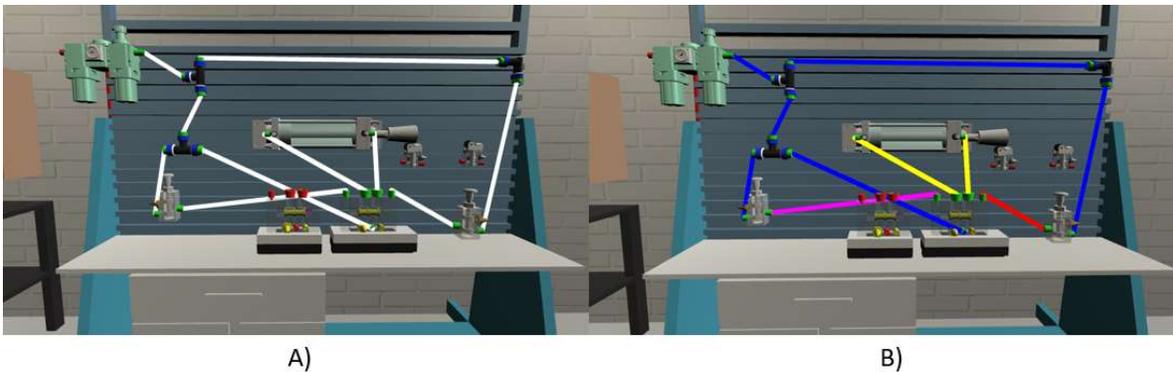
Figura 4.20 Selección de racores para modificar el caudal de salida. A) racor A, B) racor B

Paso 3: Identificar el número de componentes que necesitan alimentación de la unidad de mantenimiento, generar uniones en T o codos y distribuirlos sobre la mesa neumática de manera que las mangueras no se superpongan sobre sí mismas o sobre los componentes neumáticos. Realizar la conexión de la alimentación P del segundo botón a la unión en codo (Fig. 4.21 A), después a la unión T, posteriormente conectar a la unidad de mantenimiento y a la segunda unión T (Fig. 4.21 B).



**Figura 4.21 Uniones en codo y T. A) conexión entre codo y alimentación de válvula 3/2 monoestable, B) conexiones hacia la primera unión en T**

Paso 4: Conectar la alimentación P de la válvula 3/2 a la unión T y finalmente de ésta conectar la alimentación P de la válvula 5/2 biestable para completar el circuito (Fig. 4.22 A). Posteriormente realizar el diagrama jerarquizado usando los diferentes colores para las mangueras (Fig. 4.22 B).

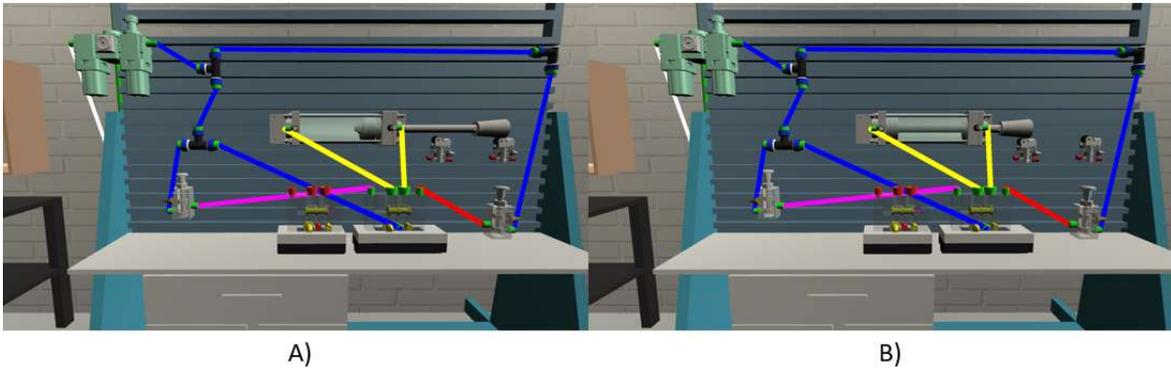


**Figura 4.22 Vista frontal del circuito terminado. A) mangueras blancas por defecto, B) circuito jerarquizado**

Paso 5: Conectar la unidad de mantenimiento a la red neumática para suministrar aire al circuito. Cada botón/válvula 3/2 monoestable se acciona con un evento del teclado, el de la izquierda se acciona con “X” y el de la derecha con “Y”.

Pulsar “X” para permitir el flujo de aire hacia el pilotaje X de la válvula 5/2 biestable, esta acción cambia de posición a la válvula, habilitando el flujo de aire de la alimentación P a la salida A accionando el avance del vástago (Fig. 4.23 A).

Pulsar “Y” para permitir el flujo de aire hacia el pilotaje Y de la válvula 5/2 biestable, esta acción cambia de posición a la válvula, habilitando el flujo del aire hacia el racor B accionando el retroceso del vástago a la posición de reposo (Fig. 4.23 B).



**Figura 4.23 Animación del accionamiento de cilindro neumático usando dos botones y una válvula 5/2 biestable. A) cilindro extendido, B) cilindro retraído**

### **4.3. Análisis comparativo**

#### **Análisis comparativo de los simuladores neumáticos existentes**

Actualmente los simuladores de neumática, bidimensionales o tridimensionales, son una herramienta necesaria para la formación de los estudiantes en el campo de la automatización industrial, debido a que no siempre es posible asistir a clases presenciales o hacer uso de los laboratorios para realizar pruebas prácticas, lo que se convierte en un obstáculo en la formación académica de los alumnos.

#### **Armado de circuitos reales vs. armado de circuitos simulados**

Si bien, elementos como la experiencia de primera mano o un mayor grado de satisfacción, serían razones importantes para mantener el uso de laboratorios convencionales; no se puede negar que la alta demanda, los costos de operación, el mantenimiento al equipo neumático, así como el espacio reducido del laboratorio y la inexistente posibilidad del autoaprendizaje, vuelven a los simuladores una opción mucho más atractiva para las generaciones que crecieron junto a las tecnologías de la información, dado que sus desventajas normalmente solo se encuentran limitadas al tiempo de espera en que una nueva actualización repare un error o mejore algún aspecto técnico/visual. La lista completa de ventajas y desventajas es mostrada a continuación en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 1: Ventajas y desventajas circuitos neumáticos reales**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
1) Mayor grado de satisfacción (armado de un circuito). 2) Un acercamiento más realista a la industria. 3) Mayor retroalimentación del ensayo y error. 4) Identificación de los elementos reales.	1) Costo de operación y mantenimiento. 2) Vida útil del equipo neumático. 3) Aglomeramiento de mangueras. 4) Depende de una instalación física. 5) Supervisión constante por parte de académicos o técnicos. 7) Uso de instalaciones limitado a horarios o capacidad de estas.

**Tabla 2: Ventajas vs. Desventajas Circuitos simulados**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
1) Permite adquirir experiencia de manera rápida y sin poner en riesgo la productividad del sistema. 2) No es necesaria la supervisión constante. 3) No está limitado a horarios o capacidad del laboratorio. 4) No hay límite de piezas o componentes. 5) Método de enseñanza innovador y atractivo para nuevas generaciones.	1) No todos los errores están programados (salidas de aire, mal funcionamiento del equipo, malas conexiones, etc.). 2) La precisión de la simulación depende del software. 3) El armado del circuito puede ser abstracto (símbolos). 4) Es necesario tener conocimiento previo de la simbología.

### **Simuladores existentes vs. simulador NERV**

Los simuladores comerciales existentes en dos o tres dimensiones están diseñados para ser una abstracción gráfica ideal del diseño y construcción del esquema de un circuito, no pretenden reproducir sensaciones y experiencias que en la realidad pueden llegar a suceder.

NERV es un simulador basado en la tecnología emergente de realidad virtual, tiene como característica principal la inmersión dentro de un espacio 3D, ningún simulador comercial consultado ha logrado transmitir la sensación de realismo que tiene cada uno de los componentes neumáticos, e incluso llega a superar la realidad en el sentido de que es posible observar el funcionamiento interno de cualquier componente neumático en tiempo real de ejecución del circuito, si bien, los componentes reales se diseñan para contener aire a gran presión y realizar una función determinada, NERV tiene por objetivo que el usuario comprenda la representación visual del mecanismo interno en comparación a su homólogo en simbología. En la tabla 3 y 4 se muestran las ventajas y desventajas.

**Tabla 3: Ventajas vs. Desventajas Simuladores existentes**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
1) Acceso a todo público. 2) Fácil acceso a tutoriales y material didáctico. 3) Es posible recrear la mayoría de circuitos neumáticos. 4) En algunos es posible ver el flujo de aire que entra al componente neumático (FluidSim).	1) Alto costo de licencia. 2) El simulador más popular aun es en 2D. 3) No es posible ver el funcionamiento interno de los componentes neumáticos. 4) En la mayoría la perspectiva está limitada a una vista. 5) Asociación entre símbolo y componente neumático casi nula.

**Tabla 4: Ventajas vs. Desventajas Simulador NERV**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
1) Uso en computadoras de escritorio como en VR (en desarrollo). 2) Es posible ver el funcionamiento interno de los componentes. 3) Cambio de color en las mangueras neumáticas (mayor orden y limpieza en el circuito). 4) Uso de un avatar, por lo que se puede deambular por el laboratorio y observar desde distintos ángulos el funcionamiento del equipo neumático. 5) Los objetos fueron modelados en 3D no fueron un renderizado (hacer una imagen realista a partir de un modelo 2D o 3D).	1) Actualmente en desarrollo. 2) Limitado a dos prácticas. 3) Acceso limitado (actualmente). 4) Necesidad de capacitación a profesores.

#### **4.3.1 Análisis de resultados para dos grupos piloto.**

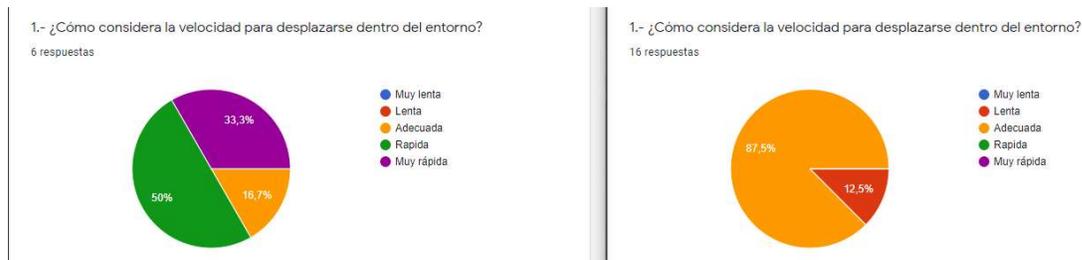
Una vez generada una primera versión del simulador virtual, se definió un protocolo de pruebas y se realizó el primer ensayo con los profesores de la asignatura de Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. La prueba concluyó con un cuestionario de opinión, a fin de identificar áreas que permitieran mejorar la experiencia del usuario, en cuanto a velocidad de desplazamiento, tamaño de textos, funcionamiento y mecánicas de juego. Con la información recabada, se implementaron modificaciones y mejoras en los siguientes aspectos:

- Se agregó un *slider* para la sensibilidad del mouse.
- Se agregó cambio de color de las mangueras.
- Reasignación de teclas de comando.
- Se modificó la escala de conexiones.
- Reajuste de mensajes en racores.
- Implementación de válvula 5/2 monoestable.
- Creación de práctica 6.1 “Accionamiento de pistón de doble efecto con válvula 5/2 monoestable”

Se realizó un análisis del simulador con los cambios realizados, posteriormente se validaron los cambios y se aplicó un segundo ensayo, esta vez participaron alumnos que se encontraban cursando la asignatura de Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. La prueba concluyó con un cuestionario de opinión (Figuras 4.24 a 4.27).

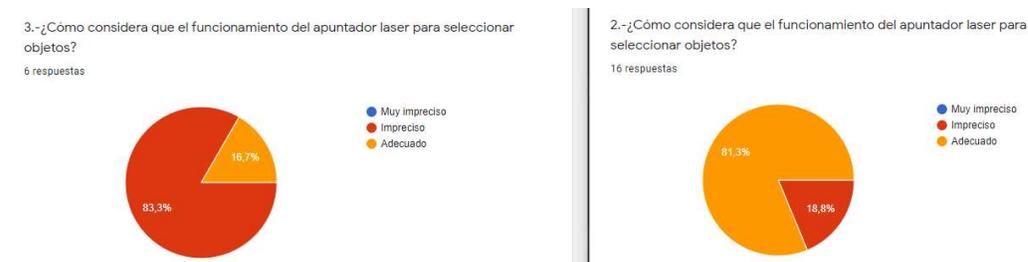
### Análisis comparativo de los protocolos de prueba

De un grupo inicial de muestra conformado por 6 profesores, los resultados iniciales mostraron que sólo el 16.7% (1 persona), consideró adecuada la velocidad de desplazamiento dentro del entorno. En el segundo grupo de muestra conformado por 16 alumnos hubo un aumento del 87.5% (14 personas) consideran adecuada la velocidad de desplazamiento del entorno.



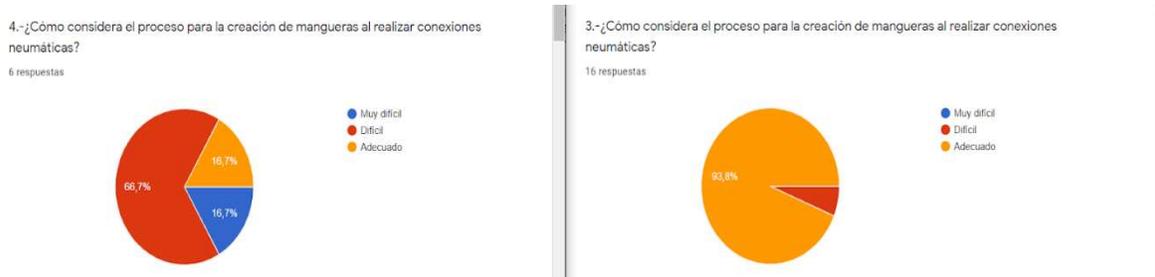
**Figura 4.24 Comparativa de la velocidad de desplazamiento entre la versión de prueba número 1 y número 2**

El segundo aspecto para evaluar fue el funcionamiento del apuntador láser, inicialmente el 83.3% (5 profesores) lo consideraban impreciso y el 16.7% (1 profesor) lo consideró adecuado. Mientras que para la segunda versión el 81.3% (13 alumnos) lo consideran adecuado.



**Figura 4.25 Comparativa del funcionamiento del apuntador laser entre la versión de prueba número 1 y número 2**

El tercer aspecto a evaluar fue el proceso para la creación de mangueras neumáticas, inicialmente el 66.7% (4 profesores) lo consideraban difícil, mientras que 16.7% (1 profesor) lo considero adecuado y otro 16.7% muy difícil. En la segunda versión el 93.8% (15 alumnos) lo consideró adecuado y solo un 6.3% (1 alumno) difícil.



**Figura 4.26 Comparativa de la creación de mangueras entre la versión de prueba número 1 y número 2**

Por último, se evaluó en su totalidad el proceso de armado de un circuito neumático (prácticas 5 y 6), y mientras que para el grupo académico 83.3% (5 profesores) lo consideró adecuado, el 100% de los estudiantes lo percibió de la misma manera.



**Figura 4.27 Comparativa del proceso de armado de un circuito neumático entre la versión de prueba número 1 y número 2**

Como se puede apreciar existe un cambio muy significativo entre ambas versiones de prueba, así como en los grupos encuestados. Originalmente se contaba con la participación de 6 profesores calificados en la materia, automatización industrial, los cuales a pesar de su vasta experiencia en el armado de circuitos reales como simulados, consideraban que el software presentado no era lo suficientemente intuitivo o amigable con el usuario y en algunos casos hasta imposible de manejar; mientras que para la segunda versión de prueba, se contó con 16 alumnos sin mucha experiencia en neumática, únicamente la generada dentro de sus clases en línea, los cuales lo calificaron como un experiencia bastante fluida y amigable con el usuario.

## 5. Conclusiones

La búsqueda de métodos de enseñanza que estimulen la participación, intuición e imaginación, a la par que respeten el ritmo de aprendizaje de cada alumno son cada vez más comunes. También fueron los principales aspectos que se tomaron en cuenta al momento de diseñar este proyecto.

A lo largo del trabajo se buscó desarrollar un software que permita realizar prácticas de neumática en un entorno virtual, por lo que se establecieron tres objetivos principales:

1. El diseño y animación del equipo neumático, así como de sus conexiones.
2. Crear tanto un entorno de trabajo como un controlador en primera persona, para poder interactuar en el mismo.
3. Implementación de múltiples scripts con fines específicos tales como: la interacción, edición, animación y lógica entre los diferentes elementos neumáticos y el controlador, además de crear una interfaz gráfica para el usuario.

Si bien el objetivo general no se pudo cumplir en su totalidad, debido a los alcances previamente establecidos en este trabajo; Se logró implementar perfectamente elementos neumáticos como:

- Válvulas 5/2 y 3/2 de accionamiento neumático (biestable y monoestable).
- Unidad de mantenimiento.
- Cilindros neumáticos (simple y doble efecto).
- Uniones (En codo, T y cruz).
- Auxiliares de distribución (racores).
- Indicadores de posición.
- Mangueras neumáticas.

Por lo tanto, se puede establecer que los puntos uno y tres fueron cumplidos con estos elementos, mientras que para el punto número dos se intentó recrear de la manera más fidedigna posible el Laboratorio de Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería (mesas y redes neumáticas, compresor, señales, computadoras, etc.). El cual puede ser recorrido en primera persona para lograr una mayor inmersión por parte del usuario.

Con lo cual se establecen las bases de este software de simulación y dejando únicamente como trabajo a futuro:

1. Migración a un ambiente totalmente enfocado en la realidad virtual.
2. Un menú con la posibilidad de guardar partidas y retomar las mismas.
3. Mejorar la interfaz de inicio y de usuario.
4. Crear un servidor que pueda alojar a múltiples usuarios, para no depender más de un ejecutable.
5. Desarrollo de nuevos elementos neumáticos, mecánicos y eléctricos para el resto de las prácticas: válvulas lógicas y *timer* (positivo y negativo). Así como las cinemáticas para cada uno.
6. Elementos de sonido para las alarmas, salidas de pistones, menús, etc.

## 6. Referencias

- [1] E.S.C., J. S. (2001). *Oxford English Dictionary 2nd edn, 1989*. Oxford: Oxford University Press.
- [2] Fitzgibbons, L. (Febrero de 2019). *Teach Target* . Obtenido de wearable computer: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definicion/wearable-computer>.
- [3] Dragana, W. J. (2018). *VR system components, including input and output devices, data, software, hardware and users*. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.
- [4] Autmix. (s.f.). *Pragma*. Obtenido de ¿Qué es la realidad virtual y cuáles son sus aplicaciones?: <https://pragma-a.com/que-es-la-realidad-virtual-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>.
- [5] EDS Robotics. (7 de Julio de 2021). *edsrobotics*. Obtenido de Realidad Aumentada, ¿qué es y qué aplicaciones tiene?: <https://www.edsrobotics.com/blog/realidad-aumentada-que-es/>.
- [6] Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología. (19 de Abril de 2017). *REALIDAD VIRTUAL UNICYT*. Obtenido de Realidad no Inmersiva: <https://proyectovrunicyt.wordpress.com/2017/04/19/realidad-no-inmersiva/>.
- [7] Negrón, A. P. (2019). *Introducción a la realidad virtual*. México: BUK.
- [8] Martínez Landin, F. A. (2002). *Realidad virtual -crestomatia [Tesis que para obtener el título de Ingeniero en Computacion]*.
- [9] Lorenzo, B. (11 de Abril de 2008). *tuexperto.com*. Obtenido de SIMULADOR DE VUELO CON TRES PANTALLAS: <https://www.tuexperto.com/2008/04/11/simulador-de-vuelo-con-tres-pantallas/>.
- [10] Miranda Márquez, E. (2012). *Realidad o paseo virtual: teoría, análisis, diseño y aplicación, caso práctico [Tesis que para obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Computación]*.
- [11] Sony Computer Entertainment America. (s.f.). *PlayStation Move navigation controller*. Obtenido de PlayStation VR: <https://www.playstation.com/en-us/accessories/playstation-move-motion-controller/>.
- [12] Owatch. (s.f.). *Owatch New Games*. Obtenido de Simulador de vuelo VR: <https://www.stekiamusement.com/es/inicio/vr-flight-simulator/>

- [13] Rodríguez, V. (6 de Mayo de 2018). *I AM VR*. Obtenido de 10 HERRAMIENTAS PARA CREAR ARTE EN REALIDAD VIRTUAL: <https://i-amvr.com/10-herramientas-para-crear-arte-en-realidad-virtual/>.
- [14] Unity. (s.f.). *Unity 3D*. Obtenido de Unity Documentation: <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/UnityManual.html>
- [15] Daniela, L. (2020). *New Perspectives on Virtual*. New York: Routledge.
- [16] Heradio, R., de la Torre, L., & Dormido, S. (2016). *Virtual and remote labs in control education: A survey*. *Annual Reviews in Control*, 42, 1–10.
- [17] Simloc. (s.f.). *Simloc Flight Simulation*. Obtenido de Airbus A320 EASA | FAA: <https://simloc.aero/simuladores-de-vuelo/airbus-a320-easa-faa>.
- [18] FundamentalVR. (s.f.). *FundamentalVR*. Obtenido de Fundamental Surgery: <https://fundamentalsurgery.com/>.
- [19] Erasmus+ Programme of the European Union. (s.f.). *Vimela*. Obtenido de <http://vimela.p.lodz.pl/>.
- [20] ISO. (s.f.). *ISO standard*. Obtenido de ISO 1219-1:2012: <https://www.iso.org/standard/60184.html>.
- [21] LVSIM. (Septiembre de 2003). *LVSIM Software de simulación*. Obtenido de Laboratorio y equipo: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/ManualesIng/03/LABORATORIO-EQUIPO-VIR.pdf>.
- [22] Catiñeira, N. H. (s.f.). *Tecnología Técnica*. Obtenido de Programas de simulación : [https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/simuladores/index%20simulacion\\_archivos/Page672.htm](https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/simuladores/index%20simulacion_archivos/Page672.htm).
- [23] LogicLab. (s.f.). Obtenido de <http://www.logiclab.hu/>.
- [24] E-SPAI TECNOLÒGIC DE L'INSTITUT BELLVITGE. (s.f.). *TECNO·BLOC*. Obtenido de <http://www.tecnobloc.com/circuits-pneumatics/logiclab/>.
- [25] Festo. (s.f.). *FLUIDSIM*. Obtenido de Simulación virtual y modelado: [https://www.festo.com/es/es/e/educacion/aprendizaje-digital/simulacion-virtual-y-modelacion-id\\_31275/](https://www.festo.com/es/es/e/educacion/aprendizaje-digital/simulacion-virtual-y-modelacion-id_31275/).

- [26] Conbotassucias. (5 de Diciembre de 2012). *WordPress conbotassucias*. Obtenido de FESTO FLUIDSIM: <https://conbotassucias.wordpress.com/2012/12/05/festo-fluidsim/>.
- [27] Parker Hannifin Corporation. (Enero de 2003). *Tecnología Neumatica Industrial*. Obtenido de [https://www.parker.com/literature/Brazil/M1001\\_BR\\_Neumatica.pdf](https://www.parker.com/literature/Brazil/M1001_BR_Neumatica.pdf).
- [28] *FRL*. (s.f.). Obtenido de <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRhZxtFT5EaIBCwLx22PmOfMZO9QmNV40MjoA&usqp=CAU>.
- [29] *Valvula manual 3/2 vias monoestable con retorno por muelle*. (s.f.). Obtenido de <https://suministointec.com/437084/valvula-manual-3-2-vias-monoestable-conretorno-por-muelle-ref-1vt0-3-nc-aignep.jpg>.
- [30] Festo. (s.f.). Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0408980001331024474.jpg>.
- [31] Festo. (s.f.). Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0305195001331024319.jpg>.
- [32] ebay. (s.f.). Obtenido de <https://i.ebayimg.com/images/g/94AAOSwjWJgNkMp/s-l300.png>.
- [33] *Micro automatización*. (s.f.). Obtenido de <https://cl.microautomacion.com/wp-content/uploads/2018/11/NSE.jpg>.
- [34] Clouinary. (s.f.). Obtenido de [https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b\\_rgb:FFFFFF,c\\_pad,dpr\\_1.0,f\\_auto,h\\_281,q\\_auto,w\\_500/c\\_pad,h\\_281,w\\_500/F9160899-01?pgw=1](https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b_rgb:FFFFFF,c_pad,dpr_1.0,f_auto,h_281,q_auto,w_500/c_pad,h_281,w_500/F9160899-01?pgw=1).
- [35] *Cilindro simple efecto*. (s.f.). Obtenido de <https://static.smc.eu/image/large/CS1.jpg>.
- [36] *Cilindro Neumaticos*. (s.f.). Obtenido de Cilindro Neumatico de doble efecto : [https://cilindros-neumaticos.mx/images/cilindros\\_neumaticos\\_tipos.jpg](https://cilindros-neumaticos.mx/images/cilindros_neumaticos_tipos.jpg).
- [37] Parker. (Febrero de 2016). *Parker Pneumatic*. Obtenido de A complete range of system components: [https://www.parker.com/Literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE=Documents/General%20Catalogues/PDE2600PNUK\\_Parker\\_Pneumatic\\_Catalogue.pdf](https://www.parker.com/Literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE=Documents/General%20Catalogues/PDE2600PNUK_Parker_Pneumatic_Catalogue.pdf).

- [38] Parker. (Enero de 2003). *Parker Training* . Obtenido de Tecnología Neumática Industrial :  
[https://www.parker.com/literature/Brazil/M1001\\_BR\\_Neumatica.pdf](https://www.parker.com/literature/Brazil/M1001_BR_Neumatica.pdf).
- [39] Vicmatic. (s.f.). Obtenido de <http://www.vicmatic.com/wp-content/uploads/2017/05/RACORES-CON-FUNCION.pdf>.
- [40] Parker. (s.f.). PVL-B & PVL-C Inline Valves. Obtenido de Stackable, Stand-alone and Valvetronic: [https://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/Valves/Parker\\_Pneumatic\\_PVLB\\_PVLC\\_Valves\\_Catalogue\\_PDE2628\\_TCUK.pdf](https://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/Valves/Parker_Pneumatic_PVLB_PVLC_Valves_Catalogue_PDE2628_TCUK.pdf).

## 7. Apéndices

### A. Manual para el estudiante

Paso 1) Extraer el ejecutable. Dar clic derecho sobre el archivo NERV.zip y posteriormente clic izquierdo en la opción Extraer en “NERV\” (Fig. 7.1.)

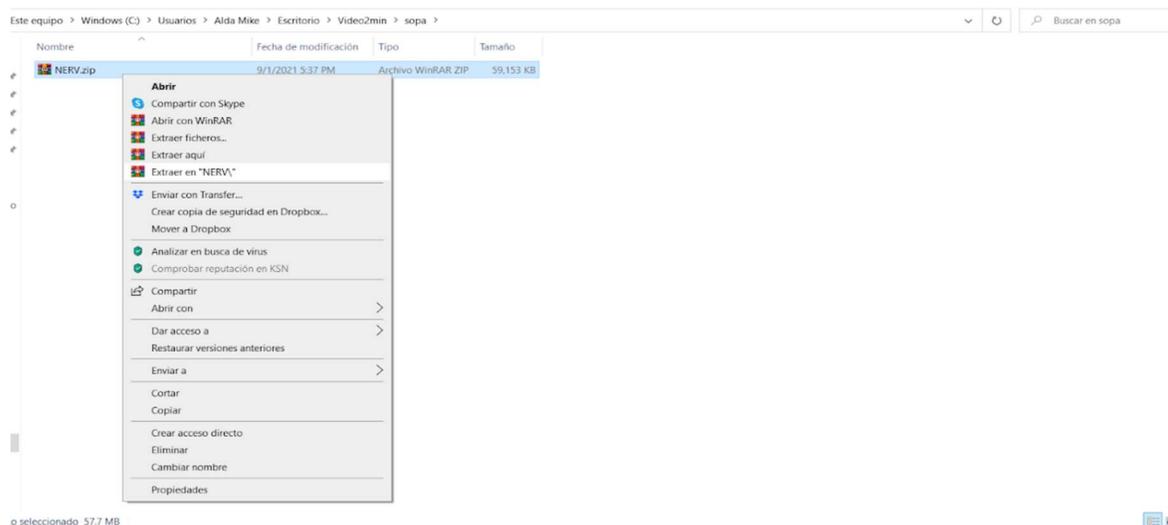


Figura 7.1 Extracción del ejecutable

Paso 2) Abrir ejecutable. Al descomprimir el archivo se generará una carpeta llamada NERV, buscar dentro ella el archivo llamado NERV.exe (Fig. 7.2.) y dar doble clic sobre el mismo; también es posible abrir el archivo, dando clic derecho sobre él y posteriormente clic izquierdo en la opción Ejecutar como Administrador.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
MonoBleedingEdge	9/1/2021 5:34 PM	Carpeta de archivos	
NERV_Data	9/1/2021 5:34 PM	Carpeta de archivos	
NERV.exe	9/29/2020 11:19 PM	Aplicación	636 KB
UnityCrashHandler64.exe	9/29/2020 11:20 PM	Aplicación	1,069 KB
UnityPlayer.dll	9/29/2020 11:20 PM	Extensión de la ap...	25,311 KB

Figura 7.2 Ejecutable

Paso 3) Instrucciones y ajustes. Al estar dentro del programas se llegará a una pantalla de bienvenida (Fig. 7.3.) con las opciones de entrar directamente al laboratorio virtual o una segunda pantalla con las instrucciones para el usuario.

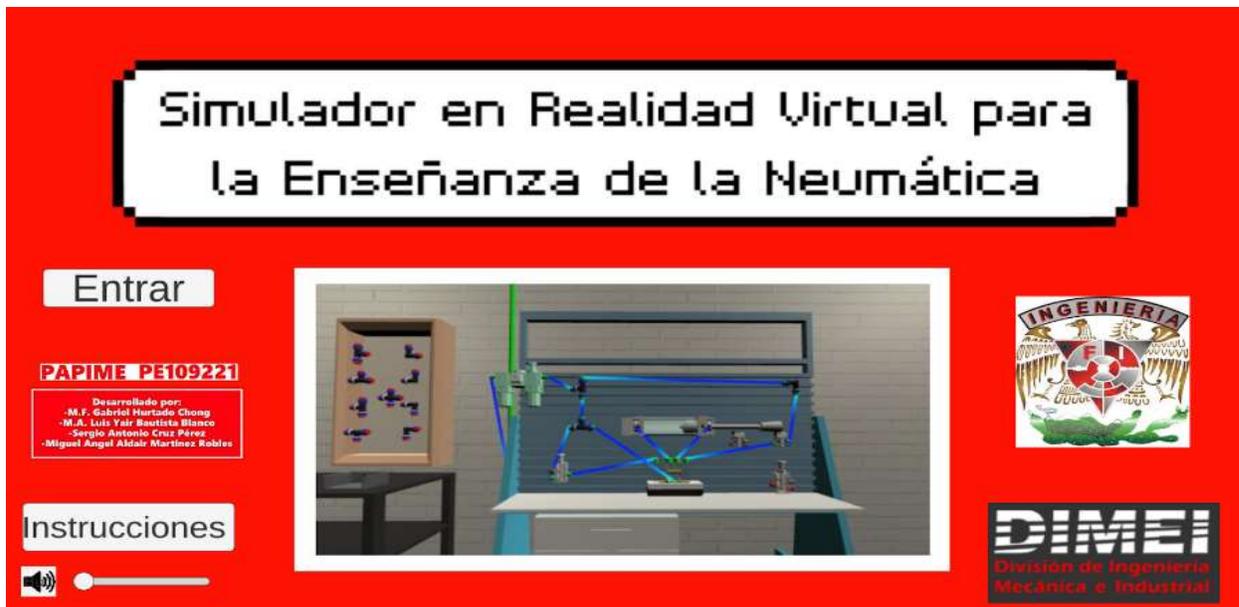


Figura 7.3 Pantalla de bienvenida

Para leer las instrucciones, basta con dar clic izquierdo sobre el botón Instrucciones. Dentro del menú (Fig. 7.4.), se tendrá una lista detallada de las diferentes teclas y sus funciones dentro del programa.

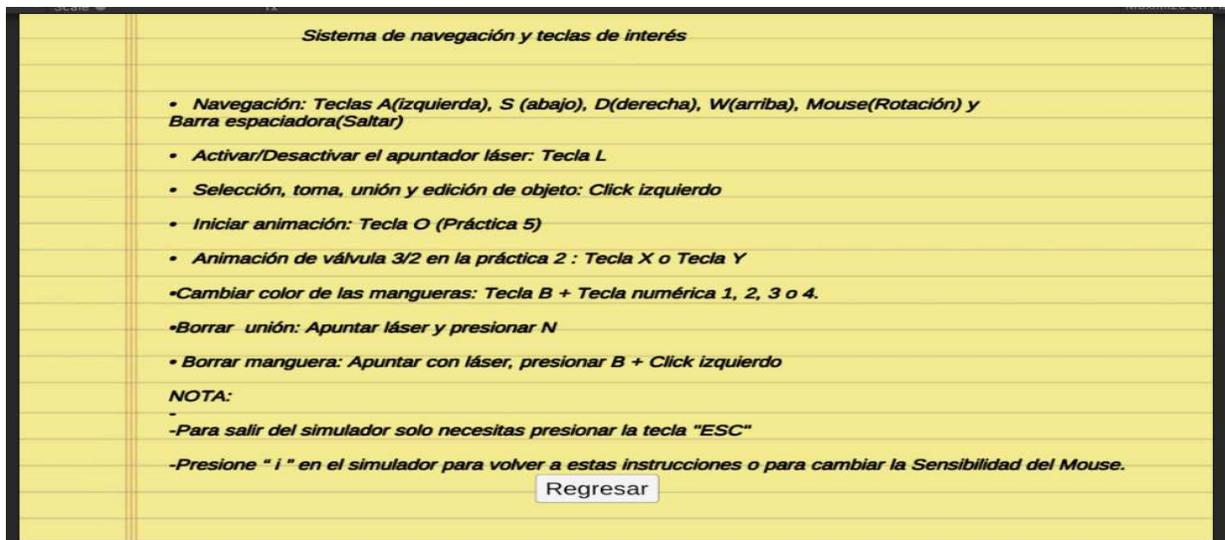


Figura 7.4 Menú de instrucciones

Nota 1: Si la sensibilidad del *mouse* no es la deseada, basta con volver al menú de instrucciones y se habrá generado una barra de ajuste de sensibilidad (Fig. 7.5.).

*Sistema de navegación y teclas de interés*

- *Navegación: Teclas A(izquierda), S (abajo), D(derecha), W(arriba), Mouse(Rotación) y Barra espaciadora(Saltar)*
- *Activar/Desactivar el apuntador láser: Tecla L*
- *Selección, toma, unión y edición de objeto: Click izquierdo*
- *Iniciar animación: Tecla O (Práctica 5)*
- *Animación de válvula 3/2 en la práctica 2 : Tecla X o Tecla Y*
- *Cambiar color de las mangueras: Tecla B + Tecla numérica 1, 2, 3 o 4.*
- *Borrar unión: Apuntar láser y presionar N*
- *Borrar manguera: Apuntar con láser, presionar B + Click izquierdo*
- *Cancelar Conexión: Apuntar laser a conexión + click izquierdo + click derecho*

*NOTA: Para salir del simulador solo necesitas presionar la tecla "ESC"*

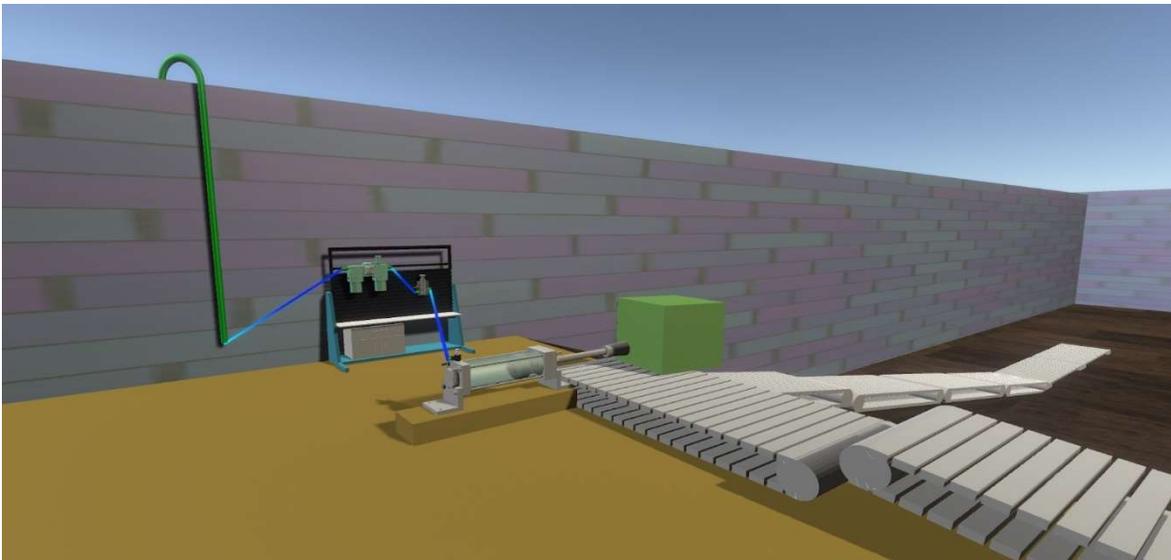
\*\*\*\*\* Presione "i" para volver al simulador \*\*\*\*\*

**Sensibilidad Mouse**



**Figura 7.5 Barra de sensibilidad en el menú de instrucciones**

Nota 2: Es necesario estar dentro del laboratorio virtual (Fig. 7.6.) para poder salir con la tecla ESC.



**Figura 7.6 Laboratorio Virtual**

## B. Guía de solución de problemas frecuentes

### índice

Solución de problemas relacionados con el mouse	62
Solución de problemas relacionados con el teclado	63
Solución de problemas relacionados al jugador en primera persona	63
Solución de problemas relacionados con multitasking	64
Solución de problemas relacionados con el equipo neumático	64
Solución de problemas relacionados con las mangueras neumáticas	65
Solución de problemas relacionados con las uniones en codo y T	65

### Solución de problemas relacionados con el mouse

Se necesita mover muchas veces el *mouse* para rotar al jugador en primera persona.

Causa	Solución
El simulador se ejecuta en diferentes equipos de cómputo, cada uno de ellos tiene diferente sensibilidad en el <i>mouse</i> , es posible que algunos usuarios sientan sensación de mareo por lo que se integró un <i>slider</i> de sensibilidad para que el usuario pueda ajustarla.	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Una vez dentro del simulador presione "i" a continuación, se despliegan las instrucciones.</li><li>2) En la esquina inferior derecha se muestra un <i>slider</i> con la leyenda "Sensibilidad del <i>mouse</i>".</li><li>3) Regular la velocidad a su gusto.</li><li>4) Presiona "i" para volver al simulador.</li></ol>

No es visible el apuntador del *mouse* dentro del simulador.

Causa	Solución
Todas las acciones se realizan a través del apuntador láser con algunas excepciones.	A) El apuntador del <i>mouse</i> se hace visible cuando se despliegan las instrucciones (presionar "i").  B) El apuntador del <i>mouse</i> se hace visible cuando se modifica el caudal de los racores.

### **Solución de problemas relacionados con el teclado**

Quiero cambiar el color de las mangueras, pero no reconoce el comando.

Causa	Solución
Es posible que esté realizando la combinación de los comandos usando el teclado numérico.	1) Para cualquier combinación que incluya números, utilizar el teclado alfanumérico.

### **Solución de problemas relacionados al jugador en primera persona**

La velocidad de desplazamiento es muy lenta.

Causa	Solución
Al ser un simulador que requiere precisión para hacer conexiones entre los componentes neumáticos, la velocidad en el movimiento puede interferir con esta acción.	1) Presionar " <i>shift</i> " más las teclas de movimiento, para caminar con mayor velocidad.

### **Hay un obstáculo frente al jugador, no puedo seguir avanzando**

Causa	Solución
Es posible que se trate de una pared, un escalón, una banda transportadora o una mesa.	1) Presionar "barra espaciadora" para saltar.

Interacción con el equipo neumático.

Causa	Solución
Para interactuar con las conexiones del equipo neumático es necesario el uso de del apuntador láser	1) Presiona "L" para activar el apuntador. Se controla por medio del <i>mouse</i> .

### **Solución de problemas relacionados con multitasking**

Estoy realizando una práctica y quiero cambiar de ventana sin cerrar por completo el programa.

Causa	Solución
Al ejecutar el simulador, este ocupa el 100% de espacio en pantalla, ocultando la barra de tareas, por el momento no cuenta con botones para minimizar, maximizar o cerrar.	1) Para los usuarios de <i>Windows</i> . Presionar la tecla " <i>windows</i> " se habilitará el menú y la barra de tareas.

### **Solución de problemas relacionados con el equipo neumático**

No puedo ver la animación de los componentes.

Causa	Solución
Si los componentes neumáticos no están conectados a una fuente de alimentación estos no funcionarán.	1) Para poder ver la animación de los componentes neumáticos es necesario realizar el armado completo de cualquier práctica.

Realicé el armado de una práctica y no funciona.

Causa	Solución
Es posible que haya conexiones abiertas.	1) Realizar un análisis visual del armado hasta encontrar la conexión abierta.

### Solución de problemas relacionados con las mangueras neumáticas

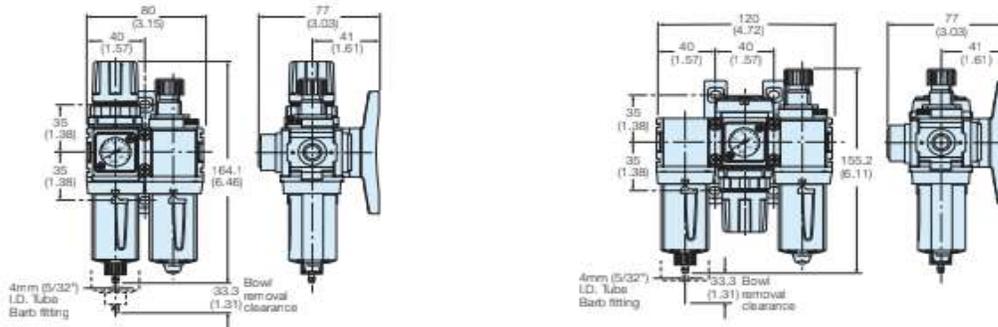
Causa	Solución
A) ¿Cómo creo una manguera?	A) Con el apuntador láser seleccionar dos conexiones diferentes en color rojo, cuando se presione la primera, cambiará a color verde, al presionar la segunda, esta cambiará de color y se creará una manguera neumática.
B) ¿Cómo borro una manguera?	B) Posicionar el apuntador láser sobre la manguera, presionar B + clic izquierdo del mouse.
C) ¿Cómo cambio de color una manguera?	C) Posicionar el apuntador láser sobre la manguera, presionar B + 1-4 del teclado alfanumérico. Cada número es un color diferente.
D) Presioné dos veces una misma conexión	D) Se generó una manguera con la posición inicial y final en el mismo punto. Es posible hacer caso omiso, ya que no representa ningún problema, también es posible borrarla.

### Solución de problemas relacionados con las uniones en codo y T

Causa	Solución
A) ¿Cómo creo una unión nueva?	A) Apuntar hacia la unión de su elección y presionar clic izquierdo.
B) ¿Cómo muevo una unión a la mesa?	B) Apuntar a la unión que se generó en el contenedor, mantener presionado clic izquierdo, mientras se camina en el ambiente, posteriormente mover con el mouse dentro de la mesa y soltar en el lugar más conveniente.
C) ¿Cómo elimino una unión?	C) Apuntar hacia la unión y presionar "N" del teclado.

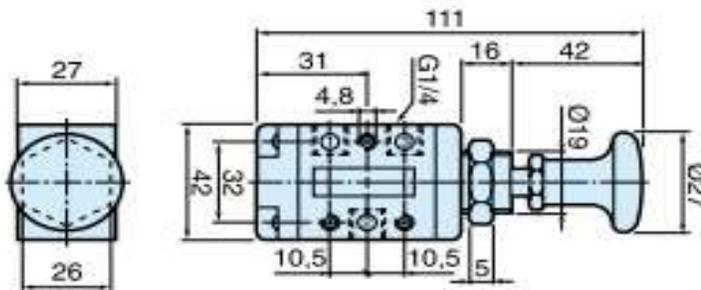
## C. Planos de referencia

### 1. Unidad de mantenimiento o FRL



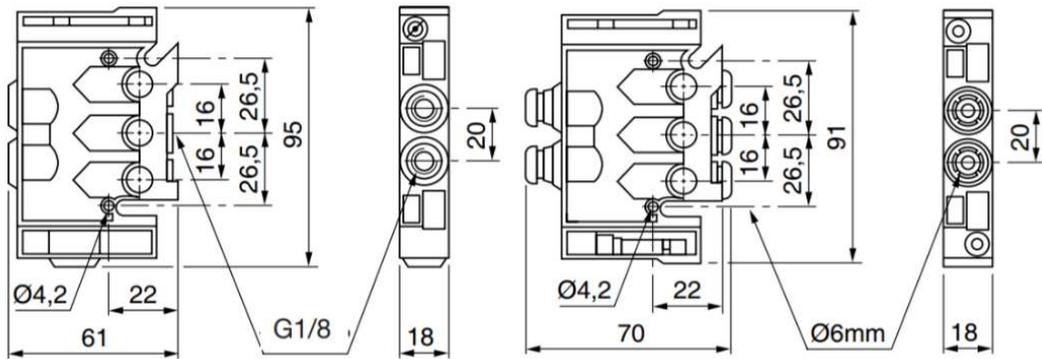
Plano 1.1 Unidad de Mantenimiento. Págs.: 620 y 623, Consultado el 2/10/21, [37]

### 2. Válvula 3/2 monoestable



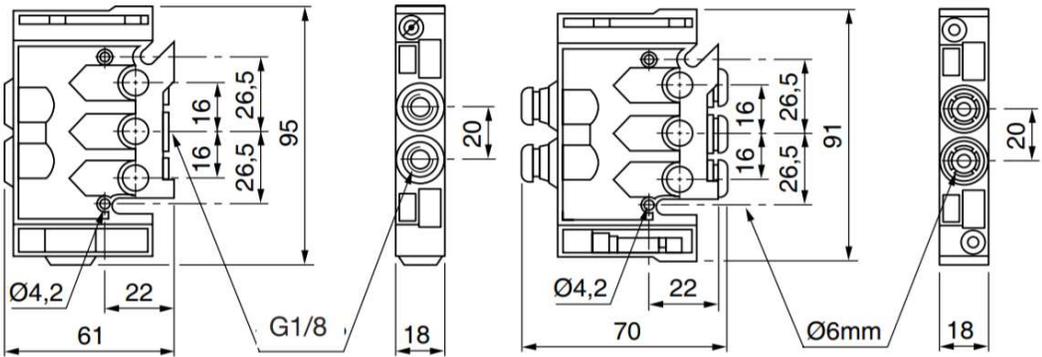
Plano 1.2 Válvula 3/2 monoestable. Pág.: 394, Consultado el 2/10/21 [37]

3. Válvula 5/2 monoestable



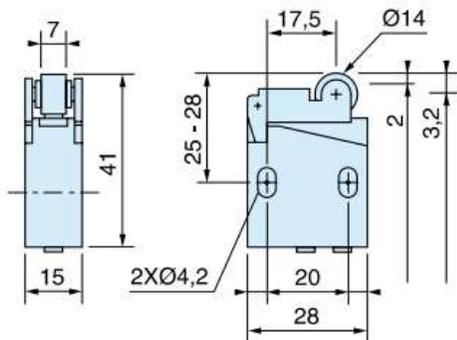
Plano 1.3 Válvula 5/2 monoestable. Pág.: 16, Consultado el 5/10/21 [40]

4. Válvula 5/2 biestable



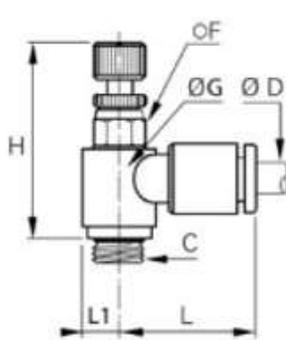
Plano 1.4 Válvula 5/2 biestable. Pág.:16, Consultado el: 2/10/21 [40]

5. Indicador de posición o final de carrera



Plano 1.5 Indicador de posición. Pág.:537, Consultado el: 2/10/21 [37]

6. Auxiliar de distribución o racor



ØD	C		F	G	H min	H max	L	L1	Kg
3	M3x0,5	7660 03 09	6	9	23,5	26	17	4,5	0,007
	M5x0,8	7660 03 19	6	9	23,5	26	17	4,5	0,006
4	M3x0,5	7660 04 09	6	9	23,5	26	16,5	4,5	0,007
	M5x0,8	7660 04 19	6	9	23,5	26	17	4,5	0,006
	G1/8	7660 04 10	7	11,5	27	29,5	18	6	0,012
6	M5x0,8	7660 06 19	6	9	23,5	26	18	4,5	0,006
	G1/8	7660 06 10	7	11,5	27	29,5	18,5	6	0,012
	G1/4	7660 06 13	8	12	30	32,5	19	6	0,019
8	G1/8	7660 08 10	13	14	26,5	31	26	7	0,021
	G1/4	7660 08 13	16	19	29	34	27,5	9,5	0,033
	G3/8	7660 08 17	20	23	36	42	29	11,5	0,061

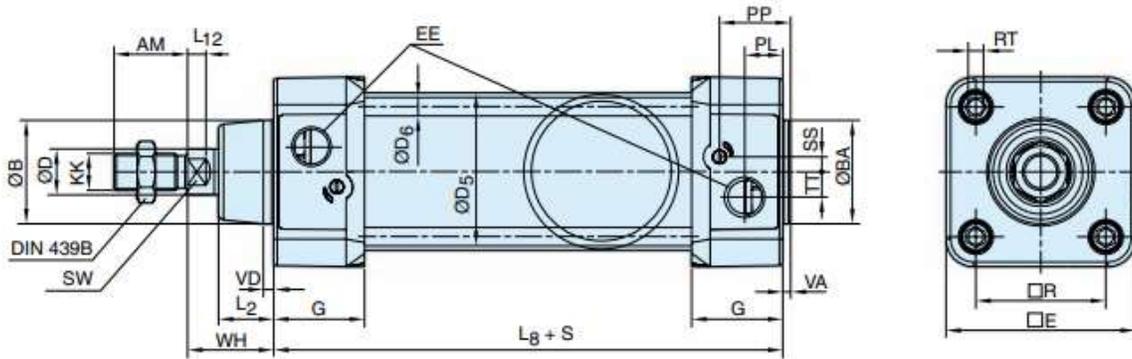
Plano 1.6 Racor. Pág.:7, Consultado el: 2/10/21 [39]

7. Conectores en codo, T y cruz.



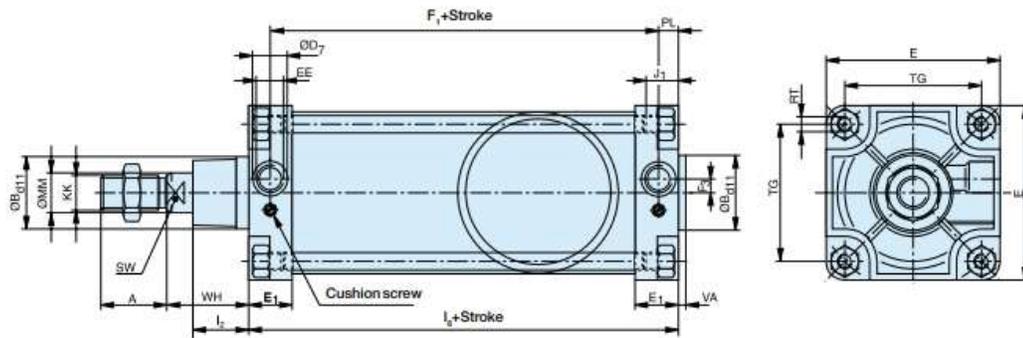
Plano 1.7 Conectores en codo, T y cruz. Pág.:736, Consultado el: 2/10/21 [37]

8. Cilindro de simple efecto



Plano 1.8 Cilindro de simple efecto. Pág.:57, Consultado el: 2/10/21 [37]

9. Cilindro de doble efecto



Plano 1.9 Cilindro de simple efecto. Pág.:58, Consultado el: 2/10/21 [37]

## D. Cuestionarios de opinión

### Profesores

#### Simulador de Neumática en Realidad Virtual

Proyecto PAPIME PE109221

**\*Obligatorio**

1. 1.- ¿Cómo considera la velocidad para desplazarse dentro del entorno? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy lenta  
 Lenta  
 Adecuada  
 Rapida  
 Muy rápida

2. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

3. 2.- ¿Cómo considera el tamaño de letra de los textos informativos (en las mesas neumáticas)? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy pequeño  
 Pequeño  
 Adecuado  
 Grande  
 Muy grande

4. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

5. 3.-¿Cómo considera que el funcionamiento del apuntador laser para seleccionar objetos? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy impreciso  
 Impreciso  
 Adecuado

6. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

7. 4.-¿Cómo considera el proceso para la creación de mangueras al realizar conexiones neumáticas? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy difícil  
 Difícil  
 Adecuado

8. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

9. 5.-¿Cómo considera el proceso para ajustar el porcentaje de apertura en los racores? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

10. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

11. 6.-¿Cómo considera el proceso de armado de los circuitos neumáticos para las prácticas 5 y 6? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

12. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

13. 7.- Para sus clases, ¿estaría dispuesto a sustituir el uso de FluidSIM por este simulador virtual? \*

Marca solo un óvalo.

- No, para nada.
- Me gustaría utilizar ambos.
- Definitivamente lo sustituiría.

14. \*Por favor explique lo más detalladamente posible los motivos de su respuesta anterior. \*

---

---

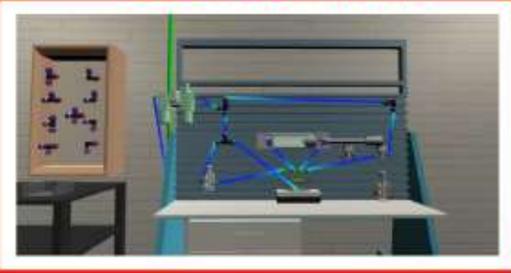
---

---

---

**Simulador en Realidad Virtual para la Enseñanza de la Neumática**

**PAPIME PE109221**



Desarrollado por:  
-M.F. Gabriel Hernández Chang  
-M.A. Luis Fernando Blanco  
-Sr. Sergio Antonio Cruz Pérez  
-Miguel Ángel Abad Martínez Robles

Comentarios finales

En la siguiente sección puede describirnos su experiencia al probar el simulador.

15. ¿Qué ventajas le encuentra a este simulador sobre otros que conozca?

---

---

---

16. ¿Qué desventajas le encuentra a este simulador con respecto a otros que conozca?

---

---

---

---

---

17. ¿Qué mejoras considera indispensables para poder incorporar el uso de este simulador durante sus clases, si las hay?

---

---

---

---

---

18. ¿Qué otras mejoras considera deseable incorporar (a futuro) en este simulador?

---

---

---

---

---

19. Si tiene comentarios adicionales, por favor compártalos aquí.

---

Muchas gracias por su participación.

**PAPIME PE109221**

## Alumnos

### Simulador de Neumática en Realidad Virtual

Proyecto PAPIME PE109221

---

\*Obligatorio

1. 1.- ¿Cómo considera la velocidad para desplazarse dentro del entorno? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy lenta
- Lenta
- Adecuada
- Rapida
- Muy rápida

2. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

3. 2.-¿Cómo considera que el funcionamiento del apuntador laser para seleccionar objetos? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy impreciso
- Impreciso
- Adecuado

4. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

5. 3.-¿Cómo considera el proceso para la creación de mangueras al realizar conexiones neumáticas? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

6. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

---

---

---

7. 4.-¿Cómo considera el proceso para cambiar el color de las mangueras neumáticas? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

8. \*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

---

---

9. 5.-¿Cómo considera el proceso de armado de los circuitos neumáticos para las prácticas 5 y 6? \*

Marca solo un óvalo.

- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

10. \*Por favor explique lo más detalladamente posible los motivos de su respuesta anterior. \*

---

---

---

---

---



Comentarios finales

En la siguiente sección puede describirnos su experiencia al probar el simulador.

11. ¿Qué ventajas le encuentra a este simulador sobre otros que conozca?

---

---

12. ¿Qué desventajas le encuentra a este simulador con respecto a otros que conozca?

---

---

---

---

---

13. Si así lo considera, ¿qué mejoras serían indispensables para poder incorporar el uso de este simulador en las clases?

---

---

---

14. ¿Qué otras mejoras sería deseable o recomienda incorporar (a futuro) en este simulador?

---

---

---

15. Si tiene comentarios adicionales sobre su experiencia en general, por favor compártalos aquí.

---

---

---

Muchas gracias por su participación.

**PAPIME PE109221**

Google Formularios

## D.1 Respuestas de profesores

23/3/22, 20:24

Simulador en Realidad Virtual Profesores - Formularios de Google

Simulador en Realidad Virtual Profeso

Preguntas Respuestas **6** Configuración

6 respuestas

Se aceptan respuestas

Resumen Pregunta Individual

1.- ¿Cómo considera la velocidad para desplazarse dentro del entorno?

6 respuestas

Categoría	Porcentaje
Muy lenta	0%
Lenta	0%
Adecuada	16,7%
Rápida	50%
Muy rápida	33,3%

\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

5 respuestas

No se si pueda modificar la velocidad de los frames de acuerdo al ratón.

Generar una forma de controlar los DPI

Es un poco complicado desplazarse y de repente mareo

Tener la posibilidad de modificar la velocidad de desplazamiento dentro del entorno.

Al ser un simulador no es necesario que vaya tan rapido el personaje.

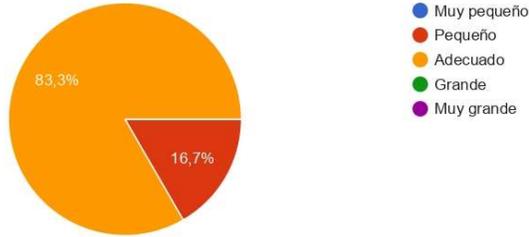
[https://docs.google.com/forms/d/148WryoRTBJZs\\_ds8Lv4RGLUBG8IkOiWQFLZLZrx4B4/edit#responses](https://docs.google.com/forms/d/148WryoRTBJZs_ds8Lv4RGLUBG8IkOiWQFLZLZrx4B4/edit#responses)

1/8

2.- ¿Cómo considera el tamaño de letra de los textos informativos (en las mesas neumáticas)?

 Copiar

6 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

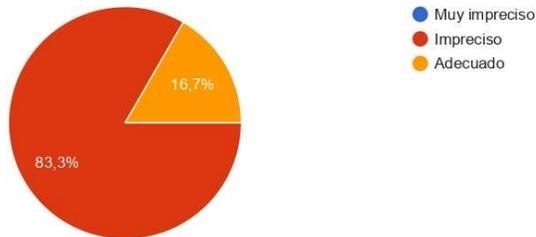
1 respuesta

Podrían agregar más ayudas a la hora de visualizar, ya que no se distingue con que elementos de puede interactuar y con cuales no.

3.-¿Cómo considera que el funcionamiento del apuntador laser para seleccionar objetos?

 Copiar

6 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

4 respuestas

Esta un poco ajustado, sería bueno que agrandaran el radio de los elementos para que detecte que se quiere realizar una conexión

Habría que tener alguna manera de que fuera mas sencillo acceder a los conectores

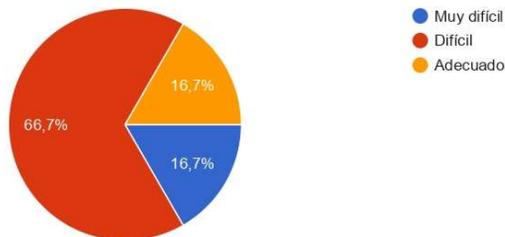
Me parece que es necesario darle un radio de distancia para que el apuntador láser pueda hacer la conexión a cierta distancia y no tener que estar "atinándole"

Se necesita hacer más grandes las conexiones o el collider del laser o de ser posible no utilizar el laser solamente un punto para evitar problemas.

4.-¿Cómo considera el proceso para la creación de mangueras al realizar conexiones neumáticas?

 Copiar

6 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

4 respuestas

Es demasiado sensible para atinarle con el ratón.

Tiene curva de aprendizaje

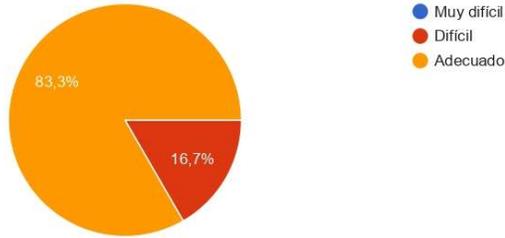
Tratar de facilitar la selección del "puerto" de entrada o de salida de conexión de una manguera.

al ser tan pequeños requiere mucha precisión.

5.-¿Cómo considera el proceso para ajustar el porcentaje de apertura en los racores?

 Copiar

6 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

3 respuestas

Esta bastante bien esa parte, se pude ver claramente la apertura de los elementos y su influencia en la simulación.

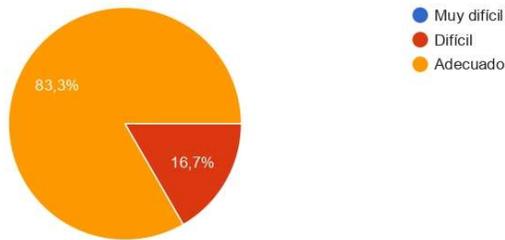
Lo vi difícil al inicio, quizá por la inexperiencia al utilizarlo. Se podría aclarar la forma de salir después de modificarlo, por ejemplo, poniendo una nota del tipo "para cerrar la ventana, teclea \_\_"

Hacer más visible la indicación de usar SHIFT para cerrar la ventana.

6.-¿Cómo considera el proceso de armado de los circuitos neumáticos para las prácticas 5 y 6?

 Copiar

6 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

3 respuestas

Solo faltaría tener alguna especie de tutorial para acostumbrarse al entorno virtual

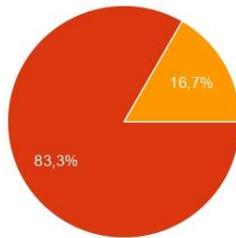
Explorar la posibilidad de ponerle un color al botón cuando se acciona durante uno o dos segundos para hacer explícito que se apretó o durante el tiempo en que se mantiene apretado, lo cual seguramente será útil al profesor cuando explique el funcionamiento a la audiencia.

los colliders son muy pequeños

7.- Para sus clases, ¿estaría dispuesto a sustituir el uso de FluidSIM por este simulador virtual?

 Copiar

6 respuestas



- No, para nada.
- Me gustaría utilizar ambos.
- Definitivamente lo sustituiría.

\*Por favor explique lo más detalladamente posible los motivos de su respuesta anterior.

6 respuestas

Creo que ambos elementos aportan a la clase, por una parte fluidsims incluye la simbología neumática y en este simulador se ve claramente el funcionamiento de los elementos .

Es bastante adecuado para entender como es el funcionamiento de los equipos

Aunque este simulador es más lúdico y permite tener una mejor visualización de los elementos internos; FluidSim permite usar muchas más funciones y elementos, por lo cual considero que usar ambos, crearía la sinergia adecuada para que un simulador compense las carencias del otro.

Creo que el uso de diferentes tipos de software complementa diferentes aspectos del aprendizaje de los alumnos.

Pienso que FluidSim es un simulador muy eficiente para abordar el contenido de manera teórica (como si fuera un pizarrón), mientras que este simulador puede complementar de muy buena manera la parte práctica cuando no se tiene acceso a equipo físico.

Generaría primero la practica en fluidsims y despues entraríamos al simulador.

#### Comentarios finales

¿Qué ventajas le encuentra a este simulador sobre otros que conozca?

6 respuestas

Se aprecia claramente el funcionamiento de los diferentes actuadores neumáticos

Los elementos se ve su funcionamiento interno

La visualización interna de los elementos.

La visualización resulta muy adecuada para poderlo asociar con los dispositivos físicos. El que algunos dispositivos sean transparentes parece ser una ayuda para que el estudiante entienda mejor el funcionamiento.

Da una mucho mejor sensación de manejo del equipo neumático, no se queda únicamente en simbología sino que se puede ver el funcionamiento del equipo.

las simulaciones reales en los modelos.

¿Qué desventajas le encuentra a este simulador con respecto a otros que conozca?

6 respuestas

Es un excelente trabajo pero falta pulirse, pero una desventaja sería la parte de las conexiones y la sensibilidad de los diferentes elementos.

Es un poco más difícil de manejar

La posible falta de elementos o libertad de trabajar con una área de trabajo amplia, como es el caso de simuladores únicamente esquemáticos

Podría ser lo flexible que es hasta ahora (por razones normales de ser el inicio de un desarrollo propio), es decir solo son un par de prácticas las que se pueden realizar. Sin embargo, la contraparte de que sea un desarrollo propio, presenta amplias posibilidades de extender sus capacidades y tipos de prácticas a realizar.

Podría consumir más recursos (sobre todo, gráficos) respecto a otros simuladores. No es una desventaja en sí, pero requerirá un poco más de tiempo para poder enseñar su funcionamiento, además de tener una curva de aprendizaje un poco más lenta para el usuario.

frame rate, se necesitaría generar un app más optimizada para que las computadoras de los estudiantes puedan correrlo sin importar la computadora.

¿Qué mejoras considera indispensables para poder incorporar el uso de este simulador durante sus clases, si las hay?

6 respuestas

Falta un tutorial y algunas ayudas pero en general está muy bien.

La facilidad de uso

Que se incorpore un control más fino para la utilización del apuntador y la creación de conexiones.

Por el momento no tendría ninguna, pero seguramente con el uso pueden surgir algunas.

El alcance del apuntador láser para poder hacer las conexiones de mangueras.

Más grande las conexiones para evitar tener mucha precisión.

¿Qué otras mejoras considera deseable incorporar (a futuro) en este simulador?

4 respuestas

Las demás prácticas que se tienen en el manual en la parte de neumática y de electrneumática, que se sería bastante interesante ver como se aplicarían esas prácticas.

La compatibilidad con otros softwares, por ejemplo exportar el documento para usar éste con FluidSim, TIA portal, etc.

Más prácticas, ejemplos "reales" en donde los estudiantes apliquen los fundamentos de la asignatura, por ejemplo bandas transportadoras, sistemas de detección automática de color, forma, tamaño, etc.

Modificar la sensibilidad del mouse y de la movilidad.

Si tiene comentarios adicionales, por favor compártalos aquí.

4 respuestas

Excelente trabajo, a pesar del tiempo y de las circunstancias es bastante bueno el avance que han tenido. Tal vez convendría alguna prueba con alumnos un poco más adelante, pero en general bastante bien.

Excelente desarrollo del proyecto, espero que siga progresando tan bien como hasta ahora.

Excelente trabajo de todo el grupo de alumnos y profesores.

Buen trabajo.

**Muchas gracias por su participación.**

## D.2 Respuestas de alumnos

23/3/22, 20:22

Simulador en Realidad Virtual Alumnos - Formularios de Google

Simulador en Realidad Virtual Alumno

Preguntas **Respuestas** 16 Configuración

### 16 respuestas

Se aceptan respuestas

**Resumen** Pregunta Individual

1.- ¿Cómo considera la velocidad para desplazarse dentro del entorno? [Copiar](#)

16 respuestas

Categoría	Porcentaje
Muy lenta	0%
Lenta	12,5%
Adecuada	87,5%
Rapida	0%
Muy rápida	0%

\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

5 respuestas

- quizás hacer la rotación con las teclas, ya que con el mouse resulta algo complicado de mover
- No aquí todo bien
- Dar la opción de configurar la velocidad de desplazamiento al usuario o configurar una tecla para acelerar.
- Poder desplazarse hacia arriba y hacia abajo.
- Está bien.

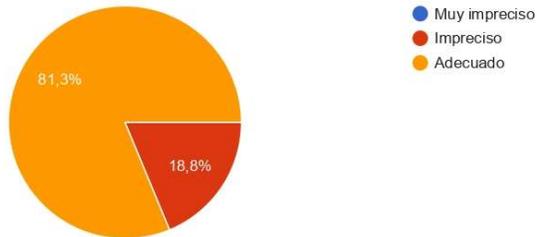
[https://docs.google.com/forms/d/1i38EqTJAcErrc\\_H3AuDCoS6qYYL1vk3TKL\\_3nuwx/edit#responses](https://docs.google.com/forms/d/1i38EqTJAcErrc_H3AuDCoS6qYYL1vk3TKL_3nuwx/edit#responses)

1/8

2.-¿Cómo considera que el funcionamiento del apuntador laser para seleccionar objetos?

 Copiar

16 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

10 respuestas

no tuve ningún problema con la selección de objetos

Talvez el tamaño del laser es muy pequeño

Es algo impreciso creo el apuntador tendría que ser menos largo

Creo que es complicado seleccionar las mangueras, las demás partes no pero las mangueras si.

Es adecuado pero puede mejorar la precision un poco mas

Al acercarse o alejarse de algo, la longitud del láser debe adaptarse de manera más precisa para que la esfera siempre aparezca sobre el elemento que se desea modificar.

Quizás cambiar el apuntador por un elemento más simple.

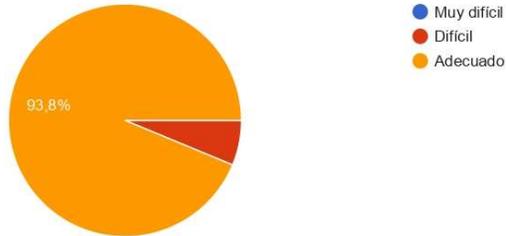
Un marcador que indique que se esta apuntado correctamente.

podría mejorar si las piezas de unión sobresalieran un poco cuando pasas el cursor encima

3.-¿Cómo considera el proceso para la creación de mangueras al realizar conexiones neumáticas?

 Copiar

16 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

6 respuestas

Es adecuado, pero en unas conexiones ya tenia seleccionadas las partes y no me generaba la manguera

La seleccion de laser se siente bien, tal vez consideraria aumentar un poco la hitbox de la creacion de cables para que no tenga que ser a nivel de perfeccion por pixel, que es un poco complicado

Quizás agregar un poco más de realismo a las conexiones entre elementos.

Como lo anterior, un indicador que indique que es el lugar correcto para la colocación de la manguera.

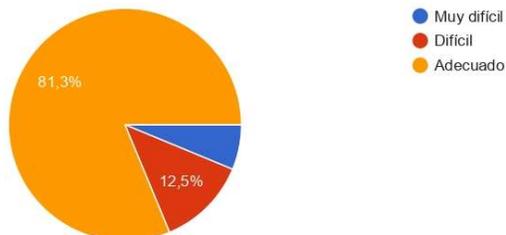
Mostrar el flujo de aire en las mangueras

También está bien.

4.-¿Cómo considera el proceso para cambiar el color de las mangueras neumáticas?

 Copiar

16 respuestas



\*En caso de creer necesario realizar ajustes, especifique:

5 respuestas

Las teclas b y los números están relativamente lejos consideraría otras teclas

El láser no siempre las detecta de manera rápida.

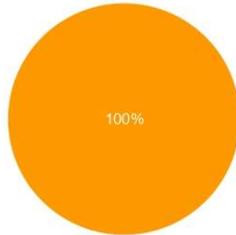
Modificar la interfaz del usuario de manera que haya mayor cantidad de colores a escoger y facilidad para hacerlo.

Se podrían iluminar de forma automática para ver el comportamiento del aire dentro del sistema

Pus igual

5.-¿Cómo considera el proceso de armado de los circuitos neumáticos para las prácticas 5 y 6? [Copiar](#)

16 respuestas



- Muy difícil
- Difícil
- Adecuado

\*Por favor explique lo más detalladamente posible los motivos de su respuesta anterior.

16 respuestas

Es comodo de usar

No tuve problemas en las conexiones, el estrangulamiento en el racor es fácil de modificar y la simulación ilustra muy bien el funcionamiento.

No es difícil, ya que las conexiones se realizan adecuadamente, creo que lo más complicado es tomar las conexiones y ponerlas en el espacio de trabajo pero creo que eso puede facilitarse usando el teclado

Es adecuado, todo está bien y es muy amigable el programa

Los instrumentos se ven bien y si se entienden, además las capturas de pantalla me ayudaron a facilitar esto

Pues si está bien el proceso de armado pero por ejemplo no pude borrar un componente que se quedó en en la mesa de uniones, se quedó seleccionado esperando unión

La creacion de cables y demas es adecuada y sencilla, en el caso de la practica 5, debido a que hay menos componentes, se facilita bastante. Asumo que la realizacion de la practica 6 esta intentada para ser realizada en conjunto con el profesor, si bien no es complicada, cuando las clases son meramente virtuales es dificil distinguir

Comentarios finales

¿Qué ventajas le encuentra a este simulador sobre otros que conozca?

15 respuestas

Es en VR y da la sensación que estas en el laboratorio

Es más ilustrativo en cuanto al funcionamiento de los componentes, en general la interfaz de usuario es sencilla.

Comparándolo con fluidsim, este proporciona una visión más real de todos los dispositivos a utilizar y algunas de sus conexiones

Las ventajas del programa es que con la situación actual nos da una mejor idea de como hacer las conexiones ya que lamentablemente no se ha podido hacer uso del laboratorio.

No conozco otros (de este estilo), pero este se me hizo muy didáctico y va con lo que se tiene en la facultad.

Que es muy parecido a las fotos del laboratorio y realmente funciona fluido

El unico otro simulador de mi conocimiento es fluidsim, este nuevo simulador ofrece la ventaja de tener un entorno mas amigable para observar el comportamiento de las practicas de mejor manera, ya que tenemos modelos semi realistas que imitan el movimiento y accionamiento de las piezas de mejor manera a comparacion de un diagrama 2d como en fluidsim.

¿Qué desventajas le encuentra a este simulador con respecto a otros que conozca?

14 respuestas

Que no tiene flexibilidad para crear tus propios circuitos

El número de componentes y ejercicios es menor.

Hasta el momento está muy bien

Tiene menos instrumentos que otros, pero estos se pueden ir añadiendo, talvez también como es en 3D esto hace que cuando hagas conexiones muy grandes se vuelva tedioso o cansado, pero para conocer mejor los instrumentos lo considero muy bueno

Los controles están separados pero nadamás

como cualquier otro software, requiere familiarizarse con el para poder utilizarlo con todo su potencial. La unica desventaja que podria pensar es que fluidsim proporciona la realizacion de cualquier diagrama, y este simulador tiene solo practicas estaticas.

Al principio creo que es un poco complicado el manipularlo, pero eso igual depende del usuario.

Si así lo considera, ¿qué mejoras serían indispensables para poder incorporar el uso de este simulador en las clases?

14 respuestas

Terminar todas las practicas

Aumentar las prácticas disponibles

Comparando nuevamente con fluidsims, un poco el movimiento que se tiene que realizar para acomodar cada pieza

.

Talvez solo que fuera un poco más grande el laser

Creo que los controles funcionan bien pero no son del todo intuitivos creo faltan más notas de ayuda en el entorno, los controles están asociados a iniciales pero creo las teclas para el funcionamiento se encuentran muy lejos entre si

Como esta ahora, lo considero adecuado para implementarlo

Lo que me gustaría que cambiarán es la textura y forma de las mangueras ya que en la que se encuentra ahora se

¿Qué otras mejoras sería deseable o recomienda incorporar (a futuro) en este simulador?

14 respuestas

A mi parecer renderizar favorecería la calidad de la interfaz

Quizás incorporar más funciones y mejorar el movimiento del usuario dentro del entorno de la simulación

Como una sugerencia tal vez al dar un clic en cada elemento podría salir una ventana emergente donde explique que tipo de válvula es, información general y podría ayudar a que sea más didáctico

Lo primordial sería que se pudieran resolver todas las practicas.

Que las válvulas las puedas mover y girar componentes de unión

Tal vez que sea un poco mas intuitivo, pero en general me parece muy bueno.

Crear más prácticas y de ser posible el poder interactuar más con los elementos (el yo elegir las válvulas y las uniones).

Por el tiempo que lleva esta bastante adecuado para un aprendizaje complementario, sin embargo el agregar con el tiempo mas practicas o ejemplos didactivos ayudara bastante

Si tiene comentarios adicionales sobre su experiencia en general, por favor compártalos aquí.

9 respuestas

esta muy bien

Estuvo muy padre la demostración, para mí es una idea increíble ya que en esta modalidad en línea ayudaría a saber como hacer las conexiones. Cuando sea el retorno a clases podrían habilitarlo para que practiquen los alumnos para un examen.

Esta muy padre su simulador y espero y se puedan implementar muy pronto en los laboratorios, felicidades!

La verdad me pareció muy bien y es impresionante

Muy buena herramienta para un aprendizaje en línea

Muy buen proyecto. Esto mejora la enseñanza y aprendizaje en modalidad a distancia e impulsa la tecnología de realidad virtual. ¡Felicidades! Atte: Sharon Cuallo.

¡Felicidades por la iniciativa!

**Muchas gracias por su participación.**