



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo



Escuela de  
Ingeniería  
Informática  
Universidad de Oviedo

# ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA DEL SOFTWARE

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

### QUIMILABVR – LABORATORIO DE QUÍMICA PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LA VR EN EL AULA

**AUTOR:** Marcial Rico Pozas

**TUTOR:** Víctor Manuel Álvarez García

**Julio 2022**

# Agradecimientos

A mi madre Nuria, por hacer todo lo que estuvo en su mano por salir adelante, pero nunca faltando el cariño y afecto.

A mi hermana Giulia, por darme todo el apoyo, cariño y risas siempre que lo he necesitado.

A mi hermana Gema, porque sin ti no hubiera llegado hasta aquí y no "tendré vida para agradecértelo".

A Rodri, por aguantarme, quererme y ser mi pilar cuando peor lo he pasado.

A Lobe, Lele, Luis y Ángela, por la amistad y risas después de tantos años.

A mis Hingüenieras, porque este camino ha sido maravilloso gracias a todos y cada uno de vosotros.

A todos mis amigos, por estar siempre que necesitaba desconectar de todo.

A Víctor, por guiarme en este trabajo de una manera tan cercana.

A todos os doy las gracias.

# Índice de contenido

<b>Capítulo 1</b>	<b>Presentación .....</b>	<b>1</b>
1.1	Introducción .....	1
1.2	Estructura del documento.....	2
<b>Capítulo 2</b>	<b>Motivación y objetivos del proyecto .....</b>	<b>3</b>
2.1	Motivación del proyecto .....	3
2.2	Objetivos .....	3
<b>Capítulo 3</b>	<b>Definiciones y abreviaturas.....</b>	<b>5</b>
3.1	Abreviaturas .....	5
3.2	Definiciones .....	5
<b>Capítulo 4</b>	<b>Marco teórico del proyecto.....</b>	<b>7</b>
4.1	Realidad virtual .....	7
4.2	Unreal engine .....	9
4.3	Gamificación .....	11
4.4	Oculus y HandTracking.....	13
4.4.1	Oculus Quest / Quest 2 .....	13
4.4.2	HandTracking.....	15
<b>Capítulo 5</b>	<b>Solución propuesta.....</b>	<b>17</b>
5.1	Descripción de la herramienta.....	17
5.2	Actividades propuestas .....	18
5.2.1	Recogida de material .....	18
5.2.2	Cristalización.....	20
5.2.3	Valoración ácido – base .....	22
5.2.4	Destilación .....	25
5.2.5	Visualizador de modelos atómicos.....	26
5.2.6	Minijuego de formulación .....	27

<b>Capítulo 6</b>	<b>Aspectos software del sistema .....</b>	<b>30</b>
6.1	Arquitectura del sistema .....	30
6.2	Diseño de clases / blueprints .....	32
6.2.1	Diagrama de clases .....	32
6.2.2	Blueprints .....	35
6.2.2.1	Cámara y manos virtuales .....	35
6.2.2.2	Buttons.....	37
6.2.2.3	Slots.....	41
6.2.2.4	PickupObjects.....	42
6.2.2.5	Widgets .....	45
6.2.2.6	Modelos.....	46
6.3	Especificación de casos de uso.....	48
6.3.1	Casos de uso para el usuario en el menú principal 48	
6.3.2	Casos de uso para el usuario en una práctica.....	49
6.4	Análisis de casos de uso y escenarios.....	49
6.4.1	Escenarios para los casos de uso para el usuario en el menú principal.....	49
6.4.2	Escenarios para los casos de uso para el usuario en una práctica.....	50
6.5	Consideraciones y pruebas del entorno virtual.....	54
<b>Capítulo 7</b>	<b>Aspectos educativos .....</b>	<b>57</b>
7.1	Monitorización de los alumnos .....	57
7.2	Justificación de las actividades .....	57
<b>Capítulo 8</b>	<b>Método de evaluación .....</b>	<b>59</b>
8.1	Definición de grupos .....	59
8.1.1	Grupo experimental.....	59
8.1.2	Grupo de control .....	59
8.2	Método de evaluación.....	59

8.2.1	Consideraciones acerca de la evaluación.....	59
8.2.2	Evaluación del aprendizaje del grupo experimental 61	
8.2.3	Evaluación del aprendizaje del grupo de control.	61
<b>Capítulo 9</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>62</b>
9.1	Resultados del grupo experimental.....	62
9.1.1	Resultados evaluación inicial.....	62
9.1.2	Resultados evaluación final .....	63
9.1.3	Observaciones durante la evaluación .....	64
9.2	Resultados del grupo de control .....	65
9.2.1	Resultados evaluación inicial.....	65
9.2.2	Resultados evaluación final .....	66
9.2.3	Observaciones durante la evaluación .....	66
9.3	Comparación de resultados.....	66
9.3.1	Comparación de resultados de las evaluaciones del grupo experimental.....	66
9.3.2	Comparación de resultados de las evaluaciones del grupo de control .....	68
9.3.3	Comparación de resultados del grupo experimental y de control .....	69
9.4	Interpretación de resultados .....	71
9.4.1	Interpretación de resultados del grupo experimental.....	71
9.4.2	Interpretación de resultados del grupo de control 71	
9.4.3	Interpretación de la comparación entre grupos ..	71
9.4.4	Respuestas a los objetivos del trabajo .....	72
<b>Capítulo 10</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro .....</b>	<b>73</b>
<b>Capítulo 11</b>	<b>Planificación y presupuestos.....</b>	<b>74</b>

11.1	Identificación de Interesados .....	74
11.2	Planificación.....	74
11.3	Riesgos.....	77
11.3.1	Plan de gestión de riesgos.....	77
11.3.2	Identificación de Riesgos .....	77
11.3.2.1	Respuesta ante los riesgos .....	78
11.4	Presupuesto .....	79
11.4.1	Presupuesto de Costes .....	79
11.4.1.1	Partida: Fase de análisis .....	79
11.4.1.2	Partida: Fase de diseño.....	82
11.4.1.3	Partida: Fase de desarrollo.....	83
11.4.1.4	Partida: Fase de pruebas .....	85
11.4.1.5	Partida: Fase de evaluación.....	86
11.4.1.6	Partida: Fase de documentación final .....	86
11.4.1.7	Partida: Otros gastos.....	87
11.4.1.8	Resumen del presupuesto de costes.....	87
11.4.2	Presupuesto del cliente .....	88
<b>Capítulo 12</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>89</b>
12.1	Referencias bibliográficas.....	89
12.2	Manuales del sistema .....	90
12.2.1	Manual de usuario .....	90
12.2.2	Manual de desarrollador .....	93
12.2.2.1	Importación del proyecto. ....	93
12.2.2.2	Configuración de Oculus Quest. ....	95
12.2.2.3	Activación de modo de desarrollador en Oculus Quest	96
12.2.2.4	Realizar cambios en la herramienta .....	97
12.2.2.5	Despliegue de la herramienta en el visor .....	98



# Índice de tablas

TABLA 1. COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES ENTRE OCULUS QUEST Y OCULUS QUEST 2 .....	14
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BR_PAWN" .....	35
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BR_PAWNINICIO" .....	35
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_HANDL" .....	36
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_HANDR" .....	36
TABLA 6. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_HANDRIGHTINICIO" .....	36
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_HANDLEFTINICIO" .....	37
TABLA 8. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BRBUTTON" .....	38
TABLA 9. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BRBUTTONCIRCUITO" .....	38
TABLA 10. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BRBUTTONVALORACIÓN" .....	39
TABLA 11. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BUTTONFORMULAS" .....	40
TABLA 12. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BUTTONINICIAR" .....	40
TABLA 13. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT GENÉRICO "BUTTONMODELO" .....	41
TABLA 14. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_SLOT" .....	42
TABLA 15. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "PICKUPTEMPLATE" .....	42
TABLA 16. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "PICKUPSLOTTEMPLATE" .....	43
TABLA 17. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "CRISTALIZADOR" .....	44
TABLA 18. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "RECIENTECRISTALIZACIÓN" .....	45
TABLA 19. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BURETA" .....	45
TABLA 20. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_WIDGETMENU" .....	45
TABLA 21. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "BP_WIDGETMENUINICIO" .....	46
TABLA 22. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT GENÉRICO "WIDGET INFORMATIVO" .....	46
TABLA 23. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "MODELOA" .....	47
TABLA 24. DESCRIPCIÓN DEL BLUEPRINT "MODELOM" .....	47
TABLA 25. CASO DE USO 1.1 .....	50
TABLA 26. CASO DE USO 1.2 .....	50
TABLA 27. CASO DE USO 2.1 .....	51
TABLA 28. CASO DE USO 2.2 .....	51
TABLA 29. CASO DE USO 2.3 .....	51
TABLA 30. CASO DE USO 2.4 .....	52



TABLA 31. CASO DE USO 2.5.....	52
TABLA 32. CASO DE USO 2.6.....	53
TABLA 33. CASO DE USO 2.7.....	53
TABLA 34. CASO DE USO 2.8.....	54
TABLA 35. RIESGOS DEL PROYECTO .....	78
TABLA 36. COSTE DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO .....	79
TABLA 37. PARTIDA: FASE DE ANÁLISIS.....	81
TABLA 38. PARTIDA: FASE DE DISEÑO .....	82
TABLA 39. PARTIDA: FASE DE DESARROLLO.....	85
TABLA 40. PARTIDA: FASE DE PRUEBAS .....	86
TABLA 41. PARTIDA: FASE DE EVALUACIÓN .....	86
TABLA 42. PARTIDA: FASE DE DOCUMENTACIÓN FINAL.....	87
TABLA 43. PARTIDA: OTROS GASTOS.....	87
TABLA 44. PARTIDA: RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE COSTES.....	87
TABLA 45. CÁLCULO DE GASTOS A PROMEDIAR.....	88
TABLA 46. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DEL CLIENTE.....	88

# Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. LINK TRAINER.....	7
ILUSTRACIÓN 2. TELEYEGASSES.....	8
ILUSTRACIÓN 3. OCLUS RIFT DEV.2.....	9
ILUSTRACIÓN 4. CAPTURA DEL EDITOR DE UNREAL ENGINE 4.....	10
ILUSTRACIÓN 5. ESTRUCTURA DE UN BLUEPRINT.....	10
ILUSTRACIÓN 6. UNREAL ENGINE MARKETPLACE.....	11
ILUSTRACIÓN 7. ESQUEMA DE GAMEPLAY LOOP.....	12
ILUSTRACIÓN 8. RESULTADOS DEL ESTUDIO.....	13
ILUSTRACIÓN 9. OCLUS QUEST 2.....	14
ILUSTRACIÓN 10. EJEMPLO DE HANDTRACKING.....	15
ILUSTRACIÓN 11. CONTROLADORES OCLUS.....	16
ILUSTRACIÓN 12. MENÚ DE SELECCIÓN DE PRÁCTICAS.....	17
ILUSTRACIÓN 13. MENÚ DE PAUSA.....	18
ILUSTRACIÓN 14. PRÁCTICA "RECOGIDA DE MATERIAL".....	19
ILUSTRACIÓN 15. OBJETO DE TAREAS A REALIZAR EN LA PRÁCTICA "RECOGIDA DE MATERIAL".....	19
ILUSTRACIÓN 16. PRÁCTICA "CRISTALIZACIÓN".....	21
ILUSTRACIÓN 17. COMPUESTOS SIENDO COLOCADOS EN EL CRISTALIZADOR.....	21
ILUSTRACIÓN 18. OBJETO DE TAREAS A REALIZAR EN LA PRÁCTICA "CRISTALIZACIÓN".....	22
ILUSTRACIÓN 19. OBJETO CON LOS DATOS DEL PROBLEMA EN LA PRÁCTICA "VALORACIÓN ÁCIDO - BASE".....	23
ILUSTRACIÓN 20. OBJETO CON LAS TAREAS A REALIZAR EN LA PRÁCTICA "VALORACIÓN ÁCIDO - BASE".....	24
ILUSTRACIÓN 21. PRÁCTICA "VALORACIÓN ÁCIDO - BASE".....	24
ILUSTRACIÓN 22. OBJETO CON LAS TAREAS A REALIZAR EN LA PRÁCTICA "DESTILACIÓN".....	25
ILUSTRACIÓN 23. PRÁCTICA "DESTILACIÓN".....	26
ILUSTRACIÓN 24. MODELO ATÓMICO CON SU PANEL INFORMATIVO .....	27
ILUSTRACIÓN 25. PRÁCTICA "MINIJUEGO DE FORMULACIÓN".....	28
ILUSTRACIÓN 26. JUEGO DE MESA "SUPER SIMÓN".....	28
ILUSTRACIÓN 27. PRÁCTICA "MINIJUEGO DE FORMULACIÓN".....	29
ILUSTRACIÓN 28. DIAGRAMA DE PAQUETES I.....	30
ILUSTRACIÓN 29. DIAGRAMA DE PAQUETES II.....	31
ILUSTRACIÓN 30. DIAGRAMA DE CLASES DE LA HERRAMIENTA I.....	33

ILUSTRACIÓN 31. DIAGRAMA DE CLASES DE LA HERRAMIENTA ....	34
ILUSTRACIÓN 32. CASOS DE USO PARA USUARIO EN MENÚ PRINCIPAL .....	48
ILUSTRACIÓN 33. CASOS DE USO PARA USUARIOS EN UNA PRÁCTICA.....	49
ILUSTRACIÓN 34. MODO DE EDICIÓN VR DE UNREAL ENGINE 4 .....	54
ILUSTRACIÓN 35. MODIFICACIONES APLICADAS TRAS EL FEEDBACK DE LAS PRUEBAS .....	55
ILUSTRACIÓN 36. USUARIO REALIZANDO PRUEBAS DE USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA .....	56
ILUSTRACIÓN 37. EJEMPLO DE MONITORIZACIÓN MEDIANTE LA APP OCULUS.....	57
ILUSTRACIÓN 38. FRAGMENTO DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN .....	60
ILUSTRACIÓN 39. GRÁFICO DE PORCENTAJES DE ACIERTO POR PREGUNTA EN LA EVALUACIÓN INICIAL DEL GRUPO EXPERIMENTAL .....	62
ILUSTRACIÓN 40. DISTRIBUCIÓN POR EDADES DEL GRUPO EXPERIMENTAL .....	62
ILUSTRACIÓN 41. GRÁFICO DE PORCENTAJES DE ACIERTO POR PREGUNTA EN LA EVALUACIÓN FINAL DEL GRUPO EXPERIMENTAL .....	63
ILUSTRACIÓN 42. USUARIO REALIZANDO LA EVALUACIÓN.....	63
ILUSTRACIÓN 43. USUARIO USANDO LA HERRAMIENTA .....	64
ILUSTRACIÓN 44. GRÁFICO DE PORCENTAJES DE ACIERTO POR PREGUNTA EN LA EVALUACIÓN INICIAL DEL GRUPO DE CONTROL.....	65
ILUSTRACIÓN 45. GRÁFICO DE PORCENTAJES DE ACIERTO POR PREGUNTA EN LA EVALUACIÓN FINAL DEL GRUPO DE CONTROL.....	66
ILUSTRACIÓN 46. VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ACIERTO POR PREGUNTA – GRUPO EXPERIMENTAL.....	67
ILUSTRACIÓN 47. GRÁFICO DE PREGUNTAS CON VARIACIÓN EN EL PORCENTAJE DE ACIERTO .....	67
ILUSTRACIÓN 48. VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ACIERTO POR PREGUNTA - GRUPO DE CONTROL.....	68
ILUSTRACIÓN 49. GRÁFICO DE PREGUNTAS CON VARIACIÓN EN EL PORCENTAJE DE ACIERTO .....	69
ILUSTRACIÓN 50. COMPARACIÓN DE PORCENTAJES DE ACIERTO DE PREGUNTAS ENTRE AMBOS GRUPOS.....	70

ILUSTRACIÓN 51. RESUMEN DE LA PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	74
ILUSTRACIÓN 52. PLANIFICACIÓN - FASE DE ANÁLISIS	75
ILUSTRACIÓN 53. PLANIFICACIÓN - FASE DE DISEÑO	75
ILUSTRACIÓN 54. PLANIFICACIÓN - FASE DE DESARROLLO	76
ILUSTRACIÓN 55. PLANIFICACIÓN - FASE DE PRUEBAS	76
ILUSTRACIÓN 56. PLANIFICACIÓN - FASE DE EVALUACIÓN	77
ILUSTRACIÓN 57. PLANIFICACIÓN - FASE DE DOCUMENTACIÓN	
FINAL	77
ILUSTRACIÓN 58. MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO	77
ILUSTRACIÓN 59. EJEMPLO DE SUPERFICIE MÍNIMA	
RECOMENDADA	90
ILUSTRACIÓN 60. GESTO DE SELECCIÓN DE OPCIÓN DE MENÚ	91
ILUSTRACIÓN 61. GESTO DE ABRIR O CERRAR EL MENÚ DE PAUSA.	91
ILUSTRACIÓN 62. GESTO DE AGARRAR OBJETO	92
ILUSTRACIÓN 63. GESTO DE SOLTAR OBJETO	92
ILUSTRACIÓN 64. GESTO DE PULSAR BOTÓN	92
ILUSTRACIÓN 65. MENÚ DE NAVEGACIÓN DE EPIC GAMES	
LAUNCHER	93
ILUSTRACIÓN 66. SELECCIÓN DE VERSIONES DE UNREAL ENGINE	94
ILUSTRACIÓN 67. CONTENIDO DE LA DESCARGA DEL PROYECTO.	94
ILUSTRACIÓN 68. MENÚ DE CONFIGURACIÓN DE ANDROID STUDIO	95
ILUSTRACIÓN 69. PESTAÑA PLATAFORMAS > ANDROID SDK DE LA	
CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO	96
ILUSTRACIÓN 70. MENÚ DE LA APLICACIÓN OCULUS	97
ILUSTRACIÓN 71. CONTENIDO DE LA CARPETA BLUEPRINTS	97
ILUSTRACIÓN 72. CONTENIDO DE LA CARPETA MAPS	98
ILUSTRACIÓN 73. CONTENIDO CARPETA WIDGETS	98
ILUSTRACIÓN 74. PANTALLA DEL PROJECT LAUNCHER	99
ILUSTRACIÓN 75. PANTALLA DE DESPLIEGUE DE LA HERRAMIENTA	99

## Capítulo 1 PRESENTACIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

---

De los muchos escenarios en los que la realidad virtual puede innovar y/o mejorar la calidad de vida de las personas, la educación es uno de los más destacados debido a las múltiples posibilidades que aporta a la hora de ayudar en la adquisición de nuevos conocimientos como, por ejemplo, empleando métodos como la gamificación. Esto resulta en una experiencia más inmersiva y dinámica para el alumno, ya que dichos estímulos pueden ayudar a un mejor y más eficiente aprendizaje.

En este trabajo se llevará a cabo un estudio acerca de cómo la implementación de tecnologías de realidad virtual en el aula afecta a la capacidad de adquisición y comprensión de los contenidos impartidos en el aula y sus posibles beneficios.

Para poder llevar dicho estudio a cabo se introduce QuimiLabVR, una aplicación de realidad virtual cuyo propósito es emular un conjunto de prácticas llevadas a cabo en un laboratorio de química.

Como medida de corroboración de que la implementación de las prácticas que se llevan a cabo en la aplicación cumple con un determinado criterio científico, se ha contado con la colaboración de Rodrigo Sánchez Coalla, graduado en Química por la Universidad de Oviedo y profesor de Física y Química en el IES Concejo de Tineo.

La aplicación ha sido desarrollada en Unreal Engine 4 específicamente para los dispositivos Oculus Quest y Oculus Quest 2.

**Palabras clave:** Realidad Virtual, Unreal Engine, VR, Oculus, Química, Educación, Gamificación.

## 1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

---

Este documento ha sido dividido en 12 capítulos:

1. **Presentación:** Se realiza una breve presentación del presente trabajo y se describe la estructura del documento.
2. **Motivación y Objetivos del proyecto:** Se elabora en las causas que han precedido al desarrollo del proyecto y los objetivos que el proyecto pretende cumplir.
3. **Definiciones y Abreviaturas:** Se definen términos y abreviaturas/siglas para una mejor comprensión del documento.
4. **Marco teórico del proyecto:** Introducción a los diversos conceptos teóricos y tecnologías empleadas para el desarrollo de la herramienta a desarrollar.
5. **Solución propuesta:** Se describe el sistema desarrollado y las partes que lo conforman.
6. **Aspectos software del sistema:** Descripción interna del sistema desde el punto de vista software, de los distintos módulos que componen este y diagramas que describen distintos aspectos del sistema.
7. **Aspectos educativos:** Se justifican las actividades y se describen aspectos de diseño instruccional.
8. **Método de evaluación:** Descripción de los diferentes métodos y grupos de usuarios empleados para la evaluación.
9. **Resultados:** Exposición de los resultados obtenidos tras la evaluación, así como una interpretación de estos.
10. **Conclusiones y trabajo futuro:** Conclusiones acerca de los resultados obtenidos y planificación del trabajo de cara al futuro.
11. **Planificación:** Expone diferentes cuestiones tratadas acerca de la fase de planificación gestión del proyecto.
12. **Anexos**

## **Capítulo 2 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO**

---

La motivación para la realización de este proyecto surge de la necesidad de proporcionar a los alumnos de entre 10-13 años de una herramienta de calidad que permita introducirles a ambientes poco convencionales como puede ser un laboratorio de química de una manera segura y entretenida. Para entender el entorno en el que desarrolla el proyecto se plantean una serie de preguntas relacionadas con la implementación de herramientas de realidad virtual en el aula. Estas son:

- ¿Tienen efectos positivos en la adquisición de conocimientos comparado con métodos tradicionales de enseñanza?
- ¿Cómo afecta la naturaleza aislada del entorno virtual en el aprendizaje colectivo del estudiantado?

### **2.2 OBJETIVOS**

---

Establecidas las cuestiones que se pretenden resolver, se establecen una serie de objetivos a cumplir. Estos son:

- 1- Crear un entorno virtual que emule un laboratorio de química.
- 2- Planificar y elaborar un conjunto de prácticas que permitan explorar las diversas posibilidades de la herramienta de realidad virtual en el aula.
- 3- Asegurarse de que dicho conjunto de prácticas son lo más parecidas posibles a como se llevarían a cabo en un laboratorio convencional.
- 4- Comprender los posibles beneficios de las herramientas de realidad virtual para la adquisición de conocimientos y compararlas con métodos tradicionales de enseñanza.

A lo largo de este documento se procederá a resolver cada una de las siguientes cuestiones y objetivos planteados anteriormente.



## Capítulo 3 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A continuación, se mostrarán un listado de definiciones acerca de posibles conceptos, siglas o abreviaturas de carácter técnico que, de no ser definidas previamente, podrían dificultar la comprensión de este documento.

### 3.1 ABREVIATURAS

---

- **HDM:** Head-Mounted Display. Gafas de Realidad Virtual.
- **Hz:** Hercio. Unidad de frecuencia.
- **NDK:** Native Development Kit. Kit de Desarrollo Nativo.
- **SDK:** Software Development Kit. Kit de Desarrollo de Software.
- **SOC:** System on a Chip. Sistema en chip.
- **UE4:** Unreal Engine 4. Motor de videojuegos para desarrollo
- **VR o RV:** Realidad Virtual.

### 3.2 DEFINICIONES

---

- **Android:** Sistema operativo móvil basado en Linux lanzado en 2008.
- **Aplicación móvil:** producto software diseñado para ser ejecutado en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles
- **Blueprint:** Fichero de código que permite programar clases de un programa mediante algo similar a un diagrama de flujo.
- **Gameplay Loop:** Consiste en el conjunto de mecánicas de un juego que se repiten constantemente.

- **HandTracking:** Tecnología empleada en Realidad Virtual para la detección de las manos del usuario y usarlas como entrada de la aplicación.
- **Meta:** conglomerado de empresas compuestas por Facebook, Whatsapp, Oculus y más.
- **Motor de videojuegos:** Programa software que provee de las herramientas necesarias para construir y customizar un videojuego.
- **Native Development Kit:** kit de desarrollo que permite desarrollar software directamente en una plataforma en vez de hacerlo a través de una máquina virtual.
- **Oculus Quest:** Dispositivo standalone de Realidad Virtual desarrollado por Oculus.
- **Realidad Virtual:** Conjunto de técnicas informáticas que permiten crear imágenes y espacios simulados en los que una persona, mediante un dispositivo visual, tiene la sensación estar y poder desenvolverse dentro de ellos.
- **Software:** Conjunto de componentes lógicos de un sistema, empleado para hacer posible la realización de tareas.
- **Software Developer Kit:** Conjunto de herramientas que permiten a un desarrollador crear un producto software para un sistema.
- **System on a Chip:** circuito informático que contiene los componentes esenciales de un ordenador de un solo chip (RAM, CPU, GPU, Sensores...).
- **Unreal Engine:** Motor de videojuegos desarrollado por Epic Games.

## Capítulo 4 MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO

En este capítulo se presentan los conceptos sobre los que se sostiene el marco teórico de este proyecto. Para cada uno de ellos se aportará una definición y en qué aspectos influyen sobre el presente trabajo.

### 4.1 REALIDAD VIRTUAL

---

Existen numerosas definiciones de lo que significa la Realidad Virtual entre las cuales se destacan:

- La RV Comprende la *interface* hombre-máquina, que permite al usuario sumergirse en una simulación 3D generada por ordenador y navegar e interactuar con ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario. (Martínez, 2011)
- Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real. (RAE, 2022)
- La RV es la tecnología más similar a la máquina del tiempo, ya que nos permite recrear virtualmente cualquier tipo de espacio en tres dimensiones y situarlo en cualquier periodo temporal, tanto pasado como futuro, con un grado de realismo completamente creíble. (Alejandro Sacristán, 1990)

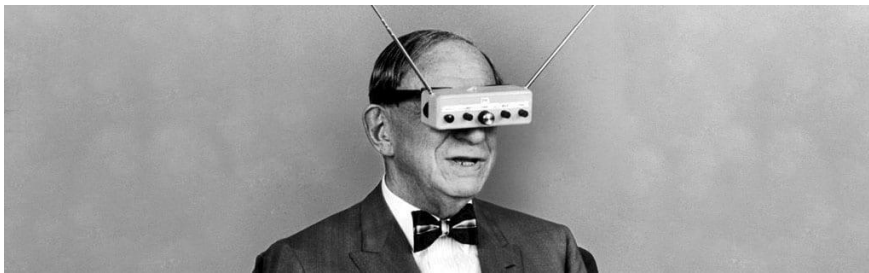
Todas estas definiciones son válidas, dado que todas representan la experiencia clave que define la Realidad Virtual, aquella de simular una experiencia inmersiva para el usuario en un entorno 3D, pero esta tecnología tuvo unos inicios que difieren de lo que hoy en día se entiende como realidad virtual.



Ilustración 1. Link Trainer

Los principios del uso de la realidad virtual (este término aun no existía) datan del 1838, año en el que Charles Wheatstone creó el primer estereoscopio. Este dispositivo era una especie de gafas que permitían la visualización de imágenes en 3D mediante la superposición de estas. No sería hasta 1929 en el que se verían una de las primeras aplicaciones de la realidad virtual a gran escala, siendo el Link Trainer un simulador de vuelos empleado por el ejército de los EEUU para el entrenamiento de más de 500.000 soldados. (Xperimenta, 2016)

No es hasta 1963 que se crea el primer dispositivo que se asemeja a los HMD que se usan actualmente, *The Teleyeglasses*, un concepto de televisión portátil que se sujetaba a la cabeza como unas gafas dando una experiencia de visualización inmersiva.



*Ilustración 2. Teleyeglasses*

Posteriormente en 1987 se acuña finalmente en término de Realidad Virtual por Jaron Lanier.

Avanzando hasta el año 2012, surge la principal innovación en Realidad Virtual que afecta directamente al presente trabajo, ya que es presentado el primer prototipo de Oculus Rift. Este prototipo sienta las bases de la gran mayoría de HMDs del mercado ya que aunaba la visión de volumetría 3D en un entorno 360º de una forma envolvente. (Xperimenta, 2016)



*Ilustración 3. Oculus Rift Dev.2*

La empresa Oculus (creadora del prototipo Rift) fundada por Palmer Luckey fue adquirida por Facebook, ahora llamada Meta, en 2014 por 2000 millones de dólares. (Pozzi, 2014)

La realidad virtual es la principal tecnología sobre la que se basa el presente trabajo, debido a que la experiencia inmersiva que proporciona es necesaria para poder trasladar la sensación de que el alumno está presente en el laboratorio que la herramienta emula.

## **4.2 UNREAL ENGINE**

---

Unreal Engine es un motor gráfico para el desarrollo de videojuegos creado, mantenido y distribuido por Epic Games. Consta de 5 versiones principales:

- Unreal Engine 1 (1998)
- Unreal Engine 2 (2002)
- Unreal Engine 3 (2006)
- Unreal Engine 4 (2014)
- Unreal Engine 5 (2021 *versión anticipada*)

El principal uso de este motor es el de creación de videojuegos, pero su utilidad se extiende más allá del formato de entretenimiento. El motor es usado en la industria cinematográfica, arquitectura, maquetación de automóviles, retransmisión de eventos, simulaciones, artistas, diseñadores de sonido y demás (Soloaga, 2019)

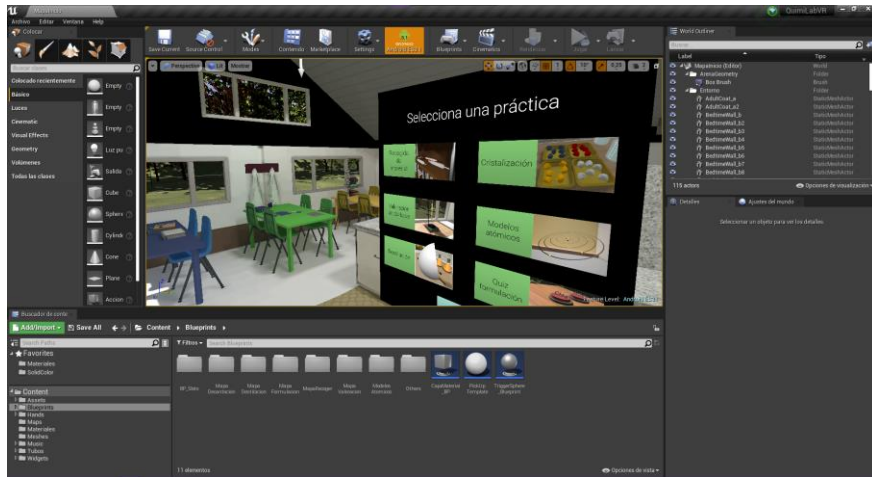


Ilustración 4. Captura del editor de Unreal Engine 4

El sistema principal de scripting de Unreal Engine son los Blueprints. Este sistema sustituye en gran medida la codificación tradicional (línea a línea) por un Blueprint, formado por un conjunto de nodos con un conjunto de propiedades que pueden ser customizadas a través de una interfaz de usuario (Tran, 2017)

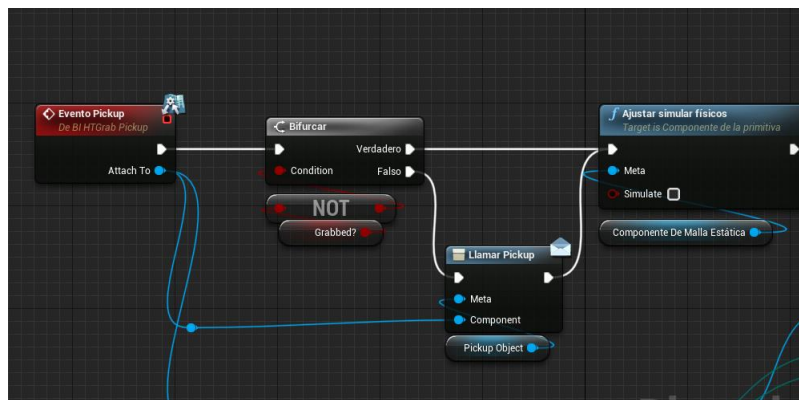


Ilustración 5. Estructura de un blueprint

El motor tiene un bazar, Unreal Engine Marketplace, de recursos tanto gratuitos como de pago que pueden ser usados en los proyectos desarrollados en este.

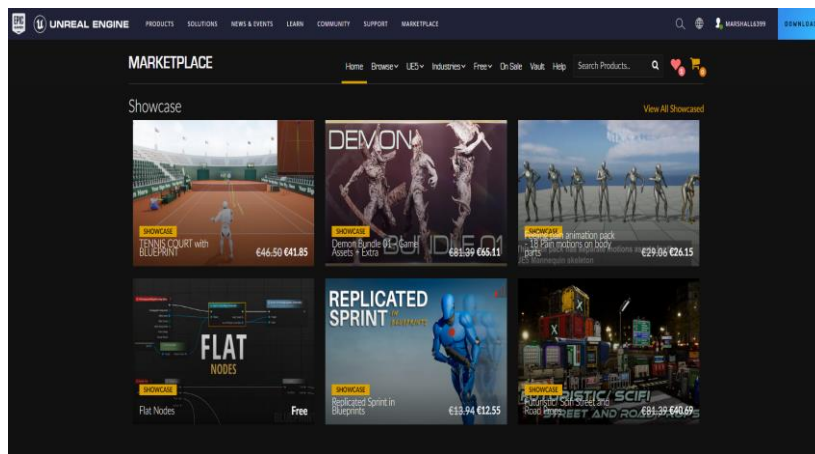


Ilustración 6. Unreal Engine Marketplace

En el contexto de este proyecto, se ha optado por el uso de Unreal Engine 4 como motor para desarrollar la herramienta propuesta debido a la facilidad de uso del sistema de blueprints, la gran cantidad de assets disponibles y la fácil integración de dispositivos de realidad virtual, tanto para la configuración como para el despliegue de aplicaciones.

Concretamente, la herramienta propuesta ha sido desarrollada en la versión 4.27 del motor.

### 4.3 GAMIFICACIÓN

El concepto de gamificación surge alrededor de finales del año 2011 y, aun no teniendo una definición específica, muchos autores coinciden en determinados puntos clave. Entre las muchas definiciones se destacan las siguientes como las principales:

- “Consiste en hacer uso de mecánicas y elementos del diseño de los videojuegos y aplicarlos en un producto o servicio ajeno al videojuego haciendo que este sea más divertido, motivador y atractivo.” (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011)
- “La gamificación es el uso de diseños y técnicas propias de los videojuegos en contextos no lúdicos con el objetivo de desarrollar habilidades y comportamientos de desarrollo.” (Burke, 2014)

- “La aplicación de mecánicas de juego a ámbitos no propios de juego con el fin de estimular e incentivar tanto la cooperación como la competencia entre jugadores”. (Kapp, 2012)

Las definiciones anteriores coinciden en que la gamificación emplea mecánicas propias de los videojuegos en contextos no lúdicos buscando la participación del jugador para lograr un objetivo. Werbach y Hunter distinguen tres categorías de elementos básicos en los sistemas gamificado (Werbach & Hunter, 2012):

1. **Dinámicas (Cúspide de la pirámide):** Constituyen la estructura del juego, es decir, aquellos aspectos que no tienen una implementación explícita en el juego pero que resultan esenciales en el diseño de este (progreso del juego, la narración o las limitaciones de este...).
2. **Mecánicas (Cuerpo de la pirámide):** Corresponden con todos aquellos procesos que intervienen en la ejecución del juego. Son las responsables de hacer que el jugador se interese y se involucre en el bucle de jugabilidad. El bucle de jugabilidad, conocido como 'Gameplay Loop' es el “Ciclo de acciones que el jugador repite a lo largo de la duración del juego” Shoam (2021). Forman parte elementos como:
  - a. **Desafíos**
  - b. **Recompensas**
  - c. **Intercambio de recursos**
  - d. **Componente de cooperatividad**
  - e. **Componente de competencia**

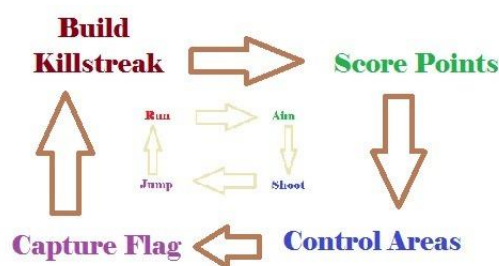


Ilustración 7. Esquema de gameplay loop

3. **Componentes (Base de la pirámide):** Implementaciones específicas de las dinámicas y las mecánicas. Son los elementos visibles en un juego que representan estos dos conceptos. Pueden manifestarse como:



- a. Monedas
- b. Logros
- c. Niveles
- d. Puntuaciones

En el presente trabajo, se ha orientado el concepto de gamificación a como esta puede ser beneficiosa para el desarrollo y aprendizaje de contenidos de este ámbito en el aula. Según el estudio “Gamificación como técnica didáctica en el aprendizaje de las Ciencias Naturales” realizado por Angélica Janeth Mallitasig Sangucho y Teresa Milena Freire Aillón “Una vez finalizado el periodo de 6 semanas complementando la enseñanza con herramientas como Kahoot y Plickers, la media de la puntuación de la Escala de Estrategias de Aprendizaje ACRA incrementó en un 32%, pasando de 2,34 a 3,45.” (Sangucho, Janeth, Aillón, & Milena, 2020). Se espera que mediante la implementación de elementos de gamificación en una aplicación de realidad virtual se obtengan beneficios similares

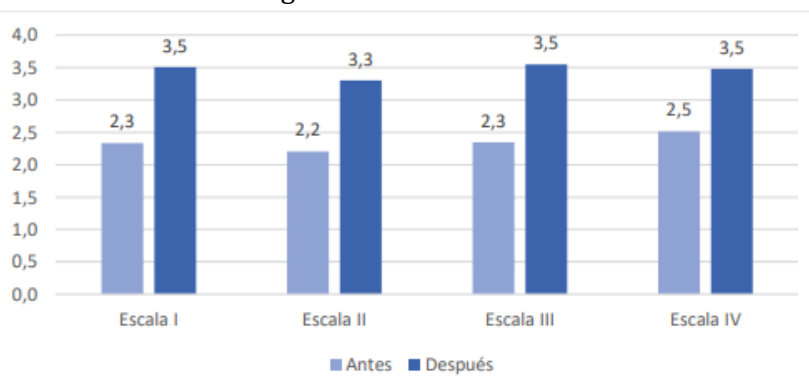


Ilustración 8. Resultados del estudio

## 4.4 OCULUS Y HANDTRACKING

### 4.4.1 Oculus Quest / Quest 2

Oculus Quest y Oculus Quest 2 son dispositivos standalone de realidad virtual desarrollados por Meta lanzados en 2019 y 2020 respectivamente.



Ilustración 9. Oculus Quest 2

No requieren de un ordenador para funcionar ya que tienen incorporado su propio SOC y un *fork* del sistema operativo Android, denominado “Oculus System”, para poder ejecutar aplicaciones nativas a la plataforma. Las especificaciones de ambos dispositivos son las siguientes:

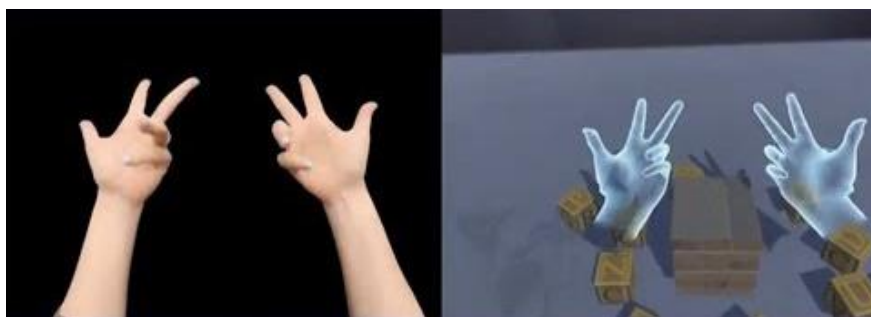
	Oculus Quest	Oculus Quest 2
<b>Resolución por ojo</b>	1600 * 1400 píxeles	1832 * 1920 píxeles
<b>FOV</b>	110º	110º
<b>Procesador</b>	Snapdragon 835 <i>custom</i>	Snapdragon XR2
<b>RAM</b>	4 GB	6 GB
<b>Batería (duración en horas)</b>	2 - 3 horas	2 - 3 horas
<b>Sensores</b>	4 sensores	6 sensores
<b>SO</b>	Oculus System basado en Android	Oculus System basado en Android
<b>Peso</b>	571 g	503 g
<b>Almacenamiento</b>	64 GB ó 128 GB	64 BG, 128 GB ó 256 GB

Tabla 1. Comparación de especificaciones entre Oculus Quest y Oculus Quest 2

#### 4.4.2 HandTracking

Ambos dispositivos cuentan con capacidades de handtracking, es decir, el uso de las manos del usuario como input para el sistema (como si de un mando se tratase) mediante el rastreo de las mismas con sensores incorporados en el propio dispositivo.

Esta tecnología fue anunciada para los visores de la gama Quest a finales de 2019 que en principio lo tuvieron como una función experimental hasta que a mediados de 2020 se expandió de manera que los desarrolladores pudieron empezar a usarlo para implementarlo en sus aplicaciones. (Alejandro, 2022)



*Ilustración 10. Ejemplo de handtracking*

En abril de 2022 se anunció la versión 2.0 de handtracking en exclusiva para los visores Oculus Quest 2 que añaden una serie de mejoras como la capacidad de movimientos de manos rápidos y la superposición de una mano encima de otra.

En el contexto de este proyecto, se ha decidido orientar el desarrollo de la herramienta a la plataforma de Oculus Quest (en concreto el visor Oculus Quest 2) por la gran relación experiencia/calidad/precio, la gran base de usuarios que esta plataforma posee, las capacidades de handtracking y la mejor experiencia que la plataforma otorga en comparación a una aplicación para móvil y un visor de realidad virtual para móviles.

Con relación al handtracking, se ha optado por este método de entrada de comandos para la herramienta ya que proporciona una experiencia más inmersiva que el uso de los controladores Oculus que vienen incorporados con el visor y permite al alumno recrear movimientos más exactos haciendo más realista la experiencia.



*Ilustración 11. Controladores Oculus*

También existe una motivación relacionada con la durabilidad del equipo en el aula ya que limitando el número de herramientas que el alumno manipule, se reduce la posibilidad de que este material sea dañado.

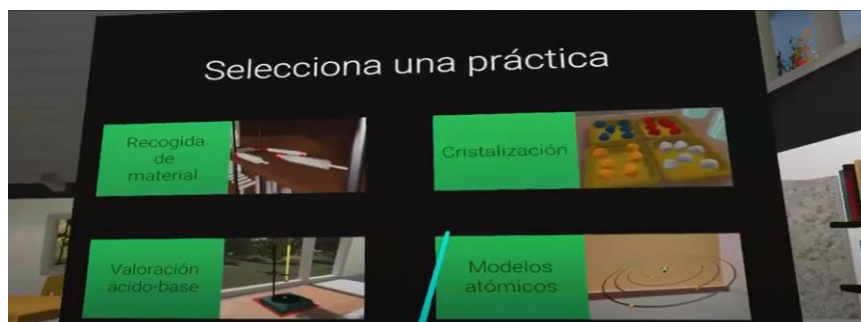
## Capítulo 5 SOLUCIÓN PROPUESTA

En este capítulo se lleva a cabo una descripción de la herramienta desarrollada para la realización del estudio posterior, detallando cada una de las actividades que se realizan en esta.

### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

---

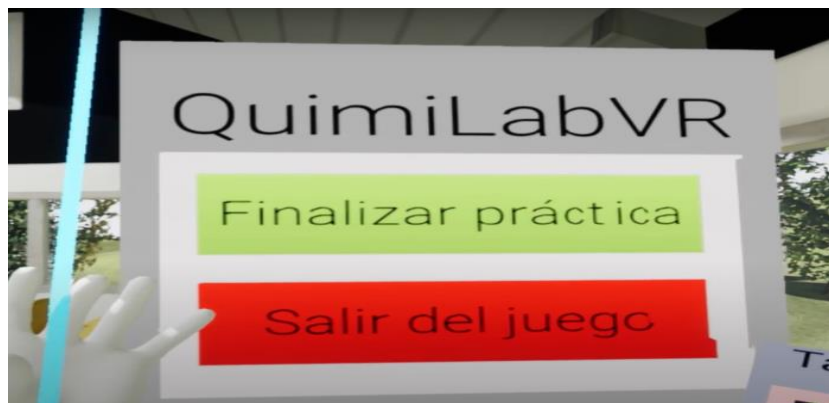
La solución propuesta para realización del estudio que se plantea en el presente trabajo es QuimiLabVR, una herramienta de Realidad Virtual que emula un laboratorio de química y consta de un total de 6 prácticas. Estas han sido escogidas para demostrar un aspecto de como incorporar la realidad virtual en al aula.



*Ilustración 12. Menú de selección de prácticas*

En el menú principal de la herramienta, el alumno se encontrará en el laboratorio y tendrá ante él un panel con todas las prácticas disponibles. Este podrá seleccionar cualquiera y será trasladado a un nivel donde tendrá lugar la realización de dicha práctica.

Común a todas las prácticas es el menú de pausa, que permite en cualquier momento finalizar la práctica para poder volver al menú principal o bien cerrar el programa.



*Ilustración 13. Menú de pausa*

El orden de ejecución de las prácticas es indiferente, puesto que ningún aspecto con respecto a la progresión de la herramienta está ligado a la finalización de prácticas en un orden determinado.

**Nota:** Los tiempos de espera para todos los procesos que en la realidad necesitaran de más tiempo se han acelerado para evitar una sensación de pesadez o de aburrimiento a lo largo de la realización de cada una de las prácticas.

## **5.2 ACTIVIDADES PROPUESTAS**

---

A continuación, se procederá a describir cada una de las 6 prácticas de la aplicación junto a una justificación de su inclusión en favor de otro tipo de prácticas.

### **5.2.1 Recogida de material**

La práctica “Recogida de material” transporta al alumno a la zona donde se encuentran las estanterías de materiales del laboratorio virtual.



Ilustración 14. Práctica "Recogida de material"

Una vez situado, el alumno tiene como objetivo depositar una serie de instrumentales cuyo uso es común en el laboratorio. Estos son:

- Bureta
- Condensador Allihn
- Condensador Graham
- Condensador Vigreux
- Erlenmeyer
- Pipeta
- Probeta
- Tubo de ensayo
- Vaso de precipitados

Estos instrumentos deberán ser depositados en una caja que se ubicará a la izquierda del alumno. Para poder llevar una supervisión de qué instrumentos han sido recogidos se cuenta con una lista que lleva una supervisión aquellos materiales recogidos.

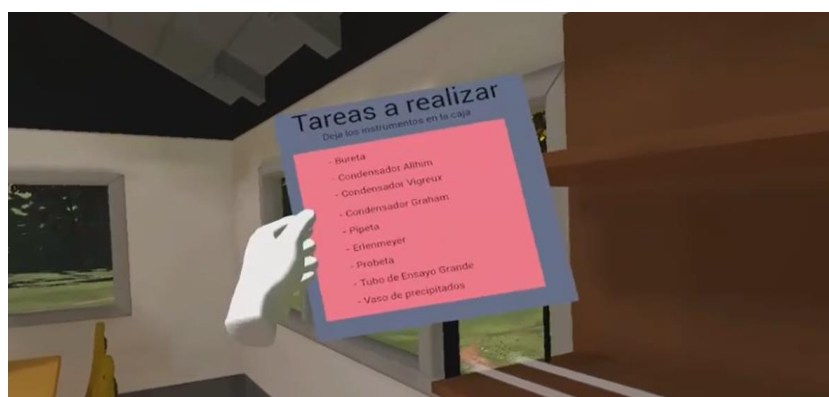


Ilustración 15. Objeto de tareas a realizar en la práctica "Recogida de Material"

Por cada instrumento recogido se reproduce un sonido que indica que ha sido depositado correctamente en la caja de materiales y se marcará con un *check* verde el instrumento recogido. Una vez recogidos todos los instrumentos se reproduce otro sonido que indica que se ha completado con éxito la práctica.

No obstante, el uso de esta lista de materiales es opcional ya que la práctica ha sido diseñada para realizarse de varias maneras:

- La primera sería aquella en la que el alumno de manera individual emplea la lista para obtener todos los instrumentos.
- También puede ser usada de manera que el docente responsable en el aula sea quien indique al alumno que materiales concretos ha de recoger.
- La última considera una perspectiva colectiva, en la que los propios alumnos participen y asistan en la realización de la práctica indicando al alumno que usa la herramienta qué materiales recoger o ayudándole a reconocer estos.

### 5.2.2 Cristalización

La práctica “Cristalización” consiste en la formación de cristales a través de la disolución de un determinado soluto en un disolvente. Para la práctica se han seleccionado los siguientes solutos.

- Sulfato de cobre (II) pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
- Azufre (S)
- Sal (NaCl)
- Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )

Como disolvente se ha escogido el agua y este es común para todos los solutos previamente enumerados.





Ilustración 16. Práctica "Cristalización"

Para poder realizar la práctica el alumno deberá:

1. Escoger un soluto y depositarlo en un vaso con el disolvente.
2. Tras unos segundos el disolvente cambiará a un color acorde al del soluto empleado, indicando que la disolución está lista.
3. Esta disolución deberá llevarse a la ventana que se ubica a la izquierda del alumno. En ella se dispone de una serie de cristalizadores, uno para cada posible disolución.
4. Al acercar la mezcla al cristalizador, este último se llenará con la disolución y comenzará el proceso de cristalización en sí. Este tarda 10 segundos en ejecutarse.
5. Una vez finalizado el tiempo la disolución desaparecerá del cristalizador y en este quedarán los cristales fruto del proceso.



Ilustración 17. Compuestos siendo colocados en el cristalizador

La práctica está pensada para que se realicen 4 cristalizaciones, una para cada posible soluto. Aunque es posible usar varias veces el mismo soluto para generar varias disoluciones del mismo compuesto, no es posible emplear la misma disolución para varios cristalizadores.

Para la correcta ejecución de la práctica se cuenta con una lista con las instrucciones necesarias para llevar a cabo la práctica que el alumno podrá consultar en todo momento.

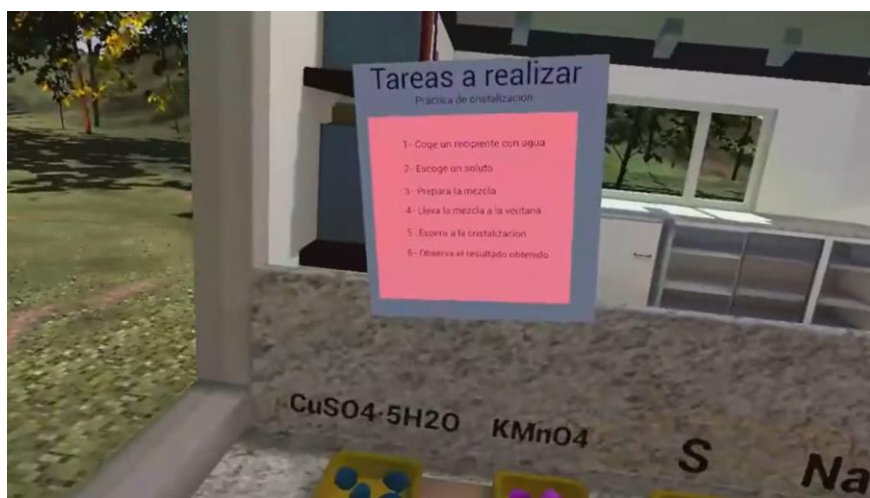


Ilustración 18. Objeto de tareas a realizar en la práctica "Cristalización"

Esta tarea ha sido diseñada para que el alumno la realice de manera individual, puesto que su complejidad no requiere de una intervención activa por parte del docente responsable. En su defecto, el docente podría solicitar un tipo de cristalización en concreto preguntando por el nombre común del compuesto, ya que en la práctica solo se muestran las fórmulas químicas de estos.

### 5.2.3 Valoración ácido – base

En "Valoración ácido – base" se lleva a cabo el experimento cuyo nombre coincide con el título de la práctica.

Este experimento se plantea también como un problema, puesto que se parte de par ácido – base del cual se conoce la concentración de uno, pero no la del otro. Para esta práctica en concreto se han optado por un ácido (HCl – ácido clorhídrico) y una base (NaOH – hidróxido de sodio) fuertes. El compuesto de concentración conocida es la base

mientras que el de concentración desconocida es el ácido. Para visualizar los datos del problema se entrega una lista con estos.

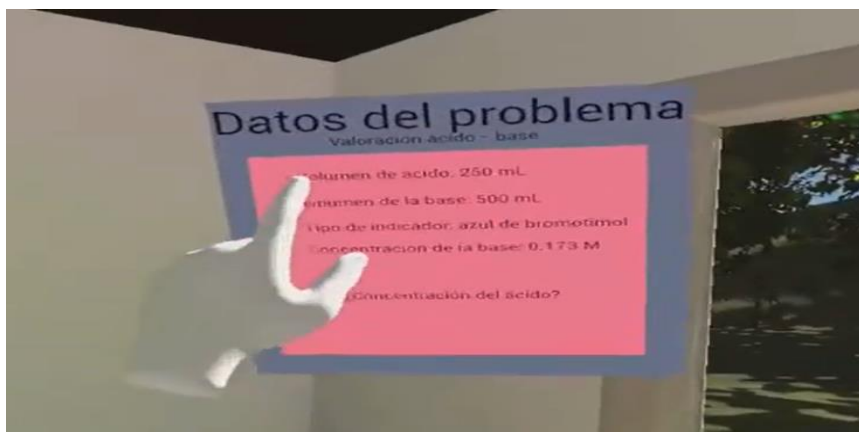


Ilustración 19. Objeto con los datos del problema en la práctica "Valoración ácido - base"

Los pasos que se llevan a cabo en este experimento son los siguientes:

1. Se monta la estación de precipitado colocando la bureta en su sitio.
2. Se coloca el compuesto de concentración conocida en la bureta.
3. Se coloca el compuesto del cual se desconoce la concentración bajo la bureta.
4. Se activa el circuito y empieza el precipitado.
5. Se observa atentamente cuanto volumen precipita sobre el compuesto hasta que este cambia de color.
6. Se calcula la concentración del compuesto de concentración desconocida.

Estos se muestran en una pizarra ubicada en el laboratorio

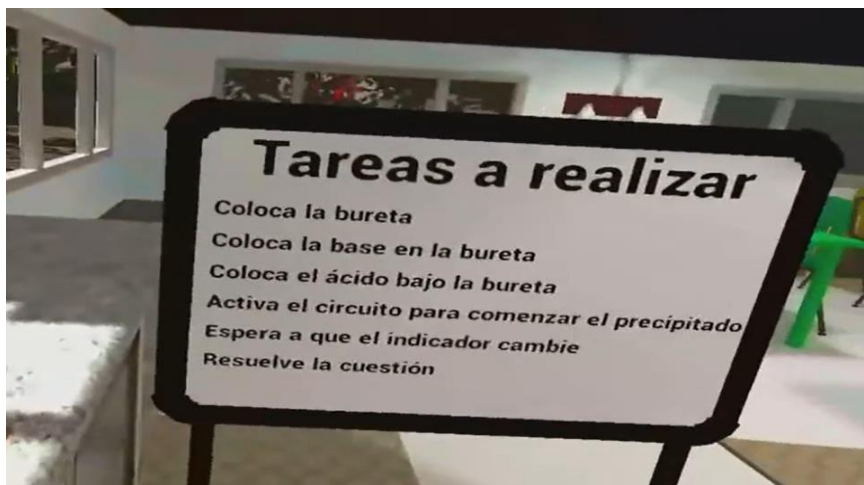


Ilustración 20. Objeto con las tareas a realizar en la práctica "Valoración ácido - base"

Esta práctica ha sido diseñada para ser llevada a cabo de una manera mixta, es decir, la práctica tiene inicio dentro del entorno virtual, donde el alumno realiza los pasos manuales y lleva a cabo todos los pasos mencionados anteriormente, a excepción del paso nº6. Este último se realiza en el aula, puesto que requiere de una serie de cálculos matemáticos y razonamiento teórico que no pueden ser llevados a cabo con una comodidad destacable dentro del entorno virtual.



Ilustración 21. Práctica "Valoración ácido - base"

### 5.2.4 Destilación

En esta práctica se pide al alumno que lleve a cabo un proceso de destilación. Este proceso se emplea para separar dos compuestos de una mezcla homogénea. Sabiendo que ambos tienen puntos de ebullición distintos, se calienta la mezcla hasta alcanzar el punto de ebullición de uno de los compuestos que la forman y este se evapora. Una vez evaporado, el vapor pasa por un condensador que lo enfría hasta que este vuelve a su estado líquido y precipita en un recipiente separado.

De manera análoga al resto de prácticas presentes en la herramienta, se provee al alumno de una serie de pasos que ha de seguir para poder llevar a cabo la práctica. En concreto, para esa se han de realizar los siguientes pasos en orden:

1. Colocar el compuesto a destilar sobre el mechero bunsen
2. Colocar el recipiente de recogida del destilado en la plataforma
3. Colocar el primer condensador sobre el compuesto.
4. Colocar el segundo condensador encargado de enfriar el vapor del destilado.
5. Activar el circuito que llena de líquido refrigerante el condensador.
6. Activar el mechero bunsen para que empiece el proceso de destilado.

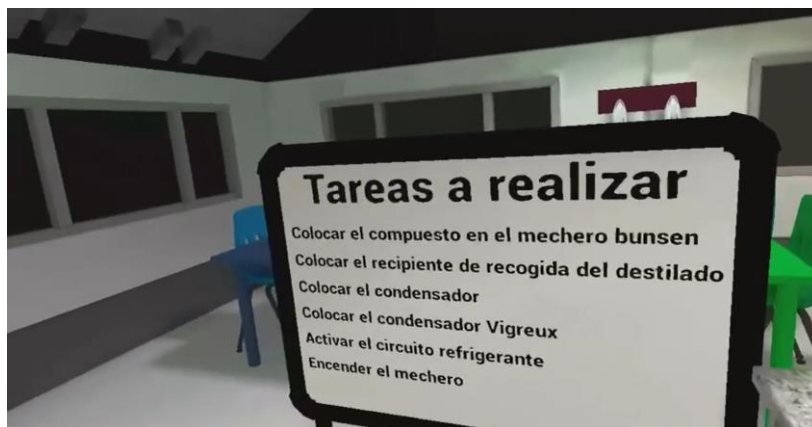
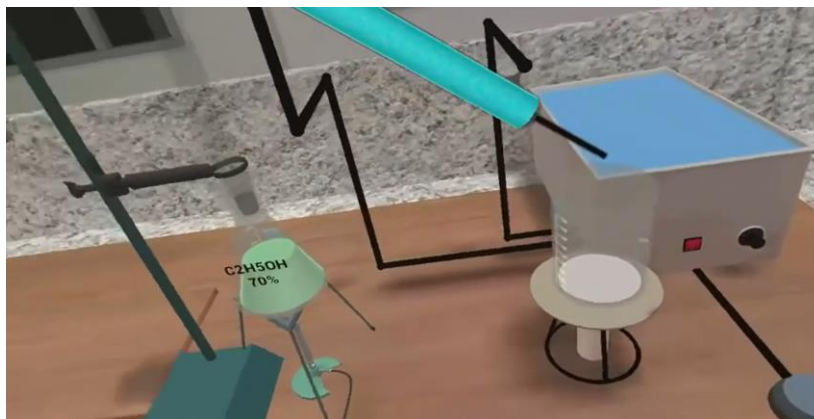


Ilustración 22. Objeto con las tareas a realizar en la práctica "Destilación"

Una vez activado el circuito se mostrará como el vapor sale del compuesto a destilar y pasa por el conjunto de condensadores. Tras pasar por los condensadores, comenzará la fase de goteo del

destilado en el recipiente, donde a los pocos segundos aparecerá el líquido. Una vez finalizado el proceso de goteo, la práctica se da por finalizada.



*Ilustración 23. Práctica "Destilación"*

Esta práctica ha sido ideada de manera que el alumno la realice de manera individual y su extensión se limita al entorno virtual, es decir, no se requiere de ninguna actividad fuera del contexto de la herramienta.

### 5.2.5 Visualizador de modelos atómicos

El visualizador de modelos atómicos es la única práctica de esta herramienta en la que el contenido es puramente teórico. Esta consiste en una exposición sobre los 5 principales modelos atómicos que se han postulado a lo largo de la historia, siendo estos:

- Modelo atómico de Dalton
- Modelo atómico de Thomson
- Modelo atómico de Rutherford
- Modelo atómico de Bohr
- Modelo atómico de Schrödinger (aproximación de este)

Al inicio de la práctica, el alumno podrá observar una mesa con una serie de botones, correspondiéndose cada uno de estos con un modelo atómico. Al pulsar estos botones aparecerá ante él el modelo atómico que haya seleccionado junto a una ficha con la historia e información más relevante sobre este. A su vez, el modelo realiza una rotación sobre sí mismo para poder apreciarlo en detalle.

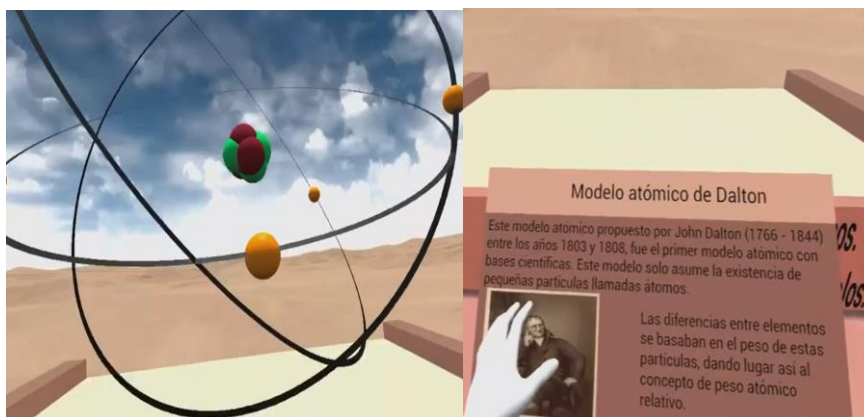


Ilustración 24. Modelo atómico con su panel informativo

Si el alumno está visualizando un modelo y pulsa el botón de otro, se sustituirán tanto el modelo como la información por el que acaba de seleccionar.

### 5.2.6 Minijuego de formulación

La última práctica es el minijuego de formulación. Esta está basada en juegos de mesa como “Super Simón” y su jugabilidad es la misma.

Al iniciar la práctica, se transporta al alumno a un escenario en el que se encuentran los siguientes elementos: Una mesa con 1 botón central que da comienzo a la práctica, 6 botones con un texto indicando la molécula que representan, un panel que indicará la puntuación obtenida y un panel flotante con una leyenda de colores en la que cada uno representará un elemento en concreto.



Ilustración 25. Práctica "Minijuego de formulación"

Cuando se pulsa el botón central se da comienzo al juego y aparece enfrente del alumno una molécula. Las reglas del juego son las siguientes:

1. El alumno deberá formular la molécula que aparece frente a él y ver con cuál de los botones se corresponde.
2. Si pulsa el botón adecuado suma 1 punto y se muestra el siguiente compuesto.
3. Si pulsa el botón erróneo se reinicia la puntuación y deberá empezar de nuevo.
4. Cuando obtenga los 6 puntos se acabará el juego y se añadirá una bonificación extra en función del tiempo empleado para completar la práctica.

El objetivo es que el alumno consiga formular los compuestos lo más rápido posible para poder obtener la mayor cantidad de puntos.



Ilustración 26. Juego de mesa "Super Simón"

Para esta práctica se han escogido las siguientes moléculas:



- Trióxido de dialuminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Sal ( $\text{NaCl}$ )
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Amoniaco ( $\text{NH}_3$ )

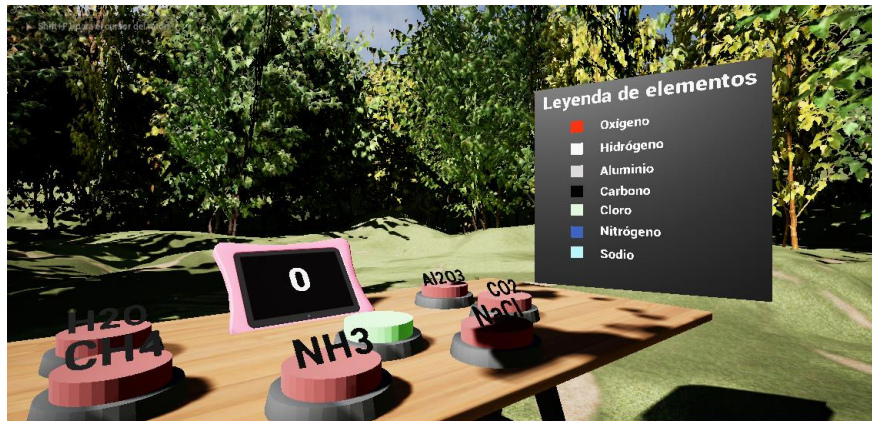


Ilustración 27. Práctica "Minijuego de formulación"

## Capítulo 6 ASPECTOS SOFTWARE DEL SISTEMA

En este capítulo se tratan aspectos software de la herramienta desarrollada.

### 6.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

A continuación, se muestra el diagrama de paquetes de la herramienta

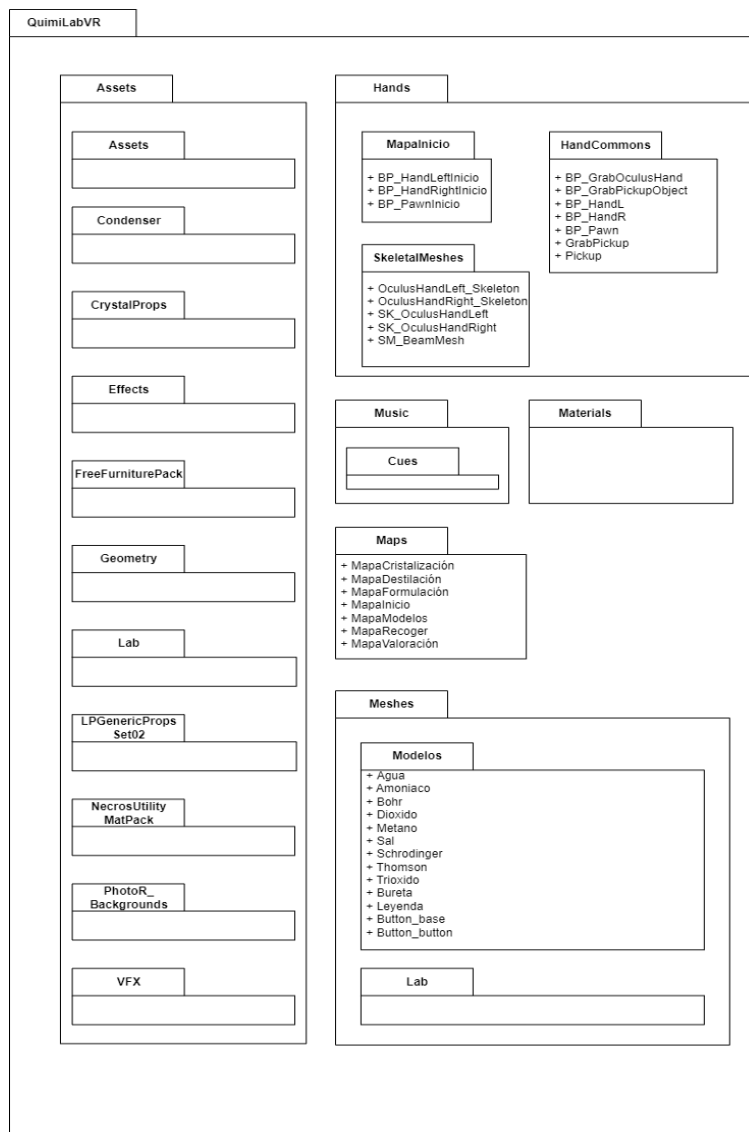


Ilustración 28. Diagrama de paquetes I

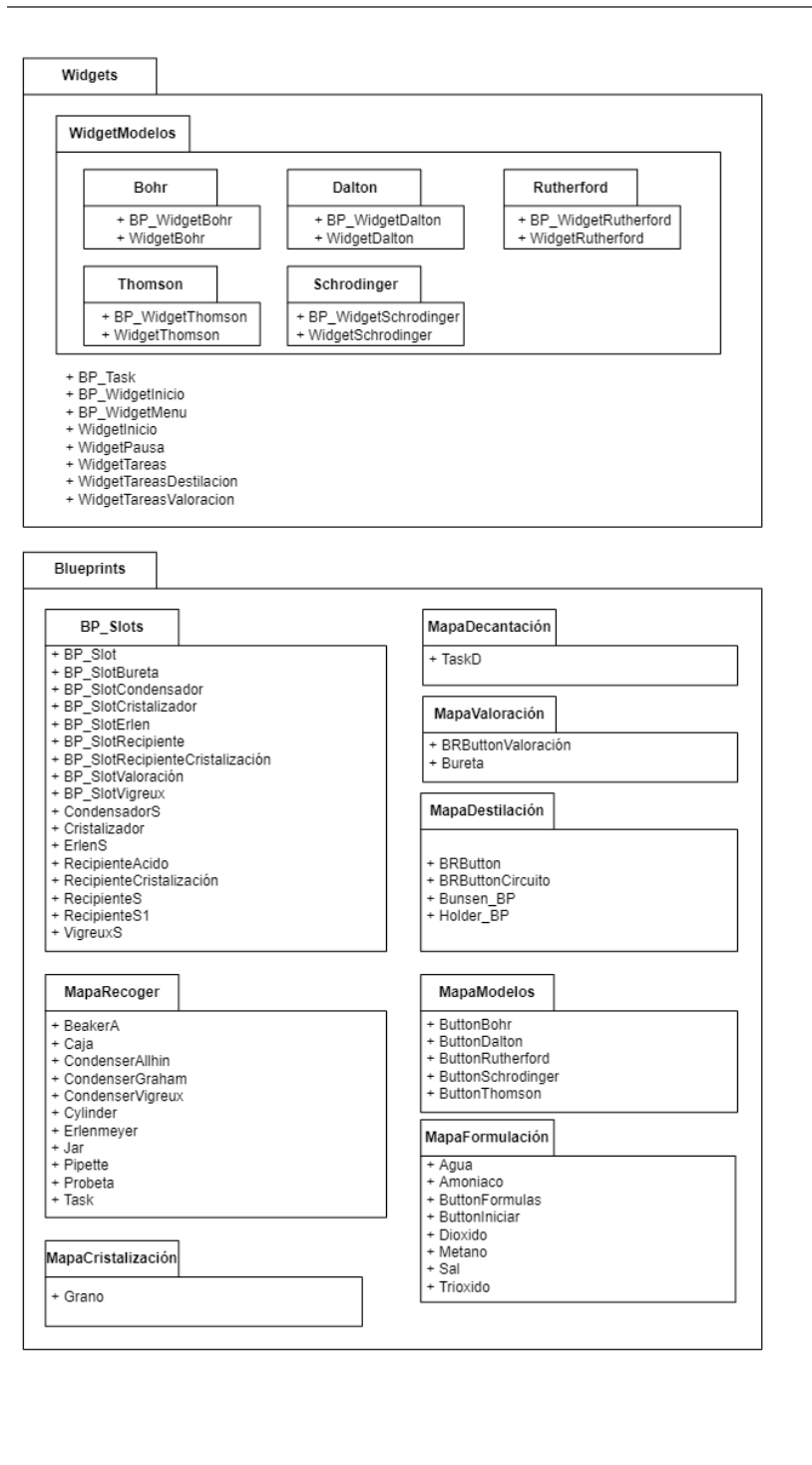


Ilustración 29. Diagrama de paquetes II

## **6.2 DISEÑO DE CLASES / BLUEPRINTS**

---

### **6.2.1 Diagrama de clases**

En el siguiente diagrama se muestran los principales blueprints de la herramienta desarrollada, así como sus relaciones con otros blueprints.

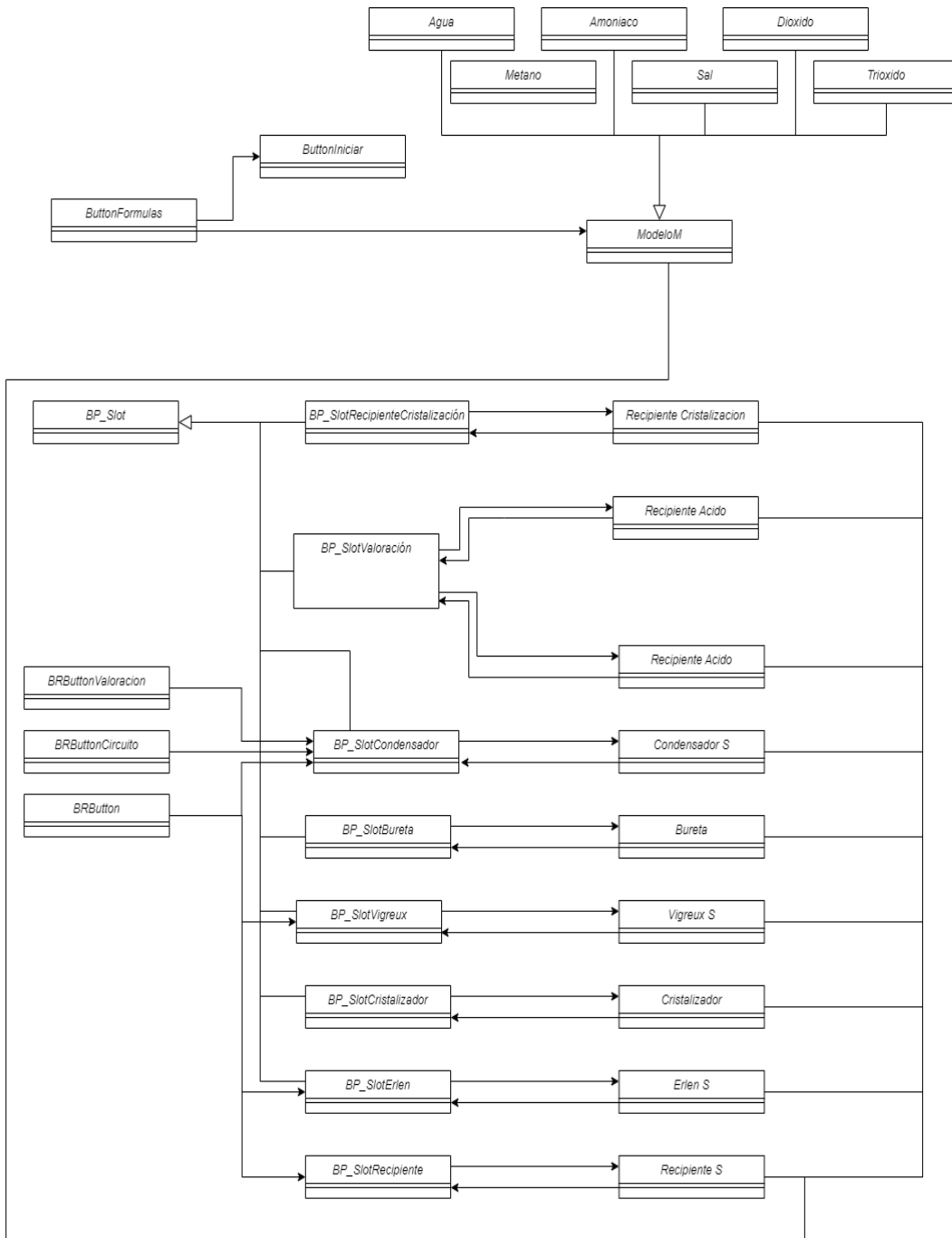


Ilustración 30. Diagrama de clases de la herramienta I

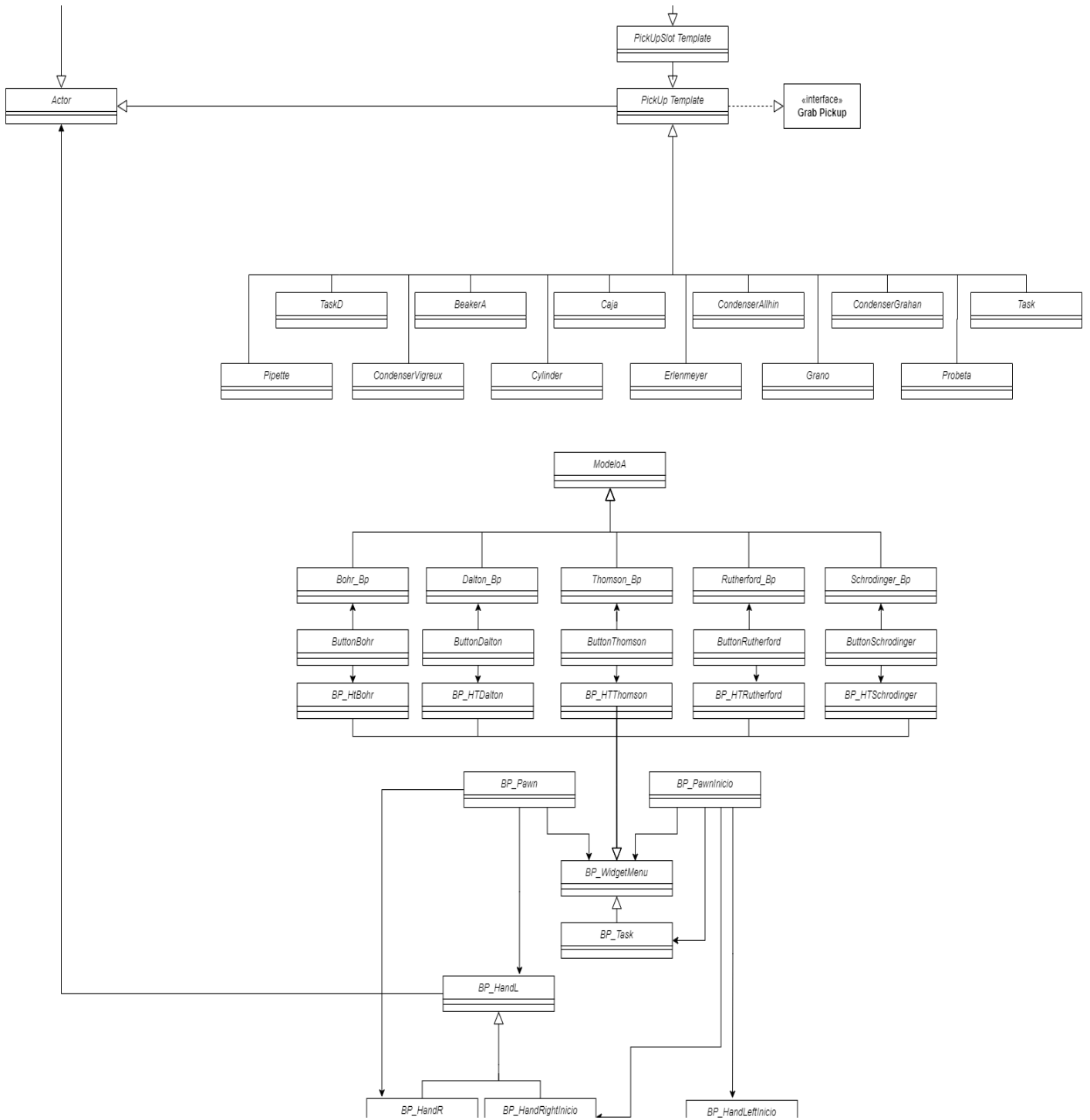


Ilustración 31. Diagrama de clases de la herramienta

## 6.2.2 Blueprints

A continuación, se profundiza en la estructura interna de cada uno de los blueprints que contienen las funcionalidades del sistema.

### 6.2.2.1 Cámara y manos virtuales

Son los blueprints que se encargan del movimiento de la cámara y de la detección y motricidad de las manos.

#### 6.2.2.1.1 BP\_Pawn

Nombre del blueprint
BP_Pawn
Descripción
Cámara principal que se usa en las prácticas. Permite coger objetos e interactuar con botones y widgets.
Variables
<b>LeftHand &lt;BP_HandL&gt;</b> : Mano izquierda del sistema de handtracking <b>RightHand &lt;BP_HandR&gt;</b> : Mano derecha del sistema de handtracking <b>Menu &lt;BP_WidgetMenu&gt;</b> : Contiene la referencia al widget de menú de pausa

Tabla 2. Descripción del blueprint "BR\_Pawn"

#### 6.2.2.1.2 BP\_PawnInicio

Nombre del blueprint
BP_PawnInicio
Descripción
Cámara principal que se usa en el mapa inicial. Únicamente admite la interacción con el widget de selección de prácticas.
Variables
<b>LeftHand &lt;BP_HandLeftInicio&gt;</b> : Mano izquierda del sistema de handtracking <b>RightHand &lt;BP_HandRightInicio&gt;</b> : Mano derecha del sistema de handtracking <b>Menu &lt;BP_WidgetMenu&gt;</b> : Contiene la referencia al widget de menú de inicio

Tabla 3. Descripción del blueprint "BR\_PawnInicio"

6.2.2.1.3 BP\_HandL

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_HandL
<b>Descripción</b>
Representa la mano izquierda para el sistema de handtracking en las prácticas.
<b>Variables</b>
<b>Hand &lt;EController_Hand &gt;:</b> Mano del controlador Oculus <b>AttachedTo &lt;Actor&gt;:</b> Referencia al objeto que se agarra

Tabla 4. Descripción del blueprint "BP\_HandL"

6.2.2.1.4 BP\_HandR

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_HandR
<b>Descripción</b>
Representa la mano derecha para el sistema de handtracking en las prácticas.
<b>Variables</b>
<b>Hand &lt;EController_Hand &gt;:</b> Mano del controlador Oculus <b>AttachedTo &lt;Actor&gt;:</b> Referencia al objeto que se agarra

Tabla 5. Descripción del blueprint "BP\_HandR"

6.2.2.1.5 BP\_HandRightInicio

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_HandRightInicio
<b>Descripción</b>
Representa la mano derecha para el sistema de handtracking en el menú de inicio
<b>Variables</b>
<b>Hand &lt;EController_Hand &gt;:</b> Mano del controlador Oculus <b>AttachedTo &lt;Actor&gt;:</b> Referencia al objeto que se agarra

Tabla 6. Descripción del blueprint "BP\_HandRightInicio"

6.2.2.1.6 BP\_HandLeftInicio

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_HandLeftInicio
<b>Descripción</b>



Representa la mano izquierda para el sistema de handtracking en el menú de inicio
<b>Variables</b>
<b>Hand &lt;EController_Hand &gt;:</b> Mano del controlador Oculus <b>AttachedTo &lt;Actor&gt;:</b> Referencia al objeto que se agarra

Tabla 7. Descripción del blueprint "BP\_HandLeftInicio"

### 6.2.2.2 Buttons

Estos blueprints son botones que el usuario puede pulsar como si de botones reales se tratasen. También controlan procesos de la práctica en la que se han implementado.

#### 6.2.2.2.1 BRButton

<b>Nombre del blueprint</b>
BRButton
<b>Descripción</b>
Botón empleado en la práctica de destilación. Controla que los componentes están en su ranura antes de iniciar las animaciones de la práctica.
<b>Variables</b>
<b>isTracking &lt;boolean &gt;:</b> Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón <b>MCInitialLocation &lt;Vector&gt;:</b> Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción <b>ButtonInitialLocation&lt;Vector&gt;:</b> Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción <b>CurrentTravel&lt;Float &gt;:</b> Decimal que indica la distancia desplazada por el botón <b>IsReturning&lt; boolean &gt;:</b> Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial <b>ButtonCurrentLocation&lt; Vector&gt;:</b> Vector que indica la posición actual del botón <b>VSlot&lt; BP_Slot_Vigreux&gt;:</b> Referencia a la ranura del condensador Vigreux <b>CSlot&lt; BP_Slot_Condensador&gt;:</b> Referencia a la ranura del condensador <b>ESlot&lt; BP_Slot_Erlen&gt;:</b> Referencia a la ranura del erlenmeyer <b>RSlot&lt; BP_Slot_Recipiente&gt;:</b> Referencia a la ranura del recipiente

<p><b>IsActive</b>&lt; <b>boolean</b> &gt;: Booleano que indica que todos los componentes están en su sitio y el circuito está activo</p> <p><b>CircuitoActivado</b>&lt; <b>boolean</b> &gt;: Booleano que indica que el circuito de refrigeración está activo</p> <p><b>IsLocked</b>&lt; <b>boolean</b> &gt;: Booleano que previene que el botón pueda realizar las mismas acciones dos veces.</p>
---

Tabla 8. Descripción del blueprint "BRButton"

#### 6.2.2.2.2 BRButtonCircuito

<b>Nombre del blueprint</b>
BRButtonCircuito
<b>Descripción</b>
Botón empleado en la práctica de destilación. Controla que el condensador esté en la ranura para poder activar la visibilidad del líquido de refrigeración.
<b>Variables</b>
<p><b>isTracking</b> &lt;<b>boolean</b> &gt;: Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón</p> <p><b>MCInitialLocation</b> &lt;<b>Vector</b>&gt;: Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción</p> <p><b>ButtonInitialLocation</b>&lt;<b>Vector</b>&gt;: Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción</p> <p><b>CurrentTravel</b>&lt;<b>Float</b> &gt;: Decimal que indica la distancia desplazada por el botón</p> <p><b>IsReturning</b>&lt; <b>boolean</b> &gt;: Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial</p> <p><b>ButtonCurrentLocation</b>&lt; <b>Vector</b>&gt;: Vector que indica la posición actual del botón</p> <p><b>Condensador</b>&lt; <b>BP_Slot_Condensador</b>&gt;: Referencia a la ranura del condensador</p>

Tabla 9. Descripción del Blueprint "BRButtonCircuito"

#### 6.2.2.2.3 BRButtonValoracion

<b>Nombre del blueprint</b>
BRButtonValoracion
<b>Descripción</b>
Botón empleado en la práctica de valoración ácido - base. Controla que la bureta y el recipiente están en su ranura antes de iniciar la animación de goteo.

Variables
<b>isTracking &lt;boolean &gt;</b> : Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón
<b>MCInitialLocation &lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción
<b>ButtonInitialLocation&lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción
<b>CurrentTravel&lt;Float &gt;</b> : Decimal que indica la distancia desplazada por el botón
<b>IsReturning&lt; boolean &gt;</b> : Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial
<b>ButtonCurrentLocation&lt; Vector&gt;</b> : Vector que indica la posición actual del botón
<b>alreadyPressed&lt; boolean&gt;</b> : Booleano que previene que el botón realice la acción de goteo dos veces.

Tabla 10. Descripción del blueprint "BRButtonValoración"

#### 6.2.2.2.4 ButtonFormulas

Nombre del blueprint
ButtonFormulas
Descripción
Botón empleado en la práctica de formulación. Controla que el modelo que se está visualizando coincide con la molécula que representa e incrementa la puntuación en consecuencia.
Variables
<b>isTracking &lt;boolean &gt;</b> : Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón
<b>MCInitialLocation &lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción
<b>ButtonInitialLocation&lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción
<b>CurrentTravel&lt;Float &gt;</b> : Decimal que indica la distancia desplazada por el botón
<b>IsReturning&lt; boolean &gt;</b> : Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial
<b>ButtonCurrentLocation&lt; Vector&gt;</b> : Vector que indica la posición actual del botón
<b>matchTag&lt; boolean&gt;</b> : Booleano que indica si la etiqueta del modelo en pantalla se corresponde con la etiqueta del propio botón

<p><b>buttons&lt; ButtonIniciar&gt;</b>: Referencia al botón de iniciar</p> <p><b>score&lt; Integer&gt;</b>: Entero que alberga la puntuación</p>
---

Tabla 11. Descripción del blueprint "ButtonFormulas"

#### 6.2.2.2.5 ButtonIniciar

<b>Nombre del blueprint</b>
ButtonIniciar
<b>Descripción</b>
Botón empleado en la práctica de formulación. Inicializa la puntuación y establece de manera aleatoria la primera molécula a adivinar.
<b>Variables</b>
<p><b>isTracking &lt;boolean &gt;</b>: Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón</p> <p><b>MCInitialLocation &lt;Vector&gt;</b>: Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción</p> <p><b>ButtonInitialLocation&lt;Vector&gt;</b>: Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción</p> <p><b>CurrentTravel&lt;Float &gt;</b>: Decimal que indica la distancia desplazada por el botón</p> <p><b>IsReturning&lt; boolean &gt;</b>: Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial</p> <p><b>ButtonCurrentLocation&lt; Vector&gt;</b>: Vector que indica la posición actual del botón</p> <p><b>modelos&lt; String[]&gt;</b>: Lista de Strings que alberga los nombres de los modelos atómicos que quedan por adivinar</p> <p><b>alreadyPressed&lt; boolean&gt;</b>: Booleano que indica que el botón ya ha sido pulsado y se correspondía con el modelo en pantalla</p> <p><b>Class&lt; Actor&gt;</b>: Referencia al modelo que aparece en pantalla</p> <p><b>modelosBack&lt;String[]&gt;</b>: Lista de Strings que alberga una copia de todos los nombres de los modelos de la práctica. Esta se usa como respaldo en caso de que se tenga que reiniciar la práctica</p> <p><b>score&lt; Integer&gt;</b>: Entero que guarda una referencia a la puntuación</p> <p><b>alreadyWon&lt; boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el usuario ya ganó</p>

Tabla 12. Descripción del blueprint "ButtonIniciar"

#### 6.2.2.2.6 ButtonModelo

Los blueprints:

- ButtonBohr

- ButtonDalton
- ButtonThomson
- ButtonSchrodinger
- ButtonRutherford

comparten la misma estructura interna y variables. La única variación entre estos es el modelo atómico que generan junto a sus vectores de posición, orientación y tamaño. Para evitar la redundancia en las descripciones, se describe el siguiente blueprint genérico.

<b>Nombre del blueprint</b>
ButtonModelo
<b>Descripción</b>
Botón empleado en la práctica de modelos atómicos. Elimina todos los modelos que estén en pantalla y genera un modelo atómico
<b>Variables</b>
<b>isTracking &lt;boolean &gt;</b> : Booleano que comprueba si el usuario está interactuando con el botón
<b>MCInitialLocation &lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición la mano al comenzar la interacción
<b>ButtonInitialLocation&lt;Vector&gt;</b> : Vector que conserva la posición inicial del botón al comenzar la interacción
<b>CurrentTravel&lt;Float &gt;</b> : Decimal que indica la distancia desplazada por el botón
<b>IsReturning&lt; boolean &gt;</b> : Boolean que indica que el botón está retornando a su posición inicial
<b>ButtonCurrentLocation&lt; Vector&gt;</b> : Vector que indica la posición actual del botón
<b>isActive&lt; boolean&gt;</b> : Booleano que indica si el juego ha comenzado o no

Tabla 13. Descripción del blueprint genérico "ButtonModelo"

### 6.2.2.3 Slots

Estos blueprints se permiten que ciertos objetos se acoplen a ellos de manera que no puedan separarse una vez fijados.

#### 6.2.2.3.1 BP\_Slot

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_Slot

<b>Descripción</b>
Slot empleado para fijar un objeto a una ranura. Esto permite colocar con precisión elementos para realizar montajes en las prácticas
<b>Variables</b>
<p><b>slotBoxSize &lt;Vector &gt;</b>: Vector que alberga la posición y tamaño de la caja que marca el límite de detección de la ranura</p> <p><b>GhostMaterial &lt;Material&gt;</b>: Material que se visualizará cuando el objeto entre en contacto con el límite de detección de la ranura</p> <p><b>SlotInUse&lt;boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el slot está en uso o no</p> <p><b>SnapObject&lt;PickUpSlotTemplate &gt;</b>: Referencia al objeto que se acopla a la ranura</p>

Tabla 14. Descripción del blueprint "BP\_Slot"

Los blueprints que heredan de esta clase son:

- *BP\_SlotBureta*
- *BP\_SlotCondensador*
- *BP\_SlotCristalizador*
- *BP\_SlotErlen*
- *BP\_SlotRecipiente*
- *BP\_SlotRecipienteCristalizacion*
- *BP\_SlotValoracion*
- *BP\_SlotVigreux*

Para estos solamente vararía el tipo concreto de SnapObject.

### 6.2.2.4 PickupObjects

#### 6.2.2.4.1 PickUpTemplate

<b>Nombre del blueprint</b>
PickUpTemplate
<b>Descripción</b>
Blueprint padre que define todas las funcionalidades que permiten que un objeto pueda ser recogido
<b>Variables</b>
<b>isGrabbed&lt;boolean&gt;</b> : Booleano que indica si el objeto está siendo sujetado

Tabla 15. Descripción del blueprint "PickUpTemplate"

Los blueprints que heredan de este son:

- *BeakerA*
- *Caja*
- *CondenserAllhin*
- *CondenserGraham*
- ***CondenserVigreux***
- *Cylinder*
- *Erlenmeyer*
- *Grano*
- *Jar*
- *Pipette*
- *Probeta*
- *Task*
- *CondesadorS*
- *Cristalizador*
- *ErlenS*
- *RecipienteCristalizacion*
- *RecipienteS*
- *RecipienteS1*
- *VigreuxS*
- *Bureta*
- *RecipienteAcido*
- *TaskD*

#### 6.2.2.4.2 PickUpSlotTemplate

<b>Nombre del blueprint</b>
PickUpSlotTemplate
<b>Descripción</b>
Blueprint padre que define todas las funcionalidades que permiten que un objeto pueda ser recogido y anclado a una ranura. Hereda de PickupTemplate
<b>Variables</b>
<b>isGrabbed&lt;boolean&gt;</b> : Booleano que indica si el objeto está siendo sujetado
<b>Slot&lt;BP_Slot&gt;</b> : Referencia a la ranura correspondiente del objeto

Tabla 16. Descripción del blueprint "PickUpSlotTemplate"

Los blueprints que heredan de este son:

- *CondesadorS*

- *ErlenS*
- *RecipienteCristalizacion*
- *RecipienteS*
- *RecipienteS1*
- *VigreuxS*
- *RecipienteAcido*

Para cada tipo de blueprint solamente vararía la instancia concreto de la variable Slot. Para el resto de blueprints que se muestran a continuación, también extienden a este blueprint, pero añaden funcionalidades.

#### 6.2.2.4.3 Cristalizador

<b>Nombre del blueprint</b>
Cristalizador
<b>Descripción</b>
Blueprint que interactúa con el recipiente de la cristalización para formar los cristales. Cuando estos dos entran en contacto, el blueprint genera cristales con el material asociado al recipiente.
<b>VARIABLES</b>
<b>isGrabbed&lt;boolean&gt;</b> : Booleano que indica si el objeto está siendo sujetado
<b>Slot&lt;BP_Slot&gt;</b> : Referencia a la ranura correspondiente del objeto
<b>alreadyMixed&lt;Boolean&gt;</b> : Booleano que indica si el cristalizador ya ha sido usado
<b>Material&lt;Material&gt;</b> : Referencia al material asociado al recipiente con el que entra en contacto el cristalizador

Tabla 17. Descripción del blueprint "Cristalizador"

#### 6.2.2.4.4 RecipienteCristalización

<b>Nombre del blueprint</b>
RecipienteCristalización
<b>Descripción</b>
Blueprint que interactúa con el cristalizador para formar los cristales. Este interactúa con los compuestos para generar una mezcla a colocar en el cristalizador. Cuando estos dos entran en contacto, el blueprint transfiere el material concreto al cristalizador
<b>VARIABLES</b>



<p><b>isGrabbed&lt;boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el objeto está siendo sujetado</p> <p><b>Slot&lt;BP_Slot&gt;</b>: Referencia a la ranura correspondiente del objeto</p> <p><b>alreadyMixed&lt;Boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el recipiente ya ha sido usado</p> <p><b>Material&lt;Material&gt;</b>: Referencia al material asociado al recipiente con el que entra en contacto el cristizador</p>
---

Tabla 18. Descripción del blueprint "RecipienteCristalización"

#### 6.2.2.4.5 Bureta

Nombre del blueprint
Bureta
Descripción
Blueprint empleado en la valoración ácido – base.
Variables
<p><b>isGrabbed&lt;boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el objeto está siendo sujetado</p> <p><b>Slot&lt;BP_Slot&gt;</b>: Referencia a la ranura correspondiente del objeto</p> <p><b>isMaterial&lt;Boolean&gt;</b>: Booleano que indica si el recipiente de la base ha interactuado con la bureta.</p>

Tabla 19. Descripción del blueprint "Bureta"

#### 6.2.2.5 Widgets

Estos blueprints permiten la ubicación de elementos de interfaz en el entorno virtual. Estos pueden ser objetos que se puedan recoger o paneles estáticos. Algunos de estos permiten la interacción con el usuario.

##### 6.2.2.5.1 BP\_WidgetMenu

Nombre del blueprint
BP_WidgetMenu
Descripción
Blueprint empleado para mostrar el menú de pausa en las prácticas. Este permite devolver al usuario al menú de selección de prácticas y/o cerrar la herramienta. La estructura general del blueprint sirve como base para el resto de blueprints que albergan widgets.
Variables
<b>Widget &lt;Widget &gt;</b> : Referencia al widget que muestra el blueprint

Tabla 20. Descripción del blueprint "BP\_WidgetMenu"

#### 6.2.2.5.2 BP\_WidgetMenuInicio

<b>Nombre del blueprint</b>
BP_WidgetMenuInicio
<b>Descripción</b>
Blueprint empleado para mostrar el la selección de prácticas. Este permite al usuario seleccionar la práctica que quiera realizar en cuestión y también permite al usuario cerrar la herramienta.
<b>Variables</b>
<b>Widget &lt;Widget &gt;:</b> Referencia al widget que muestra el blueprint

Tabla 21. Descripción del blueprint "BP\_WidgetMenuInicio"

#### 6.2.2.5.3 Widgets Informativo

Los blueprints:

- *BP\_Task*
- *BP\_HTThomson*
- *BP\_HTBohr*
- *BT\_HTDalton*
- *BT\_HTRutherford*
- *BP\_HTSchrodinger*

Son blueprints con widgets de carácter informativo. A continuación, se describe el widget con la funcionalidad común a todos estos.

<b>Nombre del blueprint</b>
Widget Informativo
<b>Descripción</b>
Blueprint que permite ubicar un widget en el entorno virtual. Su función es aquella de mostrar información relevante al contexto de la práctica.
<b>Variables</b>
<b>Widget &lt;Widget &gt;:</b> Referencia al widget que muestra el blueprint

Tabla 22. Descripción del blueprint genérico "Widget Informativo"

Para cada tipo de widget informativo enumerado anteriormente solo cambiaría la instancia de la variable Widget.

#### 6.2.2.6 Modelos

Estos blueprints representan los distintos tipos de modelos que existen en la herramienta. Estos pueden ser atómicos (se emplean en

la práctica de modelos atómicos) o de moléculas (se emplean en la práctica de formulación).

#### 6.2.2.6.1 ModeloA

Nombre del blueprint
ModeloA
Descripción
Blueprint padre que define los modelos atómicos de la herramienta. La única funcionalidad de este es rotar sobre sí mismo+.
Variables
N/A

Tabla 23. Descripción del blueprint "ModeloA"

Los blueprints que heredan de este son:

- *Borh\_Bp*
- *Dalton\_Bp*
- *Thomson\_Bp*
- *Rutherford\_Bp*
- *Schrodinger\_Bp*

#### 6.2.2.6.2 ModeloM

Nombre del blueprint
ModeloM
Descripción
Blueprint padre que define los modelos de moléculas de la herramienta.
Variables
N/A

Tabla 24. Descripción del blueprint "ModeloM"

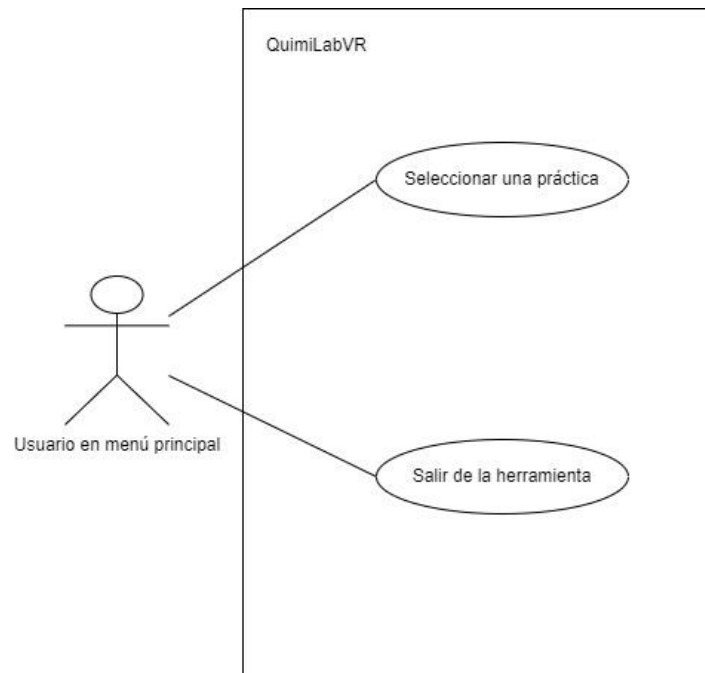
Los blueprints que heredan de este son:

- *Agua*
- *Amoniaco*
- *Dióxido*
- *Sal*
- *Metano*
- *Trióxido*

## 6.3 ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO

---

### 6.3.1 Casos de uso para el usuario en el menú principal



*Ilustración 32. Casos de uso para usuario en menú principal*

### 6.3.2 Casos de uso para el usuario en una práctica

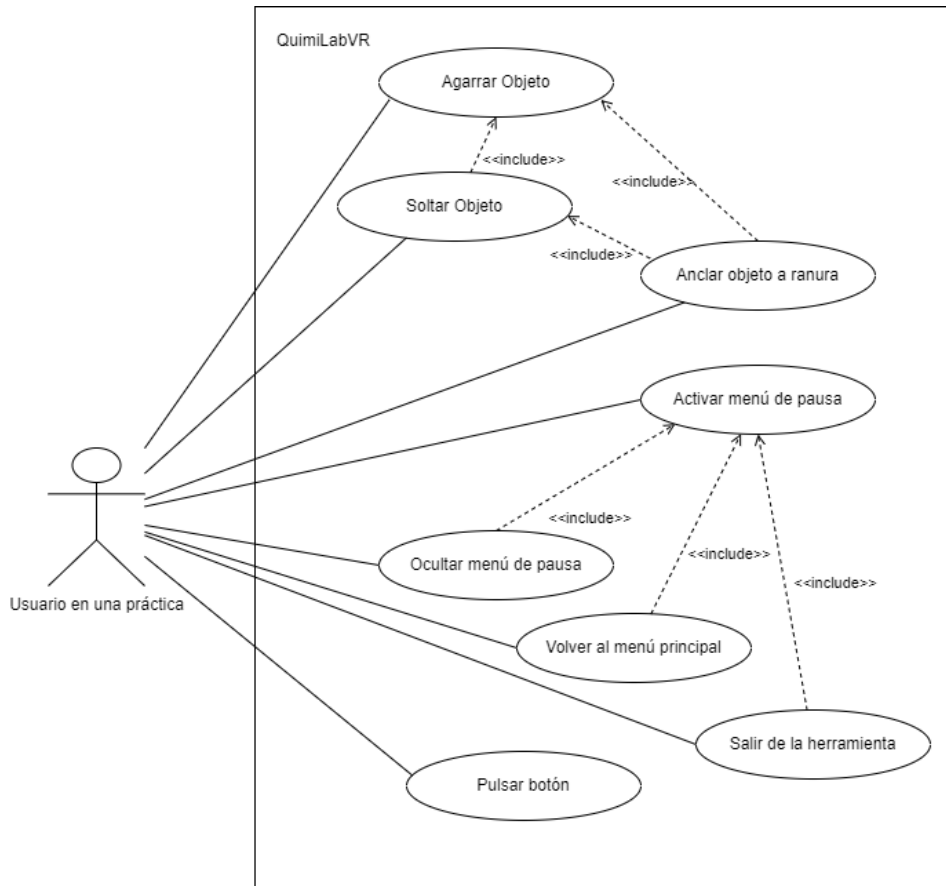


Ilustración 33. Casos de uso para usuarios en una práctica

## 6.4 ANÁLISIS DE CASOS DE USO Y ESCENARIOS

### 6.4.1 Escenarios para los casos de uso para el usuario en el menú principal

Selección de práctica	
Numeración	1.1
Precondiciones	El usuario ha de encontrarse en el menú inicial
Postcondiciones	
Quién lo comienza	Usuario en el menú principal
Quién lo finaliza	Sistema

<b>Excepciones</b>	
Descripción	El usuario selecciona una de las prácticas a realizar. Una vez seleccionada, el sistema cargará dicha práctica en memoria y se transportará al usuario a la misma.

Tabla 25. Caso de uso 1.1

<b>Salir de la herramienta</b>	
Numeración	1.2
Precondiciones	El usuario ha de encontrarse en el menú inicial
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en el menú principal
Quién lo finaliza	Sistema
<b>Excepciones</b>	
Descripción	El usuario selecciona la opción “Salir”. Una vez seleccionada, el sistema finalizará todos los procesos en curso y se cerrará la herramienta.

Tabla 26. Caso de uso 1.2

#### 6.4.2 Escenarios para los casos de uso para el usuario en una práctica

<b>Agarrar un objeto</b>	
Numeración	2.1
Precondiciones	Tienen que existir objetos que puedan ser agarrados
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
<b>Excepciones</b>	
Descripción	El usuario acerca la mano a un objeto que pueda ser agarrado. Al cerrar la mano entorno a este, el sistema acopla el objeto a la

	mano virtual del usuario y deja de simular las físicas en dicho objeto. Una vez hecho, el usuario podrá manipular la ubicación de este.
--	---

Tabla 27. Caso de uso 2.1

<b>Soltar un objeto</b>	
Numeración	2.2
Precondiciones	El usuario debe tener agarrado un objeto. El objeto no debe estar en el área de detección de una ranura compatible
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	El usuario abre la mano. Una vez hecho, el sistema activa la simulación de físicas en el objeto y lo desacopla de la mano virtual del usuario. A continuación, el objeto cae.

Tabla 28. Caso de uso 2.2

<b>Anclar un objeto a una ranura</b>	
Numeración	2.3
Precondiciones	El usuario debe tener agarrado un objeto. El objeto debe estar en el área de detección de una ranura compatible.
Postcondiciones	El usuario podrá agarrar de nuevo el objeto, pero siempre que lo suelte volverá a la ranura
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	El usuario abre la mano. Una vez hecho, el sistema acopla el objeto a la ranura.

Tabla 29. Caso de uso 2.3

<b>Activar el menú de pausa</b>	
Numeración	2.4
Precondiciones	El menú de pausa no debe estar desplegado
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	El usuario junta los dedos pulgar e índice. El sistema muestra el menú de pausa y despliega un puntero en la mano izquierda del usuario para realizar seleccionar opciones.

Tabla 30. Caso de uso 2.4

<b>Volver el menú inicial</b>	
Numeración	2.5
Precondiciones	El usuario debe haber activado el menú de pausa
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	Con el menú de pausa desplegado, el usuario apunta con el puntero presente en la mano izquierda la opción "Finalizar práctica". Juntando los dedos pulgar e índice se realiza la acción de pulsar el botón del widget. Esto hace que el sistema finalice la práctica y se cargue el menú de selección de prácticas

Tabla 31. Caso de uso 2.5

<b>Salir de la herramienta</b>	
Numeración	2.6
Precondiciones	El usuario debe haber activado el menú de pausa



Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	Con el menú de pausa desplegado, el usuario apunta con el puntero presente en la mano izquierda la opción “Salir”. Juntando los dedos pulgar e índice se realiza la acción de pulsar el botón del widget. Esto hace que el sistema finalice los procesos pendientes y cierre la herramienta

Tabla 32. Caso de uso 2.6

<b>Ocultar el menú de pausa</b>	
Numeración	2.7
Precondiciones	El usuario debe haber activado el menú de pausa
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema
Excepciones	
Descripción	Con el menú de pausa desplegado, el usuario junta los dedos corazón y pulgar. Esta acción hace que el sistema oculte el menú de pausa y repliegue el puntero

Tabla 33. Caso de uso 2.7

<b>Pulsar un botón</b>	
Numeración	2.8
Precondiciones	El usuario debe tener la mano que quiera usar para pulsar el botón libre de objetos.
Postcondiciones	
Quien lo comienza	Usuario en una práctica
Quién lo finaliza	Sistema

Excepciones	
Descripción	El usuario pulsa el botón. El sistema rastrea la posición del botón pulsado y cuando llega al final del recorrido ejecuta la acción correspondiente. Una vez se deja de pulsar, el botón vuelve a su posición inicial.

Tabla 34. Caso de uso 2.8

## 6.5 CONSIDERACIONES Y PRUEBAS DEL ENTORNO VIRTUAL

Debido a la naturaleza de la herramienta desarrollada se han tomado una serie de medidas y llevado a cabo de pruebas de usabilidad para asegurarse de que el entorno virtual es apto para personas de múltiples estaturas. Estas pruebas incluyen:

- Comprobaciones sobre la correcta escala de los instrumentales de laboratorio empleados.
- Ubicación de los objetos con los que el usuario interactúa.
- Altura del mobiliario presente en el entorno virtual.

Para asegurarse de que la escala de los utensilios empleados es verosímil, se han tomado referencias de medidas de estos utensilios y se han trasladado al entorno virtual mediante el modo de edición VR de Unreal Engine 4, modo usado para establecer la escala de los elementos del entorno virtual.

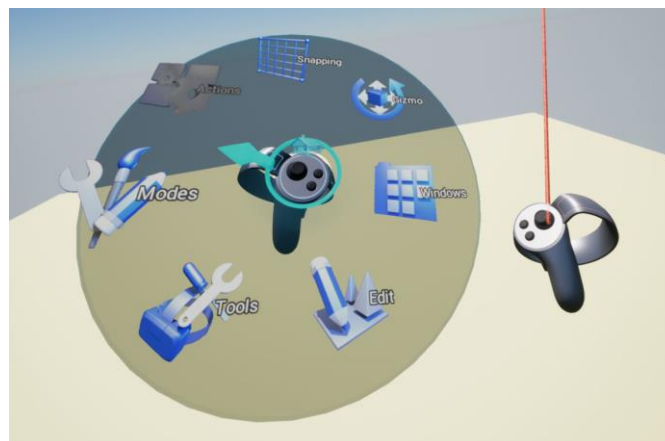


Ilustración 34. Modo de edición VR de Unreal Engine 4

Esta funcionalidad ha sido crucial para para que el entorno mantuviera unas dimensiones coherentes con las del mundo real.

Una vez establecida la escala, se realizaron una serie de pruebas con usuarios de diferentes alturas. Mediante sugerencias proporcionadas por estos, se realizaron ajustes a la disposición, ubicación y altura de elementos como mesas, estanterías y objetos.

Algunas de las sugerencias incluían el no colocar objetos en la primera y última balda de las estanterías puesto que resultaba incómodo alcanzar dicha altura para usuarios de menor y mayor estatura respectivamente.



*Ilustración 35. Modificaciones aplicadas tras el feedback de las pruebas*

Estos ajustes se llevaron a cabo para asegurar el mayor nivel de comodidad para usuarios de diferentes alturas.

La altura de los usuarios fluctúa entre los 153cm y los 193cm.



*Ilustración 36. Usuario realizando pruebas de usabilidad de la herramienta*

## Capítulo 7 ASPECTOS EDUCATIVOS

### 7.1 MONITORIZACIÓN DE LOS ALUMNOS

---

La supervisión de las prácticas llevadas a cabo por el alumno por parte del docente se llevará a cabo mediante la aplicación Oculus para dispositivos móviles IOS y Android. Esta permite duplicar la imagen que se está visualizando en el visor, de manera que el docente puede monitorizar lo que el alumno hace y ve en el entorno virtual.



*Ilustración 37. Ejemplo de monitorización mediante la app Oculus*

### 7.2 JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

---

El conjunto de actividades presentes en la herramienta ha sido ideado y diseñado con el propósito de mostrar algunas de las posibles implementaciones de la realidad virtual en el aula. A continuación, se enumerarán las diferentes propuestas del uso de la realidad virtual en el aula y que práctica ejemplifica dicha propuesta.

Propuesta de uso	Nombre de la práctica
<b>Colaboración entre el alumnado y el usuario de la herramienta</b>	Recogida de material, Valoración ácido - base
<b>Ejercicio realizado en el entorno virtual y en el aula</b>	Valoración ácido - base

<b>Práctica que conlleva riesgos para el alumno</b>	Destilación, Valoración ácido - base
<b>Demostración de contenidos teóricos</b>	Modelos atómicos, Cristalización
<b>Juego con componentes de gamificación y competitividad.</b>	Minijuego de formulación

*Tabla 35. Tabla de categorización de prácticas*

Cabe destacar que los modos de empleo de las prácticas que se van a describir en el siguiente apartado no son los únicos, puesto que es decisión del docente el complementar el desarrollo de la práctica con otro tipo de actividades o propuestas, si este lo deseara.

## **Capítulo 8 MÉTODO DE EVALUACIÓN**

### **8.1 DEFINICIÓN DE GRUPOS**

---

Para la realización del estudio acerca del aprendizaje empleando tecnologías de realidad virtual en el aula se llevará a cabo una evaluación. Esta se hará sobre dos grupos de estudiantes comprendidos entre las edades de 10 y 16 años. Los grupos propuestos son:

- Grupo experimental
- Grupo de control

#### **8.1.1 Grupo experimental**

El grupo experimental está formado por usuarios a los cuales se les ha proporcionado el uso de la herramienta de realidad virtual para llevar a cabo la evaluación.

#### **8.1.2 Grupo de control**

El grupo de control está formado por usuarios que realizarán el aprendizaje de conocimientos de manera análoga a como se haría en un aula sin el uso de la herramienta.

### **8.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN**

---

#### **8.2.1 Consideraciones acerca de la evaluación**

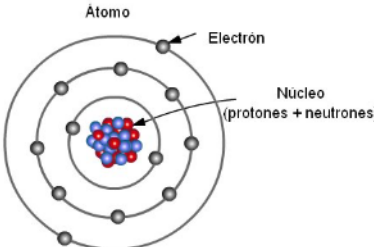
A continuación, se enumeran una serie de consideraciones que permiten comprender el contexto de las evaluaciones que se han llevado a cabo.

- Para ambos grupos, se cuenta con la colaboración del profesor de educación secundaria Rodrigo Sánchez Coalla para asistir en la adquisición de conocimientos y/o realización de prácticas.

- Previo a la realización de las evaluaciones, se ha creado una serie de cuestionarios comunes a todos los usuarios del estudio. Los resultados de este son anónimos y serán empleados para la interpretación de resultados del estudio.
- Una vez finalizadas ambas evaluaciones, todos los usuarios realizarán otro cuestionario común con un contenido y forma casi idénticos al cuestionario inicial. Estos cuestionarios junto a las evaluaciones iniciales permitirán establecer el marco completo de comparación de resultados.
- Los cuestionarios cuentan con un total de 10 preguntas, siendo las 5 primeras (1 – 5) relacionadas con conceptos de carácter práctico y las 5 últimas (6 – 10) de carácter teórico.

Preguntas Respuestas Configuración

Identifica el modelo atómico \*



Thomson

Rutherford

Dalton

Bohr

Formula el siguiente compuesto: Dióxido de carbono \*

C2O

2OC

CO2

Ninguna de las anteriores

Ilustración 38. Fragmento del cuestionario de evaluación

- Ambas evaluaciones se llevarán a cabo en un periodo de 55 minutos. Este tiempo ha sido definido en colaboración con el docente responsable de las evaluaciones.



- Para la comparación entre los resultados de ambos grupos se tomarán los datos de las evaluaciones finales.
- Para la evaluación del grupo experimental se ha adecuado una zona lo suficientemente amplia para el correcto uso de la herramienta.

### **8.2.2 Evaluación del aprendizaje del grupo experimental**

La evaluación del grupo experimental consiste en tres fases:

- Evaluación inicial para establecer el punto de comparación.
- Realización de prácticas de contenido teórico y práctico con la herramienta.
- Evaluación final.

El grupo experimental está formado por 4 usuarios de edades comprendidas entre 10 y 16 años. La evaluación será realizada de manera presencial.

### **8.2.3 Evaluación del aprendizaje del grupo de control**

La evaluación del grupo de control consiste en tres fases:

- Evaluación inicial para establecer el punto de comparación.
- Una presentación con contenidos teóricos y prácticos.
- Evaluación final.

El grupo de control está formado por 5 usuarios de edades comprendidas entre 10 y 16 años. La evaluación será realizada de manera telemática mediante la plataforma de videoconferencias Zoom. En ella el docente colaborador realizará una presentación en la que se explicarán los contenidos de una manera similar a cómo se darían en una clase.

## Capítulo 9 RESULTADOS

### 9.1 RESULTADOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL

#### 9.1.1 Resultados evaluación inicial

La evaluación inicial dejó los siguientes resultados

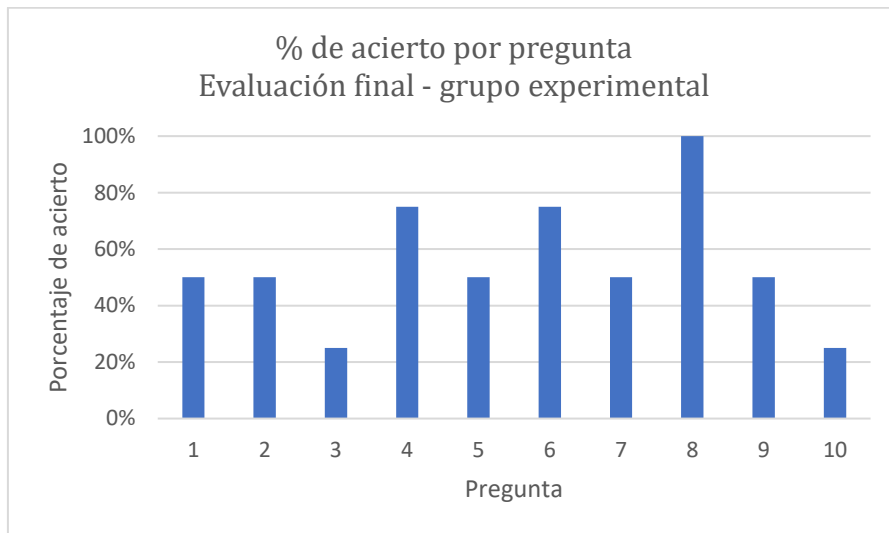


Ilustración 39. Gráfico de porcentajes de acierto por pregunta en la evaluación inicial del grupo experimental

El porcentaje de acierto en el cuestionario es del 58% y la distribución de edades de los miembros del grupo es la siguiente

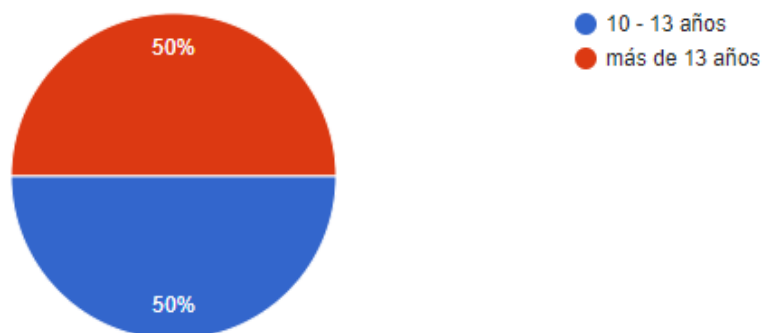


Ilustración 40. Distribución por edades del grupo experimental

### 9.1.2 Resultados evaluación final

La evaluación final de los siguientes resultados

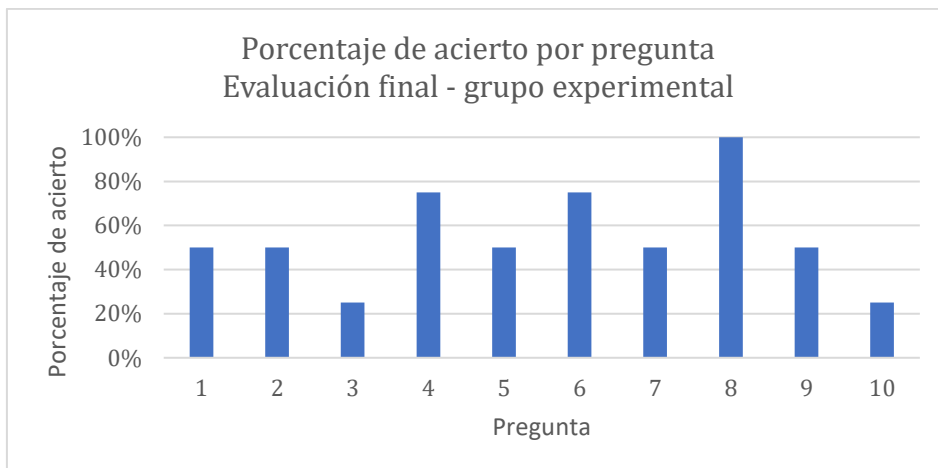


Ilustración 41. Gráfico de porcentajes de acierto por pregunta en la evaluación final del grupo experimental

El porcentaje de acierto del cuestionario es del 68%.

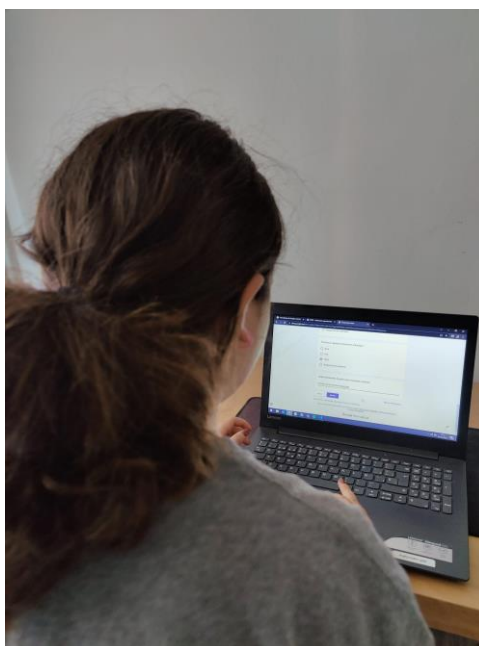


Ilustración 42. Usuario realizando la evaluación

### 9.1.3 Observaciones durante la evaluación

Durante la evaluación, el docente responsable observó que los usuarios tendían a distraerse al usar la herramienta. Estas distracciones se manifestaban de varias maneras:

- Observar el entorno una vez pasado el periodo de adaptación al entorno virtual
- No llevar a cabo la práctica en el orden recomendado por el docente responsable
- Manipular el instrumental de tal modo que debía reiniciarse la práctica por la pérdida de este.



*Ilustración 43. Usuario usando la herramienta*

Algunos usuarios presentaron ligeros mareos tras un uso de la herramienta no inferior a 10 minutos y otros notaron ciertas inconsistencias en el reconocimiento de manos en lugares donde la iluminación no era favorable.

También se observó como algunos de los usuarios hablaban con quién estuviera empleando la herramienta para darle consejos sobre su uso o sobre los pasos a realizar en la práctica.

## 9.2 RESULTADOS DEL GRUPO DE CONTROL

### 9.2.1 Resultados evaluación inicial

La evaluación dejó los siguientes resultados

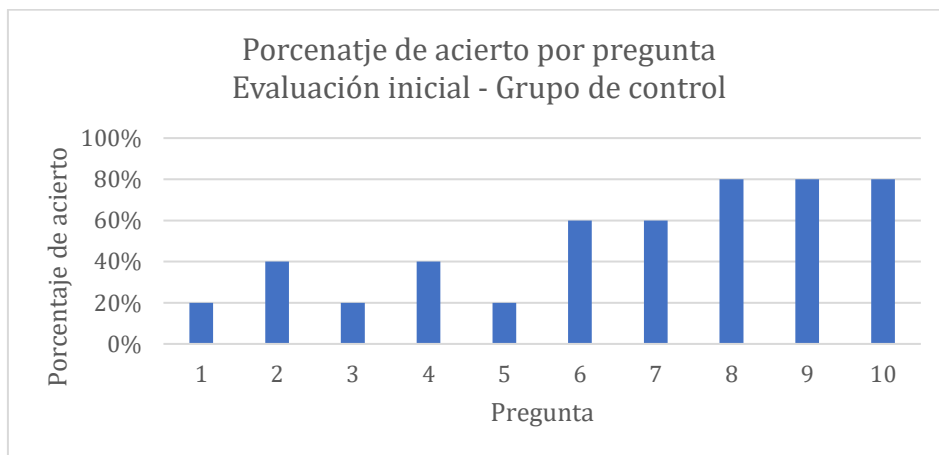


Ilustración 44. Gráfico de porcentajes de acierto por pregunta en la evaluación inicial del grupo de control

El porcentaje de acierto del cuestionario es del 50%

### 9.2.2 Resultados evaluación final

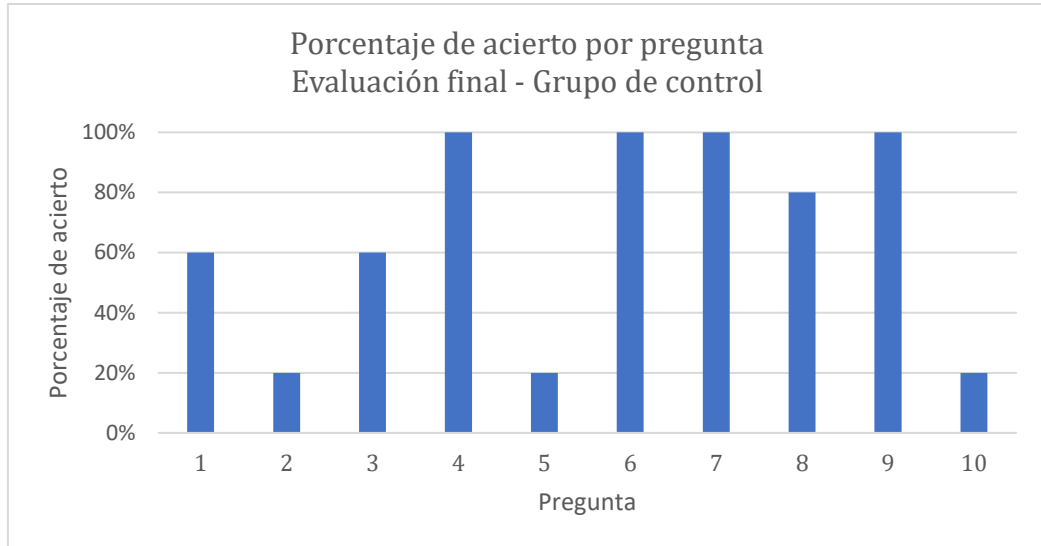


Ilustración 45. Gráfico de porcentajes de acierto por pregunta en la evaluación final del grupo de control

El porcentaje de acierto del cuestionario es del 66%

### 9.2.3 Observaciones durante la evaluación

Durante la evaluación se observó una tendencia de los usuarios a distraerse menos con respecto a aquellos pertenecientes al grupo experimental. Debido a la modalidad online de esta evaluación, hubo un par de parones en la explicación debido a problemas con la calidad de red.

## 9.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

---

### 9.3.1 Comparación de resultados de las evaluaciones del grupo experimental

Llevando a cabo la comparación de ambos cuestionarios obtenemos que:

- Existe un incremento del 10% en la media de porcentaje de aciertos de la evaluación final con respecto a la inicial

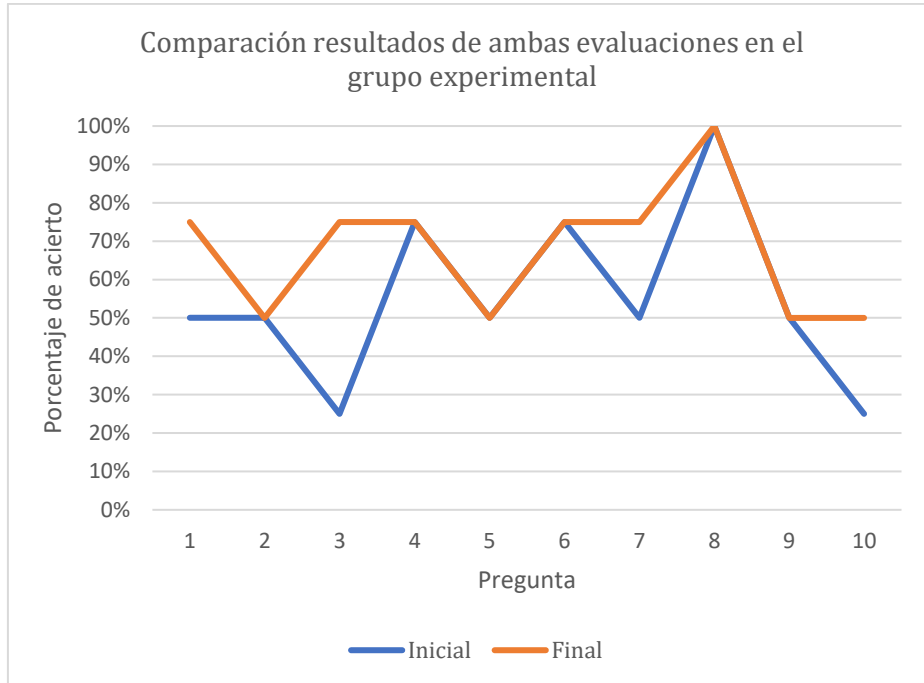


Ilustración 46. Variación de porcentaje de acierto por pregunta – grupo experimental

- Se muestra un aumento del porcentaje de aciertos en las preguntas 1, 3, 7 y 10; manteniéndose el resto de preguntas con los mismos porcentajes de aciertos en ambas evaluaciones

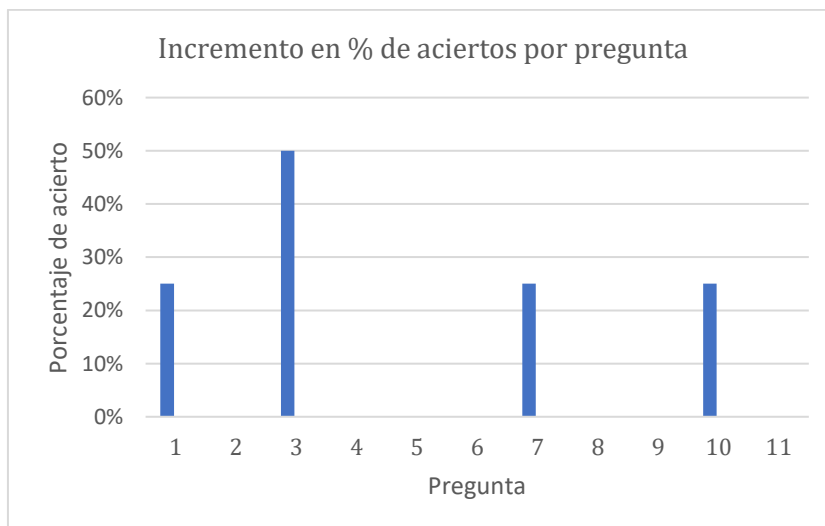


Ilustración 47. Gráfico de preguntas con variación en el porcentaje de acierto

- Los incrementos más notables en el porcentaje de aciertos se presentan en la primera parte del cuestionario, compuesta de preguntas de carácter práctico.

### 9.3.2 Comparación de resultados de las evaluaciones del grupo de control

Llevando a cabo la comparación de ambos cuestionarios obtenemos que:

- Existe un incremento del 16% en la media de porcentaje de aciertos de la evaluación final con respecto a la inicial

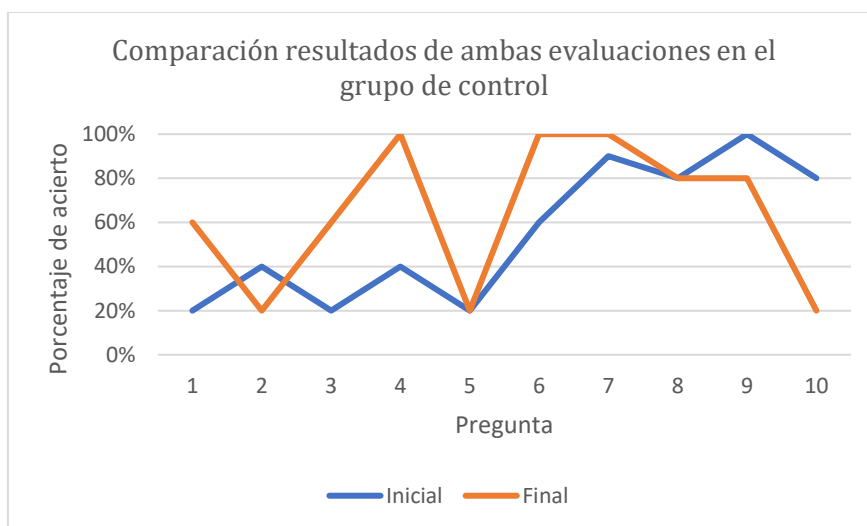


Ilustración 48. Variación de porcentaje de acierto por pregunta - grupo de control

- Se muestra un aumento del porcentaje de aciertos en las preguntas 1, 3, 4, 6 y 7; un descenso del porcentaje de aciertos en las preguntas 2, 9 y 10. El resto de las preguntas presentan un porcentaje de aciertos iguales.



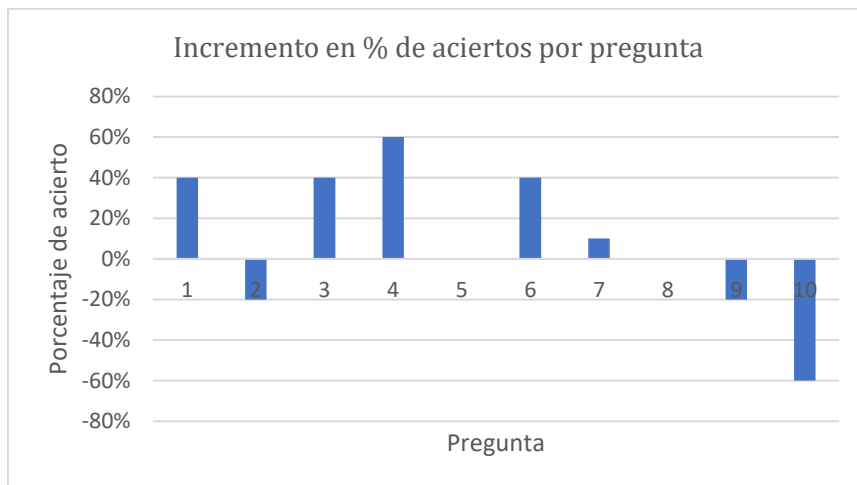


Ilustración 49. Gráfico de preguntas con variación en el porcentaje de acierto

- Los incrementos más notables en el porcentaje de aciertos se presentan en la primera parte del cuestionario (preguntas 1 – 5), compuesta de preguntas de carácter práctico.
- Los principales descensos de aciertos de los cuestionarios se ubican en la segunda mitad del cuestionario, compuesto por preguntas de carácter teórico.

### 9.3.3 Comparación de resultados del grupo experimental y de control

Los resultados de las evaluaciones finales entre ambos grupos son los siguientes.

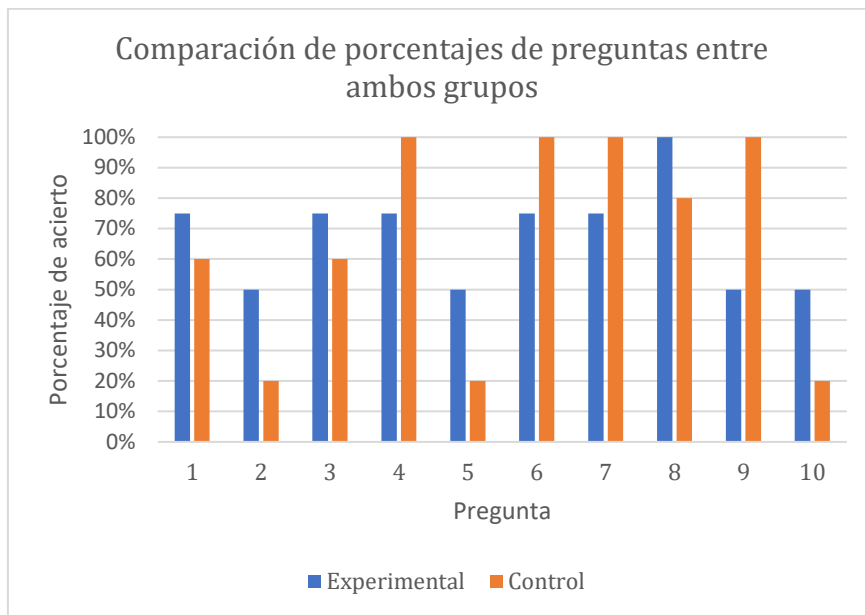


Ilustración 50. Comparación de porcentajes de acierto de preguntas entre ambos grupos

De las 10 preguntas presentes en el cuestionario:

- Las preguntas 1, 2, 3, 5, 8 y 10 obtienen mejores resultados en el grupo experimental
- Las preguntas 4, 6, 7, 9 obtienen mejores resultados en el grupo de control.

## **9.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

---

### **9.4.1 Interpretación de resultados del grupo experimental**

En el grupo experimental se observa mejoría al comparar la evaluación inicial con la final. Esta variación de los resultados indica una posible tendencia de mejora en preguntas de contenido práctico.

Esta alteración en los resultados podría darse debido a que esas preguntas se corresponden con aspectos vistos en la herramienta y que el entorno virtual facilita que este tipo de conocimientos sean más fáciles de adquirir, de manera que el usuario podría estar más familiarizado con ellos.

Otra posibilidad sería que los usuarios hubieran acertado de manera aleatoria las preguntas de selección múltiple, pero siendo solo una de estas preguntas la que presenta mejoría es improbable que se diera este caso.

### **9.4.2 Interpretación de resultados del grupo de control**

El grupo de control presenta mejores y peores resultados tras comparar la evaluación final con respecto a la inicial. Las preguntas que presentan una mejoría con respecto a la evaluación inicial se corresponden en su mayoría a preguntas de tipo práctico, mientras que el principal descenso en el porcentaje de aciertos se encuentra en preguntas de tipo teórico.

Cabe destacar que algunas de estas preguntas que en la evaluación inicial fueron contestadas por parte de todos los usuarios contaban con respuestas en blanco en la evaluación final. Esto puede atribuirse a posibles factores:

- Error en el envío del cuestionario
- Dudas tras la finalización de la explicación

### **9.4.3 Interpretación de la comparación entre grupos**

Para la comparación entre las evaluaciones finales de ambos grupos se tiene en cuenta la distribución de las preguntas de los cuestionarios de

evaluación. Considerando esta distribución se observa una tendencia que sugiere que el grupo experimental obtiene mejores resultados en preguntas de tipo práctico que el grupo de control, mientras que el grupo de control parece obtener mejores resultados en preguntas de tipo teórico.

No parece existir dominancia absoluta de un grupo sobre otro en los dos tipos de preguntas, pero si se aprecian mejores resultados de aprendizaje para cada categoría de pregunta en función del grupo.

#### **9.4.4 Respuestas a los objetivos del trabajo**

Como se vio en el Capítulo 2 “Motivación y objetivos del proyecto” se establecieron una serie de cuestiones. Una vez finalizado el estudio, es conveniente visitar estas y ver si han obtenido respuestas.

- ¿Tienen efectos positivos en la adquisición de conocimientos comparado con métodos tradicionales de enseñanza?
  - Dados los resultados obtenidos y por el número de usuarios participantes en este estudio, no se puede llegar a una conclusión certera de que existan efectos positivos sobre la adquisición de conocimientos con respecto a métodos tradicionales de enseñanza.
- ¿Cómo afecta la naturaleza aislada del entorno virtual en el aprendizaje colectivo del estudiantado?
  - Gracias a las observaciones realizadas durante las evaluaciones de aprendizaje, se presenció como la naturaleza aislada del entorno virtual no perjudicó la capacidad del grupo de usuarios de interactuar con quien estuviera usando la herramienta.

## **Capítulo 10 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En vista de las comparaciones e interpretaciones de los resultados obtenidos en el Capítulo 9, se concluye que de momento no se puede afirmar que el uso de herramientas de realidad virtual en el aula tenga impacto positivo o negativo en el aprendizaje del alumnado.

El bajo número de usuarios para la realización del estudio ha otorgado un volumen de datos indicativo, pero no significativo sobre una posible influencia positiva en la enseñanza de conceptos de carácter práctico.

Para poder verificar esta influencia se ampliará este estudio incluyendo un mayor número de usuarios como tarea de trabajo futuro. También se plantea la modificación de las prácticas existentes de la herramienta e incluso la inclusión de nuevas en base a la retroalimentación que se obtenga en el estudio. Otra posibilidad de expansión del estudio es explorar cuales son los posibles impactos que pueden tener estas tecnologías en otras áreas más allá de la educativa como por ejemplo, aspectos psicológicos o fisiológicos.

Al momento de la presentación de este documento, se está preparando un artículo dirigido al congreso ICEM2022 (*International Council For Educational Media*). Este artículo resume la implementación y los primeros resultados del estudio descrito en el presente trabajo.

## Capítulo 11 PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTOS

### 11.1 IDENTIFICACIÓN DE INTERESADOS

---

Debido a la naturaleza del presente proyecto, los principales interesados son:

- Universidad de Oviedo
- Centros de Educación Secundaria Obligatoria
- Departamento de física y química en ciclos de Educación Secundaria.
- Alumnos con edades entre 10 – 16 años.
- Marcial Rico Pozas, alumno y autor de este trabajo.
- Rodrigo Sánchez Coalla, graduado en química y profesor colaborador de este trabajo.
- Víctor Manuel Álvarez García, investigador, profesor y subdirector de este trabajo.
- Desarrolladores de aplicaciones VR.

### 11.2 PLANIFICACIÓN

---

El presente trabajo consta de un total de 6 fases las cuales suman entre ellas un total de 551 horas y tiene como fecha estimada de inicio el 08/02/2022 y de finalización el 06/07/2022. La carga de trabajo semanal se estructura de la siguiente manera:

- De lunes a jueves: 3hrs de trabajo
- Viernes: 4hrs de trabajo
- Sábado y domingo: 5hrs de trabajo

Trabajo de fin de grado	551 hrs		Tue 08/02/22	Wed 06/07/22
▷ Fase de análisis	143 hrs		Tue 08/02/22	Fri 18/03/22
▷ Fase de diseño	64 hrs		Sat 19/03/22	Mon 04/04/22
▷ Fase de desarrollo	278 hrs		Mon 04/04/22	Sat 18/06/22
▷ Fase de pruebas	15 hrs		Sat 18/06/22	Wed 22/06/22
▷ Fase de evaluación	25 hrs		Thu 23/06/22	Wed 29/06/22
▷ Fase de documentación final	26 hrs		Wed 29/06/22	Wed 06/07/22

*Ilustración 51. Resumen de la planificación del proyecto*

A continuación, se muestra en detalle el desglose de cada una de las fases.

<b>▲ Fase de análisis</b>	<b>143 hrs</b>		<b>Tue 08/02/22</b>	<b>Fri 18/03/22</b>
<b>▲ Planteamiento del estudio</b>	<b>18 hrs</b>		<b>Tue 08/02/22</b>	<b>Sat 12/02/22</b>
Estudio de la situación actual	5 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 08/02/22	Wed 09/02/22
Análisis de necesidades en el ámbito docente	4 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 09/02/22	Thu 10/02/22
Estudio acerca de técnicas de gamificación	4 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 11/02/22	Fri 11/02/22
<b>▲ Definición del estudio a realizar</b>	<b>5 hrs</b>		<b>Sat 12/02/22</b>	<b>Sat 12/02/22</b>
Definición del método de evaluación	5 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 12/02/22	Sat 12/02/22
Estudio de alternativas	7 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 08/02/22	Thu 10/02/22
Motivación y objetivos del proyecto	3 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 13/02/22	Sun 13/02/22
<b>▲ Estudio de tecnologías</b>	<b>33 hrs</b>		<b>Sun 13/02/22</b>	<b>Tue 22/02/22</b>
Estudio de tecnologías VR	8 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 13/02/22	Tue 15/02/22
Estudio de dispositivos VR	6 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 16/02/22	Thu 17/02/22
Estudio sobre motores gráficos	8 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 18/02/22	Sat 19/02/22
Estudio sobre tecnologías de dispositivos de entrada en entornos VR	9 hrs	Marcial Rico Pozas	Sat 19/02/22	Mon 21/02/22
Estudio de plataformas de obtención de modelos 3D	2 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 22/02/22	Tue 22/02/22
Redacción inicial de la memoria del proyecto	25 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 22/02/22	Tue 01/03/22
<b>▲ Definición del sistema</b>	<b>33 hrs</b>		<b>Tue 01/03/22</b>	<b>Thu 10/03/22</b>
Prototipado de las prácticas	8 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 01/03/22	Thu 03/03/22
Relación de prácticas con técnicas de gamificación	5 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 04/03/22	Sat 05/03/22
Definir mecánicas a implementar	7 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 05/03/22	Sun 06/03/22
Especificar casos de uso	7 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 06/03/22	Tue 08/03/22
Definir diagrama de clases preliminar	6 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 08/03/22	Thu 10/03/22
<b>▲ Definición de las prácticas</b>	<b>31 hrs</b>		<b>Thu 10/03/22</b>	<b>Fri 18/03/22</b>
Definición de práctica "Recogida de material"	6 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 10/03/22	Sat 12/03/22
Definición de práctica "Cristalización"	6 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 12/03/22	Sun 13/03/22
Definición de práctica "Valoración ácido - base"	7 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 13/03/22	Tue 15/03/22
Definición de práctica "Modelos atómicos"	2 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 15/03/22	Tue 15/03/22
Definición de práctica "Destilación"	4 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 16/03/22	Thu 17/03/22
Definición de práctica "Minijuego de formulación"	6 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 17/03/22	Fri 18/03/22

Ilustración 52. Planificación - Fase de análisis

<b>▲ Fase de diseño</b>	<b>64 hrs</b>		<b>Sat 19/03/22</b>	<b>Mon 04/04/22</b>
▷ <b>Diseño de escenarios</b>	<b>37 hrs</b>		<b>Sat 19/03/22</b>	<b>Mon 28/03/22</b>
<b>▲ Diseño de blueprints</b>	<b>19 hrs</b>		<b>Mon 28/03/22</b>	<b>Sat 02/04/22</b>
Definir Blueprints	14 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 28/03/22	Fri 01/04/22
Establecer relaciones entre blueprints	5 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 01/04/22	Sat 02/04/22
<b>▲ Definir plan de pruebas</b>	<b>8 hrs</b>		<b>Sat 02/04/22</b>	<b>Mon 04/04/22</b>
Definir plan de pruebas de usabilidad	4 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 02/04/22	Sun 03/04/22
Definir plan de pruebas de funcionalidad	4 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 03/04/22	Mon 04/04/22

Ilustración 53. Planificación - Fase de diseño

▣ Fase de desarrollo	278 hrs		Mon 04/04/22	Sat 18/06/22
▣ Desarrollo de escenarios virtuales	110 hrs		Mon 04/04/22	Wed 04/05/22
▣ Desarrollo de escenario para el menú de inicio	22 hrs		Mon 04/04/22	Sun 10/04/22
Creación del escenario 3D	20 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 04/04/22	Sun 10/04/22
Ajustes de Iluminación	2 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 10/04/22	Sun 10/04/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Recogida de Material"	14 hrs		Sun 10/04/22	Thu 14/04/22
Creación del escenario 3D	11 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 10/04/22	Wed 13/04/22
Ajustes de Iluminación	3 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 14/04/22	Thu 14/04/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Cristalización"	15 hrs		Fri 15/04/22	Mon 18/04/22
Creación del escenario 3D	12 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 15/04/22	Sun 17/04/22
Ajustes de Iluminación	3 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 17/04/22	Mon 18/04/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Valoración ácido - base"	17 hrs		Mon 18/04/22	Sat 23/04/22
Creación del escenario 3D	14 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 18/04/22	Fri 22/04/22
Ajustes de Iluminación	3 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 22/04/22	Sat 23/04/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Modelos atómicos"	16 hrs		Sat 23/04/22	Wed 27/04/22
Creación del escenario 3D	13 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 23/04/22	Tue 26/04/22
Ajustes de Iluminación	3 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 26/04/22	Wed 27/04/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Destilación"	16 hrs		Wed 27/04/22	Sun 01/05/22
Creación del escenario 3D	14 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 27/04/22	Sun 01/05/22
Ajustes de Iluminación	2 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 01/05/22	Sun 01/05/22
▣ Desarrollo de escenario para la práctica "Minijuego de Formulación"	10 hrs		Sun 01/05/22	Wed 04/05/22
Creación del escenario 3D	7 hrs	Marcial Rico Poz	Sun 01/05/22	Tue 03/05/22
Ajustes de Iluminación	3 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 03/05/22	Wed 04/05/22
▣ Desarrollo de Blueprints	132 hrs		Wed 04/05/22	Thu 09/06/22
Handtracking y movimiento	50 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 04/05/22	Tue 17/05/22
Objetos recogibles	30 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 18/05/22	Thu 26/05/22
▣ Interacción con menús	10 hrs		Thu 26/05/22	Sat 28/05/22
Desarrollo de Widgets	10 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 26/05/22	Sat 28/05/22
Ranuras y anclaje de objetos	20 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 28/05/22	Fri 03/06/22
Botones	12 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 03/06/22	Sun 05/06/22
Creación de maquetas de modelos atómicos y moleculares	10 hrs	Marcial Rico Pozas	Mon 06/06/22	Thu 09/06/22
▣ Integraciones	36 hrs		Thu 09/06/22	Sat 18/06/22
Integración de blueprints en los escenarios	20 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 09/06/22	Tue 14/06/22
Integración de los escenarios	4 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 14/06/22	Wed 15/06/22
Integración de los menús	4 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 15/06/22	Thu 16/06/22
▣ Ajustes de sonido de los escenarios	8 hrs		Fri 17/06/22	Sat 18/06/22
Integración de sonidos ambientales	3 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 17/06/22	Fri 17/06/22
Integración de efectos de sonido	5 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 17/06/22	Sat 18/06/22

Ilustración 54. Planificación - Fase de desarrollo

▣ Fase de pruebas	15 hrs		Sat 18/06/22	Wed 22/06/22
Pruebas de usabilidad en el entorno virtual	7 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 18/06/22	Mon 20/06/22
Pruebas de funcionalidad de las prácticas	8 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 20/06/22	Wed 22/06/22

Ilustración 55. Planificación - Fase de pruebas



▣ Fase de evaluación	25 hrs		Thu 23/06/22	Wed 29/06/22
Formación de grupos de evaluación	2 hrs	Marcial Rico Poz	Thu 23/06/22	Thu 23/06/22
▣ Desarrollo de la evaluación	3 hrs		Thu 23/06/22	Fri 24/06/22
Evaluación inicial	1 hr	Marcial Rico Poz	Thu 23/06/22	Thu 23/06/22
Proceso de evaluación	1 hr	Marcial Rico Poz	Fri 24/06/22	Fri 24/06/22
Evaluación final	1 hr	Marcial Rico Poz	Fri 24/06/22	Fri 24/06/22
Interpretación de resultados	12 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 24/06/22	Sun 26/06/22
Elaboración de conclusiones	8 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 27/06/22	Wed 29/06/22

Ilustración 56. Planificación - Fase de evaluación

▣ Creación de manuales del sistema	8 hrs		Wed 29/06/22	Fri 01/07/22
Creación de manual de usuario	4 hrs	Marcial Rico Poz	Wed 29/06/22	Thu 30/06/22
Creación de manual de desarrollador	4 hrs	Marcial Rico Poz	Fri 01/07/22	Fri 01/07/22
Redacción de memoria y conclusiones del estudio	10 hrs	Marcial Rico Poz	Sat 02/07/22	Sun 03/07/22
Creación de presupuestos finales	5 hrs	Marcial Rico Poz	Mon 04/07/22	Tue 05/07/22
Revisión final del documento	3 hrs	Marcial Rico Poz	Tue 05/07/22	Wed 06/07/22

Ilustración 57. Planificación - Fase de documentación final

## 11.3 RIESGOS

### 11.3.1 Plan de gestión de riesgos

Para la identificación de los riesgos del proyecto se ha llevado a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo empleando como base las categorías de riesgos propuestas por el PMBOK (2013).

Una vez identificados, los riesgos se han priorizado mediante la Matriz de Probabilidad e Impacto según la guía PMBOK (2013).

Probabilidad	Muy Alta	0,90	0,05	0,14	0,27	0,50	0,81
	Alta	0,70	0,04	0,11	0,21	0,39	0,63
	Media	0,50	0,03	0,08	0,15	0,28	0,45
	Baja	0,30	0,02	0,05	0,09	0,17	0,27
	Muy Baja	0,10	0,01	0,02	0,03	0,06	0,09
			0,05	0,15	0,30	0,55	0,90
		Inapreciable	Bajo	Medio	Alto	Crítico	
			0,05	0,15	0,30	0,55	0,90
			Impacto				

Ilustración 58. Matriz de Probabilidad e Impacto

### 11.3.2 Identificación de Riesgos

Se han identificado los siguientes riesgos:

ID	Descripción	Categoría	Prob	Presup.	Planifi.	Alcance	Calidad	Impacto
1	Planificación no realista	Proyecto/ Gestión	Alta	Medio	Alto	Bajo	Bajo	0.39
2	Dificultad en la implementación de los sistemas de reconocimiento de manos	Técnico/ Tecnológica	Alta	Inapreciable	Bajo	Alto	Alto	0.39
3	Falta de usuarios para realizar la evaluación	Externo	Baja	Inapreciable	Bajo	Bajo	Alto	0.17
4	Pérdida de datos del proyecto	Proyecto	Baja	Medio	Medio	Inapreciable	Inapreciable	0.09
5	Descontinuación de tecnologías empleadas	Técnico/ Tecnología	Muy baja	Medio	Alto	Alto	Bajo	0.06

Tabla 35. Riesgos del proyecto

### 11.3.2.1 Respuesta ante los riesgos

ID	Respuesta al riesgo	Estrategia
1	Adaptar la planificación, en la medida de lo posible, a las necesidades del proyecto.	Mitigar el riesgo
2	Realizar más tareas de formación en la tecnología que cause dificultad a la hora de ser implementada.	Mitigar el riesgo
3	Es posible que los usuarios no se presenten al estudio, o que directamente no se encuentren candidatos para realizarlo. Es necesario asumirlo.	Asumir el riesgo
4	Establecer un sistema de copias de seguridad y control de versiones locales para el proyecto y la documentación respectiva.	Eliminar el riesgo
5	Adaptar los módulos de la herramienta que dependan de la tecnología descontinuada a otras alternativas.	Asumir el riesgo

## 11.4 PRESUPUESTO

Previo a la presentación de las partidas de presupuestos, se define el único rol involucrado en la realización del presente proyecto, así como si coste por hora en euros.

Nombre	Coste (€/hora)
Programador	18

Tabla 36. Coste de los recursos del proyecto

### 11.4.1 Presupuesto de Costes

A continuación, se presentan las diferentes partidas del presupuesto de costes del proyecto.

#### 11.4.1.1 Partida: Fase de análisis

Item 1	Item 2	Item 3	Descripción	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Subtotal (II)	Subtotal (I)	Coste Total
1.1.1			<b>Planteamiento del estudio</b>			18			324,00 €
	1.1.1.1		Estudio de la situación actual		5			90,00 €	
	1.1.1.2		Análisis de necesidades en el ámbito docente		4			72,00 €	
	1.1.1.3		Estudio acerca de técnicas de gamificación		4			72,00 €	
	1.1.1.4		<b>Definición del estudio a realizar</b>		5			90,00 €	
		1.1.1.4.1	Definición del método de evaluación	5			90,00 €		
1.1.2			Estudio de alternativas			7			126,00 €

1.1.3			Motivación y objetivos del proyecto			3			54,00 €
<b>1.1.4</b>			<b>Estudio de tecnologías</b>			<b>33</b>			<b>594,00 €</b>
	1.1.4.1		Estudio de tecnologías VR		8			144,00 €	
	1.1.4.2		Estudio de dispositivos VR		6			108,00 €	
	1.1.4.3		Estudio sobre motores gráficos		8			144,00 €	
	1.1.4.4		Estudio sobre tecnologías de dispositivos de entrada en entornos VR		9			162,00 €	
	1.1.4.5		Estudio de plataformas de obtención de modelos 3D		2			36,00 €	
1.1.5			Redacción inicial de la memoria del proyecto			25			450,00 €
<b>1.1.6</b>			<b>Definición del sistema</b>			<b>33</b>			<b>594,00 €</b>
	1.1.6.1		Prototipado de las prácticas		8			144,00 €	
	1.1.6.2		Relación de prácticas con técnicas de gamificación		5			90,00 €	
	1.1.6.3		Definir mecánicas a implementar		7			126,00 €	
	1.1.6.4		Especificar casos de uso		7			126,00 €	
	1.1.6.5		Definir diagrama de clases preliminar		6			108,00 €	

<b>1.1.7</b>			<b>Definición de las prácticas</b>			<b>31</b>			<b>558,00 €</b>
	1.1.7.1		Definición de práctica "Recogida de material"		6			108,00 €	
	1.1.7.2		Definición de práctica "Cristalización"		6			108,00 €	
	1.1.7.3		Definición de práctica "Valoración ácido - base"		7			126,00 €	
	1.1.7.4		Definición de práctica "Modelos atómicos"		2			36,00 €	
	1.1.7.5		Definición de práctica "Destilación"		4			72,00 €	
	1.1.7.6		Definición de práctica "Minijuego de formulación"		6			108,00 €	

Tabla 37. Partida: Fase de análisis

Esta partida suma un total de 143 horas y un coste de **2.700,00 €**

**11.4.1.2 Partida: Fase de diseño**

Item 1	Item 2	Descripción	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Subtotal	Coste Total
<b>1.2.1</b>		<b>Diseño de escenarios</b>		<b>37</b>		<b>666,00 €</b>
	1.2.1.1	Prototipado de escenarios	15		270,00 €	
	1.2.1.2	Establecer interacciones entre usuario y escenario	5		90,00 €	
	1.2.1.3	Búsqueda de recursos	17		306,00 €	
<b>1.2.2</b>		<b>Diseño de blueprints</b>		<b>19</b>		<b>342,00 €</b>
	1.2.2.1	Definir Blueprints	14		252,00 €	
	1.2.2.2	Establecer relaciones entre blueprints	5		90,00 €	
<b>1.2.3</b>		<b>Definir plan de pruebas</b>		<b>8</b>		<b>144,00 €</b>
	1.2.3.1	Definir plan de pruebas de usabilidad	4		72,00 €	
	1.2.3.2	Definir plan de pruebas de funcionalidad	4		72,00 €	

Tabla 38. Partida: Fase de diseño

Esta partida suma un total de 64 horas y un coste de **1.152,00 €**

## 11.4.1.3 Partida: Fase de desarrollo

Item 1	Item 2	Item 3	Descripción	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Subtotal (II)	Subtotal (I)	Coste Total
1.3.1			<b>Desarrollo de escenarios virtuales</b>			<b>110</b>			<b>1.980,00 €</b>
	1.3.1.1		<b>Desarrollo de escenario para el menú de inicio</b>		<b>22</b>			<b>396,00 €</b>	
		1.3.1.1.1	Creación del escenario 3D	20			360,00 €		
		1.3.1.1.2	Ajustes de Iluminación	2			36,00 €		
	1.3.1.2		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Recogida de Material"</b>		<b>14</b>			<b>252,00 €</b>	
		1.3.1.2.1	Creación del escenario 3D	11			198,00 €		
		1.3.1.2.2	Ajustes de Iluminación	3			54,00 €		
	1.3.1.3		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Cristalización"</b>		<b>15</b>			<b>270,00 €</b>	
		1.3.1.3.1	Creación del escenario 3D	12			216,00 €		
		1.3.1.3.2	Ajustes de Iluminación	3			54,00 €		
	1.3.1.4		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Valoración ácido - base"</b>		<b>17</b>			<b>306,00 €</b>	

		1.3.1.4.1	Creación del escenario 3D	14			252,00 €		
		1.3.1.4.2	Ajustes de Iluminación	3			54,00 €		
	1.3.1.5		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Modelos atómicos"</b>		<b>16</b>			<b>288,00 €</b>	
		1.3.1.5.1	Creación del escenario 3D	13			234,00 €		
		1.3.1.5.2	Ajustes de Iluminación	3			54,00 €		
	1.3.1.6		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Destilación"</b>		<b>16</b>			<b>288,00 €</b>	
		1.3.1.6.1	Creación del escenario 3D	14			252,00 €		
		1.3.1.6.2	Ajustes de Iluminación	2			36,00 €		
	1.3.1.7		<b>Desarrollo de escenario para la práctica "Minijuego de Formulación"</b>		<b>10</b>			<b>180,00 €</b>	
		1.3.1.7.1	Creación del escenario 3D	7			126,00 €		
		1.3.1.7.2	Ajustes de Iluminación	3			54,00 €		
1.3.2			<b>Desarrollo de Blueprints</b>			<b>132</b>			<b>2.376,00 €</b>
	1.3.2.1		Handtracking y movimiento		50			900,00 €	
	1.3.2.2		Objetos recogibles		30			540,00 €	
	1.3.2.3		<b>Interacción con menús</b>		<b>10</b>			<b>180,00 €</b>	



		1.3.2.3.1	Desarrollo de Widgets	10			180,00 €		
	1.3.2.4		Ranuras y anclaje de objetos		20		360,00 €		
	1.3.2.5		Botones		12		216,00 €		
	1.3.2.6		Creación de maquetas de modelos atómicos y moleculares		10		180,00 €		
1.3.3			<b>Integraciones</b>			<b>36</b>			<b>648,00 €</b>
	1.3.3.1		Integración de blueprints en los escenarios		20			360,00 €	
	1.3.3.2		Integración de los escenarios		4			72,00 €	
	1.3.3.3		Integración de los menús		4			72,00 €	
	1.3.3.4		<b>Ajustes de sonido de los escenarios</b>		<b>8</b>			<b>144,00 €</b>	
		1.3.3.4.1	<b>Integración de sonidos ambientales</b>	3			54,00 €		
		1.3.3.4.2	<b>Integración de efectos de sonido</b>	5			90,00 €		

Tabla 39. Partida: Fase de desarrollo

Esta partida suma un total de 278 horas y un coste de **5.004,00 €**

**11.4.1.4 Partida: Fase de pruebas**

Item 3	Descripción	Duración (Horas)	Coste Total
1.4.1	Pruebas de usabilidad en el entorno virtual	7	126,00 €

1.4.2	Pruebas de funcionalidad de las prácticas	8	144,00 €
-------	---	---	----------

Tabla 40. Partida: Fase de pruebas

Esta partida suma un total de 15 horas y un coste de **270,00 €**

#### 11.4.1.5 Partida: Fase de evaluación

Item 1	Item 2	Descripción	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Subtotal	Coste Total
1.5.1		Formación de grupos de evaluación		2		36,00 €
1.5.2		<b>Desarrollo de la evaluación</b>		<b>3</b>		<b>54,00 €</b>
	1.5.2.1	Evaluación inicial	1		18,00 €	
	1.5.2.2	Proceso de evaluación	1		18,00 €	
	1.5.2.3	Evaluación final	1		18,00 €	
1.5.3		Interpretación de resultados		12		198,00 €
1.5.4		Elaboración de conclusiones		8		54,00 €

Tabla 41. Partida: Fase de evaluación

Esta partida suma un total de 25 horas y un coste de **450,00 €**

#### 11.4.1.6 Partida: Fase de documentación final

Item 1	Item 2	Descripción	Duración (Horas)	Duración (Horas)	Subtotal	Coste Total
1.6.1		<b>Creación de manuales del sistema</b>		<b>8</b>		<b>144,00 €</b>
	1.6.1.1	Creación de manual de usuario	4		72,00 €	
	1.6.1.2	Creación de manual de desarrollador	4		72,00 €	
1.6.2		Redacción de memoria y conclusiones del estudio		10		180,00 €
1.6.3		Creación de presupuestos finales		5		90,00 €

1.6.4		Revisión final del documento		3		54,00 €
-------	--	------------------------------	--	---	--	---------

Tabla 42. Partida: Fase de documentación final

Esta partida suma un total de 26 horas y un coste de **468,00 €**

#### 11.4.1.7 Partida: Otros gastos

Otros gastos	Unidades	Coste total
Adquisición de Oculus Quest 2	1	350,00 €
Licencias para assets	-	60,00 €
Ordenador para desarrollo	1	700,00 €

Tabla 43. Partida: Otros gastos

#### 11.4.1.8 Resumen del presupuesto de costes

Partida	Nombre	Duración	Coste
1	Fase de análisis	143 hrs	2.700,00 €
2	Fase de diseño	64 hrs	1.152,00 €
3	Fase de desarrollo	278 hrs	5.004,00 €
4	Fase de pruebas	15 hrs	270,00 €
5	Fase de evaluación	25 hrs	450,00 €
6	Fase de documentación final	26 hrs	468,00 €
7	Otros costes	-	1.110,00 €

Tabla 44. Partida: Resumen del presupuesto de costes

El presupuesto de costes suma un total de 551 horas y un coste de **11.154,00 €**

### 11.4.2 Presupuesto del cliente

Para la elaboración del presupuesto del cliente se tienen en cuenta las partidas 1 – 6 (ambas inclusive), ya que la última ha de ser promediada.

El coste total para el cliente sin promediar es de **10.044,00 €**. Para realizar el cálculo del porcentaje a promediar con el cliente ha de tenerse en cuenta un 10% en valor de reservas, el 5% de beneficio que se espera obtener y la partida Otros costes.

Concepto	Coste
Otros costes	1.110,00 €
Reserva 10%	1.004,00 €
Beneficio 5%	502,00 €
<b>Total</b>	<b>2.616,00 €</b>

Tabla 45. Cálculo de gastos a promediar

El porcentaje por promediar con el cliente es del 26.045%. Esto indica que el coste total para el cliente es de **12.660,00 €**

El presupuesto del cliente se presenta de la siguiente manera

Partida	Nombre	Duración	Coste
1	Fase de análisis	143	3.403,22 €
2	Fase de diseño	64	1.452,04 €
3	Fase de desarrollo	278	6.307,29 €
4	Fase de pruebas	15	340,32 €
5	Fase de evaluación	25	567,20 €
6	Fase de documentación final	26	589,89 €

Tabla 46. Resumen del presupuesto del cliente

## Capítulo 12 ANEXOS

### 12.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Alejandro. (22 de Abril de 2022). *Alehandorovr*. Obtenido de Alehandorovr: <https://alehandorovr.com/hand-tracking-cambia-drasticamente-en-su-version-2-0/>

Burke, B. (2014). *Gamify : how gamification motivates people to do extraordinary things*. Boston: Bibliomotion.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". *MindTrek*, 9-15. Obtenido de ACM Digital Library.

Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of learning and instruction: Game-Based methods and strategies for training and education*. . San Francisco: Pfeiffer.

Martínez, F. J. (2011). Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual. *Creatividad y sociedad: Revista de la Asociación para la Creatividad*, I(16), 39.

Pozzi, S. (26 de Marzo de 2014). Facebook compra Oculus. *El País*.

RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed. Madrid.

Sangucho, M., Janeth, A., Aillón, F., & Milena, T. (2020). Gamificación como técnica didáctica en el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Dialnet*, 164-181.

Soloaga, A. (19 de Julio de 2019). *Akademus*. Obtenido de Akademus: <https://www.akademus.es/blog/emprendedores/unreal-engine-que-es-y-para-que-sirve/>

Tran, T. (20 de Abril de 2017). *Raywenderlich*. Obtenido de Raywenderlich: <https://www.raywenderlich.com/663-unreal-engine-4-blueprints-tutorial>

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win. How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.

Xperimenta. (3 de Mayo de 2016). *Xperimenta*. Obtenido de Xperimenta: <https://xperimentacultura.com/historia-de-la-realidad->

virtual/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20realidad%20virtual%20 fue,de%20la%20realidad%20virtual%20h%C3%A1pticos.

## 12.2 MANUALES DEL SISTEMA

---

### 12.2.1 Manual de usuario

En este anexo se presentan las instrucciones básicas de uso de la herramienta QuimiLabVR. Para poder llevar a cabo las prácticas de la manera más cómoda posible se recomienda tener:

- Un espacio de superficie mínima de un metro cuadrado libre de obstáculos como mesas, sillas, etc...

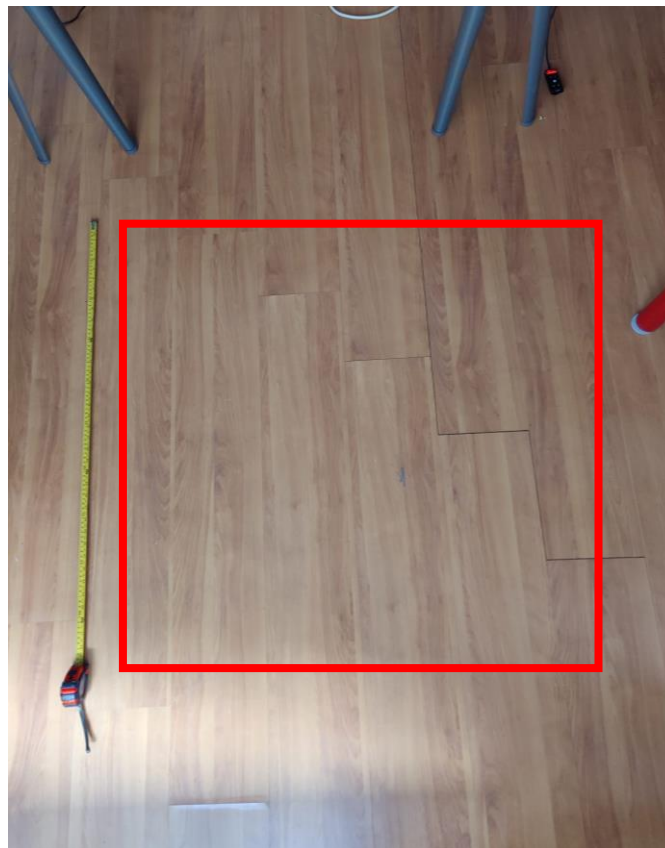







Ilustración 59. Ejemplo de superficie mínima recomendada

- Una iluminación apta para que el visor reconozca las manos de la mejor manera posible (evitar ambientes con iluminación escasa o a contraluz).
- Asegurarse de que el visor Oculus Quest / Oculus Quest 2 está bien ajustado a la cabeza del usuario para una mayor comodidad.

Una vez asegurado el entorno de realización de las prácticas, podemos colocarnos el visor y ejecutar la aplicación QuimiLabVR.

A continuación, se explicarán los comandos gestuales necesarios para poder usar la aplicación.

Comando	Explicación	Ilustración
<b>Seleccionar opción de menú</b>	Al juntar los dedos pulgar e índice sobre un elemento de menú que está siendo apuntado, éste se activará y ejecutará la acción correspondiente	 <p data-bbox="853 1198 1204 1265"><i>Ilustración 60. Gesto de selección de opción de menú</i></p>
<b>Abrir / Cerrar menú de pausa</b>	Al juntar los dedos pulgar y corazón de la mano izquierda, se abre o cierra el menú de pausa. En caso de que se abra, en la mano izquierda aparecerá un puntero. En caso de que se cierre, el puntero desaparecerá	 <p data-bbox="853 1758 1204 1825"><i>Ilustración 61. Gesto de abrir o cerrar el menú de pausa.</i></p>

<p><b>Agarrar objeto</b></p>	<p>Cuando se quiera coger un objeto bastará con cerrar el puño. Mientras que el puño esté cerrado el objeto permanecerá agarrado</p>	 <p><i>Ilustración 62. Gesto de agarrar objeto</i></p>
<p><b>Soltar objeto</b></p>	<p>Si se tiene un objeto agarrado y se extiende la mano, el objeto se caerá.</p>	 <p><i>Ilustración 63. Gesto de soltar objeto</i></p>
<p><b>Pulsar botón</b></p>	<p>Para pulsar un botón basta con acercar la mano a este y apretarlo como si de un botón normal se tratase.</p>	 <p><i>Ilustración 64. Gesto de pulsar botón</i></p>

Para consultar el contenido y objetivos a cumplir en cada práctica, puede acudir al Capítulo 5 “Solución propuesta” del presente documento.



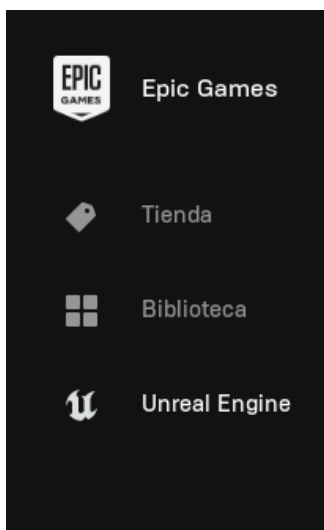
## 12.2.2 Manual de desarrollador

QuimiLabVR es una herramienta que ha sido desarrollada en el motor Unreal Engine en su versión 4.26.2. A continuación, se explicarán los pasos principales para la importación del proyecto, los pasos a seguir para realizar modificaciones sobre contenido ya existente y los pasos para generar un ejecutable desplegado directamente en el visor Oculus Quest / Oculus Quest 2.

### 12.2.2.1 Importación del proyecto.

El primer paso para realizar la importación del proyecto es tener descargada la versión 4.26.2 de Unreal Engine.

1. En primer lugar, debemos tener instalado el lanzador Epic Games Launcher.
2. Una vez instalado y ejecutado, nos desplazaremos a la pestaña “Unreal Engine”.



*Ilustración 65. Menú de navegación de Epic Games Launcher*

3. En la pestaña seleccionamos “Biblioteca” y pulsamos sobre el símbolo “+” ubicado a la izquierda de “Versiones de Unreal Engine”

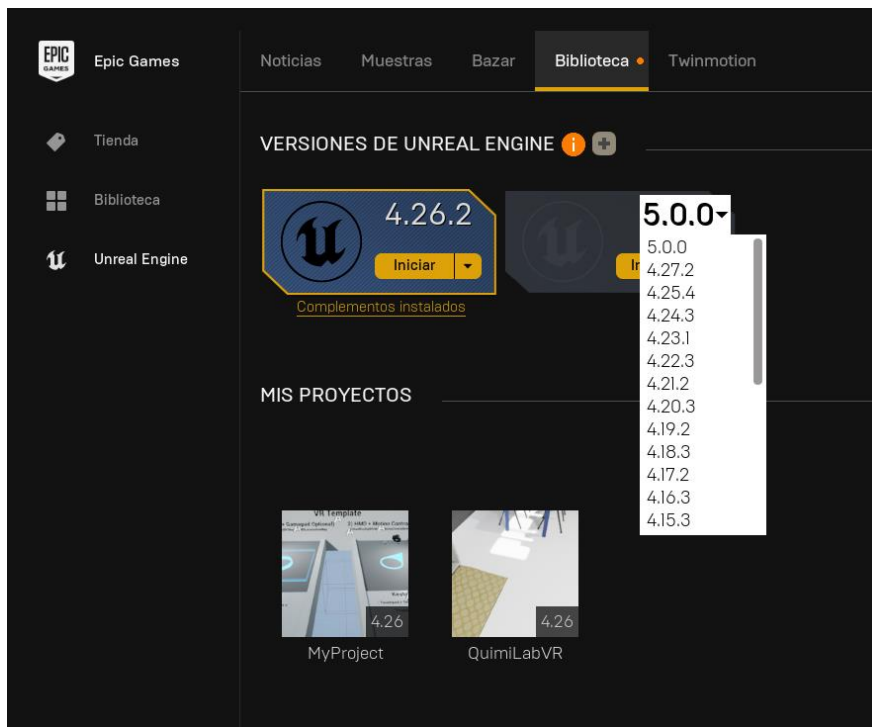


Ilustración 66. Selección de versiones de Unreal Engine

4. En el desplegable seleccionamos la versión 4.26.2 y aceptamos los términos y condiciones de descarga / instalación.
5. Una vez instalado el motor podemos iniciar el proyecto desde el directorio de descarga donde se ubique. Bastará con hacer click en el archivo con extensión “.uproject”

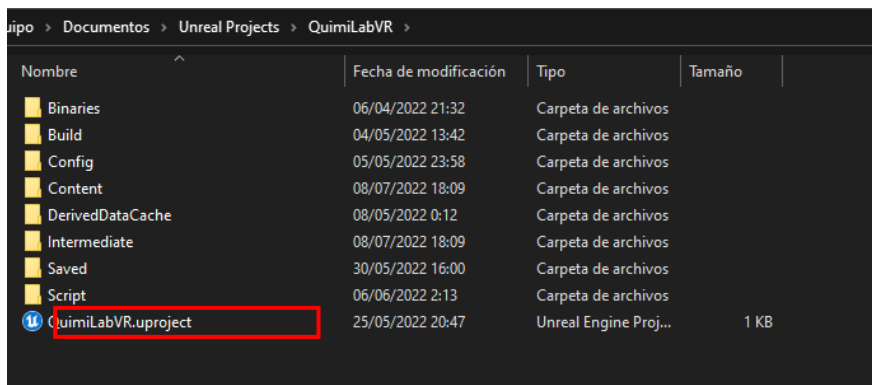


Ilustración 67. Contenido de la descarga del proyecto

Una vez seguidos estos pasos, el proyecto habrá sido importado y se iniciará el editor de Unreal Engine.

### 12.2.2.2 Configuración de Oculus Quest.

Para poder desplegar el proyecto en el visor y/o ejecutar el proyecto desde el propio editor necesitaremos realizar una serie de configuraciones en el sistema para asegurarnos de que podemos usar el visor Oculus Quest / Oculus Quest 2 en el ordenador.

1. Necesitaremos instalar Android Studio para obtener las versiones más recientes del SDK y NDK de Android.
2. Una vez seguido el proceso de instalación de Android Studio nos desplazaremos a *“File > Settings > Android SDK”* y seleccionaremos la opción *“Android 10.0 (Q)”*. En la pestaña SDK Tools también marcaremos la opción *“NDK (Side by side)”*

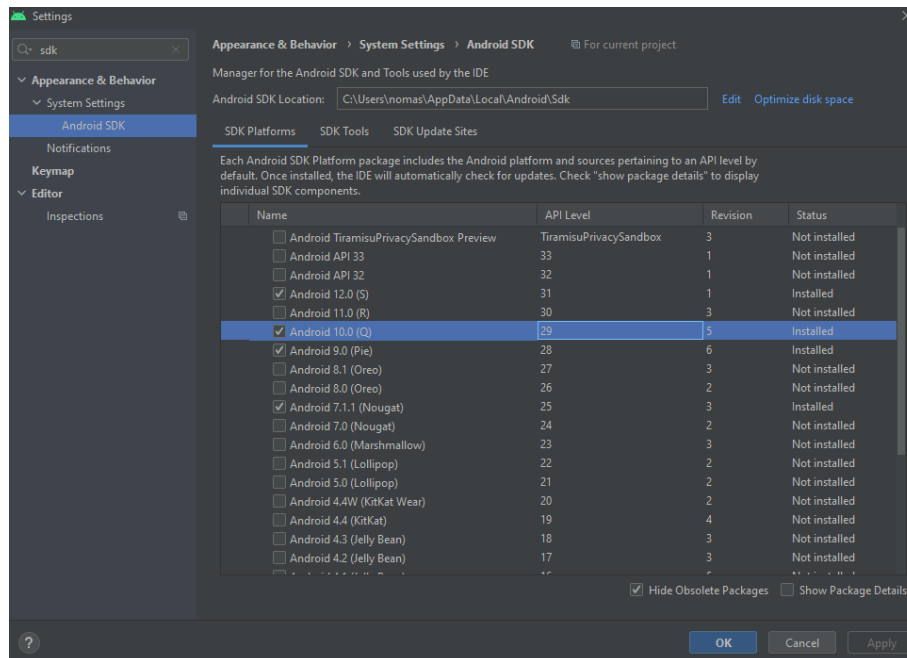


Ilustración 68. Menú de configuración de Android Studio

3. Una vez seleccionadas las opciones Aplicamos los cambios y cerramos. Esto comenzará el proceso de descarga de los archivos.
4. Una vez descargados los archivos, abriremos el proyecto de Unreal Engine descargado previamente. Una vez en el editor abriremos la pestaña *“Project Settings”* y seleccionamos *“Android SDK”* bajo la pestaña Plataformas.

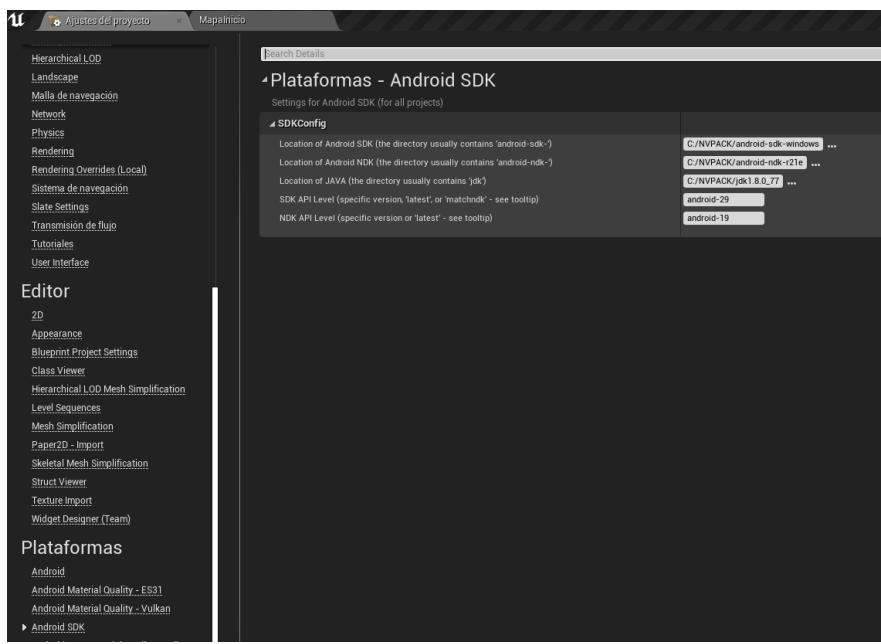


Ilustración 69. Pestaña Plataformas > Android SDK de la configuración del proyecto

5. En esta pestaña deberemos introducir las rutas de los ficheros previamente descargados, el nivel de API de dichos ficheros y la ruta de la versión del JDK de Java del sistema.

El resto de las configuraciones para el correcto funcionamiento con el visor y están realizadas. Bastaría reiniciar el Editor de Unreal Engine con el visor conectado en modo de desarrollador para lanzar el proyecto en las gafas

### 12.2.2.3 Activación de modo de desarrollador en Oculus Quest

El modo desarrollador de Oculus Quest / Oculus Quest 2 se activa desde la aplicación de Oculus para dispositivos móviles. Una vez tengamos vinculadas las gafas al dispositivo tendremos que ir al Menú > Dispositivos para poder ver la opción que permite activar el modo desarrollador. Una vez activada el visor habrá entrado en modo de desarrollador.

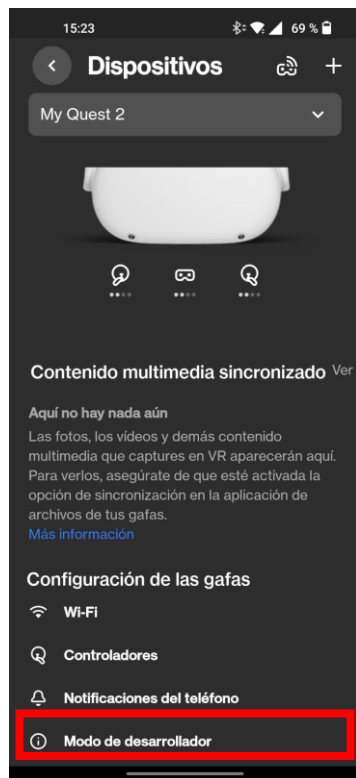


Ilustración 70. Menú de la aplicación Oculus

#### 12.2.2.4 Realizar cambios en la herramienta

Para poder realizar cambios en la herramienta es necesario comprender la ubicación de los blueprints de esta para facilitar los cambios que se quieran realizar.

El árbol de carpetas del proyecto está estructurado de tal manera que cada práctica tiene su correspondiente carpeta dentro de la carpeta "Content > Blueprints".

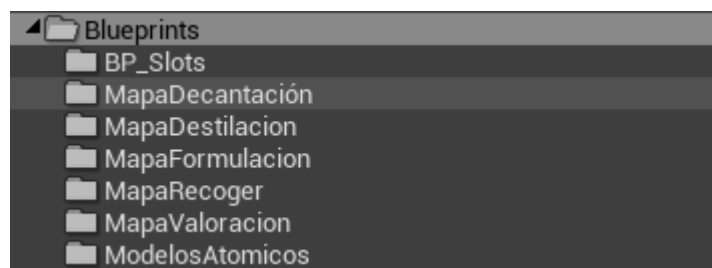


Ilustración 71. Contenido de la carpeta Blueprints

En cada una de estas carpetas se encontrarán los blueprints correspondientes a cada práctica. Los mapas se encuentran en la carpeta “Content > Maps”.

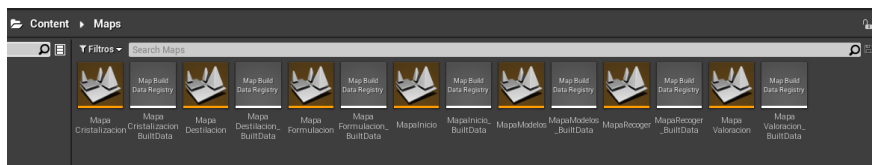


Ilustración 72. Contenido de la carpeta Maps

Para la modificación de los Widgets hay que dirigirse a la carpeta “Content > Widgets”. En ella también se encuentra una carpeta con los blueprints de widgets para la práctica del visualizador de modelos atómicos.

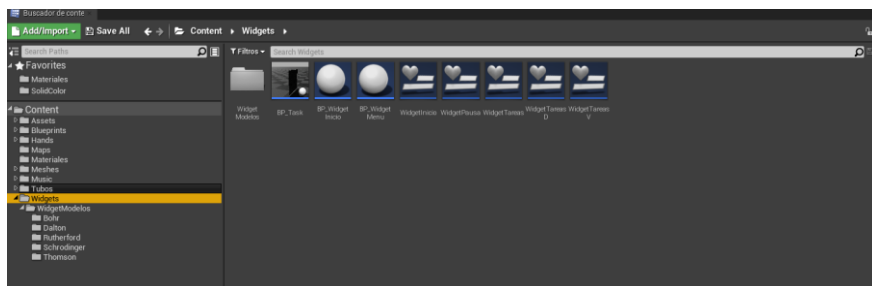


Ilustración 73. Contenido carpeta Widgets

### 12.2.2.5 Despliegue de la herramienta en el visor

Para el despliegue de la herramienta en el visor Oculus Quest / Oculus Quest 2 deberemos:

1. tener las gafas conectadas por USB al ordenador.
2. Una vez conectadas, en el editor seleccionaremos la opción “Lanzar > Project Launcher”.
3. Seleccionamos el dispositivo Quest /Quest 2.
4. Si queremos lanzar una versión de desarrollo dejamos la casilla de “Config” en Desarrollo.
  - a. Si queremos la versión de Producción seleccionamos la opción Envío
5. En “Data Build” seleccionamos la opción “By the book”.
6. Le damos al botón “Launch”.

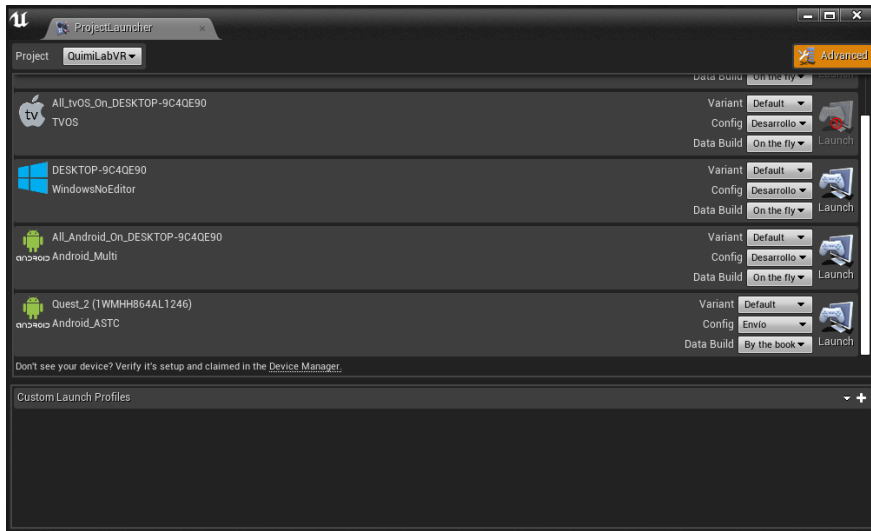


Ilustración 74. Pantalla del project launcher

7. Esperamos a que termine el proceso.
8. Una vez terminado la herramienta se ejecuta automáticamente en el visor.

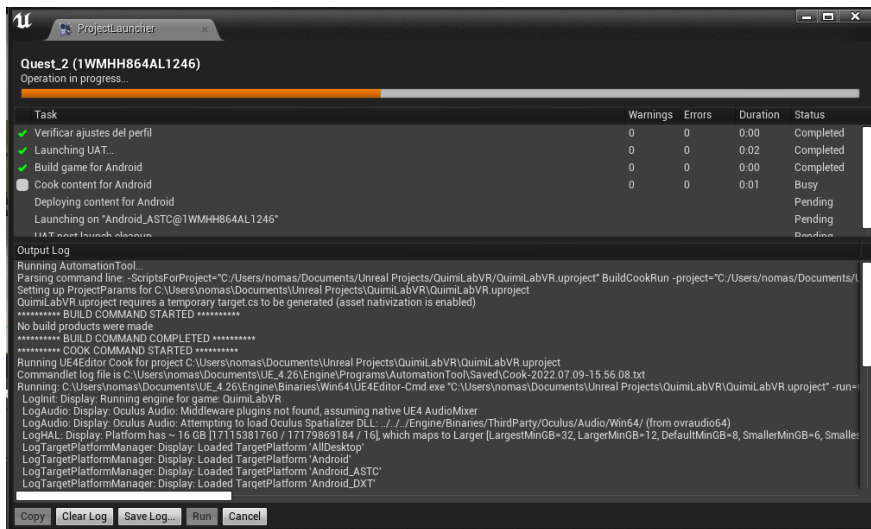


Ilustración 75. Pantalla de despliegue de la herramienta