



INSTITUTO POLITÉCNICO

NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

TRABAJO TERMINAL II

“Sistema de realidad virtual del cuerpo humano para el estudio del sistema digestivo”

Autor:
Almendarez Perdomo Rodrigo

Directores:
M. en Ing. Moscoso Malagón Yosafat
M. en C. Saucedo Delgado Rafael Norman

Para obtener el título de

Ing. en Sistemas Computacionales

14 de agosto de 2020

Resumen



El presente proyecto consiste en desarrollar un software que está enfocado a la enseñanza, aprendizaje y demostración del cuerpo humano mediante Realidad Virtual (R.V.), el mismo que puede ser usado en la Escuela Superior de Medicina (E.S.M.) y Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía (E.N.M. y H.) en las áreas de Morfología y Anatomía como soporte para la enseñanza de las áreas antes mencionadas.

De esta manera se espera aumentar el número de herramientas que poseen los estudiantes de medicina y reforzar el aprendizaje del alumnado con tecnología actual, escalable, con mayor disponibilidad y facilidad de uso, en contraste con el uso de cadáveres humanos.

Palabras clave - Animación por Computadora, Gráficos por Computadora, Realidad Virtual, Estudio Multimedia

Presenta:

Almendarez Perdomo Rodrigo

Directores

M. en Ing. Moscoso Malagón Yosafat
M. en C. Saucedo Delgado Rafael Norman

Advertencia

“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y, por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000, extensión 52000.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mis directores, M. en Ing. Moscoso Malagón Yosafat y el M. en C. Saucedo Delgado Rafael Norman, quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba, después de todo el desarrollo de un Trabajo Terminal es el pináculo de la formación de un alumno en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, el cual requiere de mucha dedicación y conocimientos para llegar a su desarrollo exitoso. Especialmente quiero agradecer al profesor Alfredo Rangel Guzmán por sus enseñanzas sobre la vida y el actuar del mundo actual, y el recibir su apoyo incondicional. También quiero agradecer a la Escuela Superior de Cómputo por brindarme todos los recursos, herramientas y conocimientos que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación y desarrollo del Trabajo Terminal. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda. Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos, principalmente a los que me han acompañado desde el inicio de mi carrera y a mi familia y pareja, por apoyarme aún cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías y continuar trabajando para finalizar este camino. Muchas gracias a todos.

Rodrigo Almendarez Perdomo

Índice general

1. Introducción	4
1.1. Introducción	4
1.2. Detección del problema	4
1.3. Propuesta de Solución	5
1.4. Justificación	5
1.5. Objetivos del Trabajo	6
1.5.1. Objetivos Específicos	6
1.6. Población Objetivo	6
1.7. Productos logrados	7
1.8. Definiciones	7
1.8.1. Realidad Virtual	7
1.8.2. Producto Multimedia	8
1.9. Estado del Arte	9
1.10. Metodologías	11
2. Análisis	15
2.1. Sistema operativo y plataforma de desarrollo	16
2.2. Hardware	16
2.3. Viabilidad	17
2.4. Análisis de la plataforma Unity ®	19
2.5. Sistema de Seguimiento	19
2.6. Análisis de Información médica	21
2.6.1. Cavidad abdominal	21
2.6.2. Sistema Digestivo	22
2.7. Casos de Uso	23
2.8. Complicaciones del desarrollo sin metodología	24
3. Diseño	26
3.1. Selección de estrategia de diseño	27
3.2. Requisitos para el desarrollo de software para proveer una experiencia de realidad virtual optima.	27
3.2.1. Los cuatro núcleos del diseño UX para RV	27
Referencias	30
Apéndices	31

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

Este documento es el reporte técnico final del trabajo terminal titulado “Sistema de realidad virtual del cuerpo humano para el estudio del sistema digestivo” con número de registro TT: 2019-A104.

En el presente capítulo se habla del problema identificado, por qué se considera como tal y cómo es que se ayudó a resolver el problema planteado mediante la ingeniería en sistemas computacionales. También se menciona que se obtiene al concluir con este trabajo terminal, tales como el prototipo del sistema.

En el capítulo **II Análisis** se mostrarán todos los diagramas y documentos generados al analizar y generar un diseño del sistema que se estará desarrollando. Aquí se encuentra la arquitectura general del sistema, y los modelos gráficos de apoyo presentados en el Análisis Estructurado Moderno.

En el capítulo **III Diseño** se describe el trabajo generado en el desarrollo del documento hasta el mes de mayo de 2020 para TT2.

En el capítulo **IV Verificación y Pruebas** se muestran pruebas hechas sobre las implementaciones del sistema siguiendo un guión para la prueba.

En el capítulo **V Conclusión** se muestran los resultados obtenidos y experiencias para mejorar el proceso, así como la vertiente para continuar con el trabajo y las conclusiones del integrante.

Finalmente, se encuentran las referencias de todos los recursos empleados para dar soporte y estructura a este Trabajo Terminal, y en los apéndices se anexan elementos extra que dan información más detallada sobre lo que aquí fue realizado.

1.2. Detección del problema

Durante 2019 se entrevistó al Dr. Rios Macias jefe del área de morfología de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional y comentó que “los medios que se utilizan para el estudio del cuerpo humano principalmente son medios impresos tradicionales, así como el uso de cuerpos para su disección y análisis posterior”. El uso de cuerpos para su disección tiene un alto costo que incluye el mantenimiento del cuerpo en las instalaciones, el mantenimiento de las instalaciones, y la inhumación de los cuerpos.

1.3. Propuesta de Solución

Se elaboró un sistema de realidad virtual del sistema digestivo del cuerpo humano que permite interactuar con modelos tridimensionales. La intención es sentar las bases para un sistema de apoyo al aprendizaje que sea más práctico [1], sin sustituir a ningún método de estudio tradicional.

1.4. Justificación

El sistema tiene los siguientes beneficios para docentes y alumnos:

- Fuentes confiables. Se usaron textos médicos y sitios web especializados
- Uso de realidad virtual[2].

El sistema es un ejemplo de cómo se pueden actualizar las herramientas educativas, como las que se pueden encontrar en Statista [3], y que representan un mercado de aproximadamente 18.8 mil millones de dólares para el año 2020. Además, Nielsen[4] muestra los datos sobre la expectativa de adopción de la realidad virtual y aumentada en diferentes continentes, como se muestra el Figura 1 y 2.

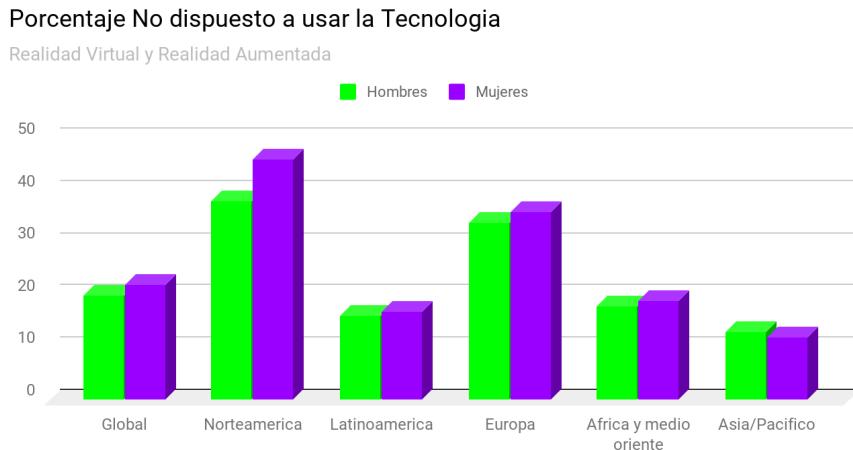


Figura 1.1: Disposición de los consumidores a nivel mundial para usar la realidad virtual y aumentada si esta se encuentra disponible en los próximos 2 años (2020 -2021)

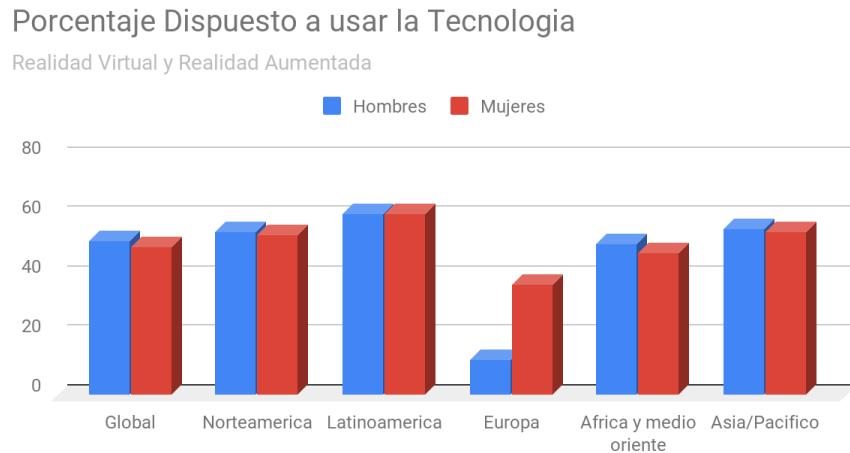


Figura 1.2: Disposición de los consumidores a nivel mundial para no usar la realidad virtual y aumentada si esta se encuentra disponible en los próximos 2 años(2020 -2021)

A medida que crece el consumo de software, multimedia y videojuegos se aumentará la disponibilidad de sistemas como el que se propone en este trabajo terminal.

1.5. Objetivos del Trabajo

Objetivo es analizar, diseñar, desarrollar y probar un sistema de demostración que utiliza la tecnología de Realidad Virtual, para ofrecer una experiencia orientada al estudio de la anatomía y morfología del cuerpo humano, específicamente del sistema digestivo.

1.5.1. Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo se identificaron los siguientes objetivos específicos:

- Investigar en fuentes confiables sobre el sistema digestivo.
- Analizar, diseñar, desarrollar y probar un entorno de Realidad Virtual para la interacción.

1.6. Población Objetivo

De acuerdo a un estudio de Ericsson ConsumerLab[5], en el año 2020 un tercio de los consumidores serán usuarios de Realidad Virtual. Ya desde 2017 se había explorado el nivel de interés de los consumidores en Realidad Virtual[6] con su potencial de reunir gente de todo el mundo y crear una experiencia más profunda, personalizada y enriquecida.

De todos los interesados en la Realidad Virtual se toma a los estudiantes de educación superior

del área de medicina, particularmente a 180[7] estudiantes de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional de entre 18 y 24 años de edad. Además se espera que los usuarios objetivo tengan las siguientes características[8] específicamente:

- Disposición para el aprendizaje con nuevas tecnologías de la información.
- Conocimientos sólidos en las áreas de biología, física, química; y en forma idónea conocimientos básicos de las etimologías grecolatinas e idioma inglés, que le facilitarán la comprensión y dominio de los conceptos utilizados en las asignaturas básicas y clínicas.
- No ser propenso a sufrir cinetosis.

1.7. Productos logrados

Se logró crear un software (demostración), de una experiencia demostrativa en realidad virtual. El sistema muestra características y elementos del sistema digestivo y permite la participación de un usuario utilizando una misma computadora de forma local. Se usan los controles Oculus Touch ® así como el visor de Realidad Virtual Oculus Rift ®. También se redactó el presente reporte técnico.

1.8. Definiciones

Estas son las definiciones más importantes para el presente trabajo terminal

1.8.1. Realidad Virtual

Algunos autores definen así la Realidad Virtual.

“La realidad virtual (RV) es una simulación tridimensional generada o asistida comúnmente por computadora de algún aspecto del mundo real o ficticio, en el cual el usuario tiene la sensación de pertenecer a ese ambiente sintético o interactuar con él”[9]

Corrado Padila Érica

“Realidad Virtual: gráficos 3D en entornos inmersivos que usan I/O artefactos como guantes, cascos, etc. en busca de mayores grados de iteración con el ambiente virtual”[10]

Lozano Miguel, Calderón

Realidad Virtual es una forma en que los seres humanos puedan visualizar, manipular e interactuar con las computadoras y datos extremadamente complejos”.[11]

Isdale, Jerry

“Un sistema interactivo capaz de crear una simulación que implique a varios de los sentidos del ser humano, generados por una computadora, explorable, visualizable y manipulable en tiempo real; este bajo la forma de imágenes y sonidos, estos, dando la sensación de presencia en el entorno generado”[12]

Levis, Diego

Esta última ha sido la definición que se ha tomado para el desarrollo del proyecto del trabajo terminal, asimismo se puede concluir que todos los autores coinciden en que la realidad virtual es un

un mundo simulado en el que el usuario puede interactuar en tiempo real por medio de dispositivos o computadoras que logran un efecto artificial e inmersivo en el que se pueden manipular objetos.

1.8.2. Producto Multimedia

Los productos multimedia se pueden clasificar en dos categorías: productos interactivos y no interactivos. Los productos no interactivos también se pueden clasificar en productos estáticos como carteles, logotipos, folletos, modelos estáticos 3D, etc., y productos basados en el tiempo. [13, 14].

Los productos multimedia interactivos son aplicaciones de software que contienen productos multimedia [15] (es decir, aplicaciones basadas en eventos como juegos, aplicaciones web basadas en multimedia y materiales de aprendizaje multimedia basados en interactividad). La figura 1.3 a continuación ilustra los tipos de productos multimedia.

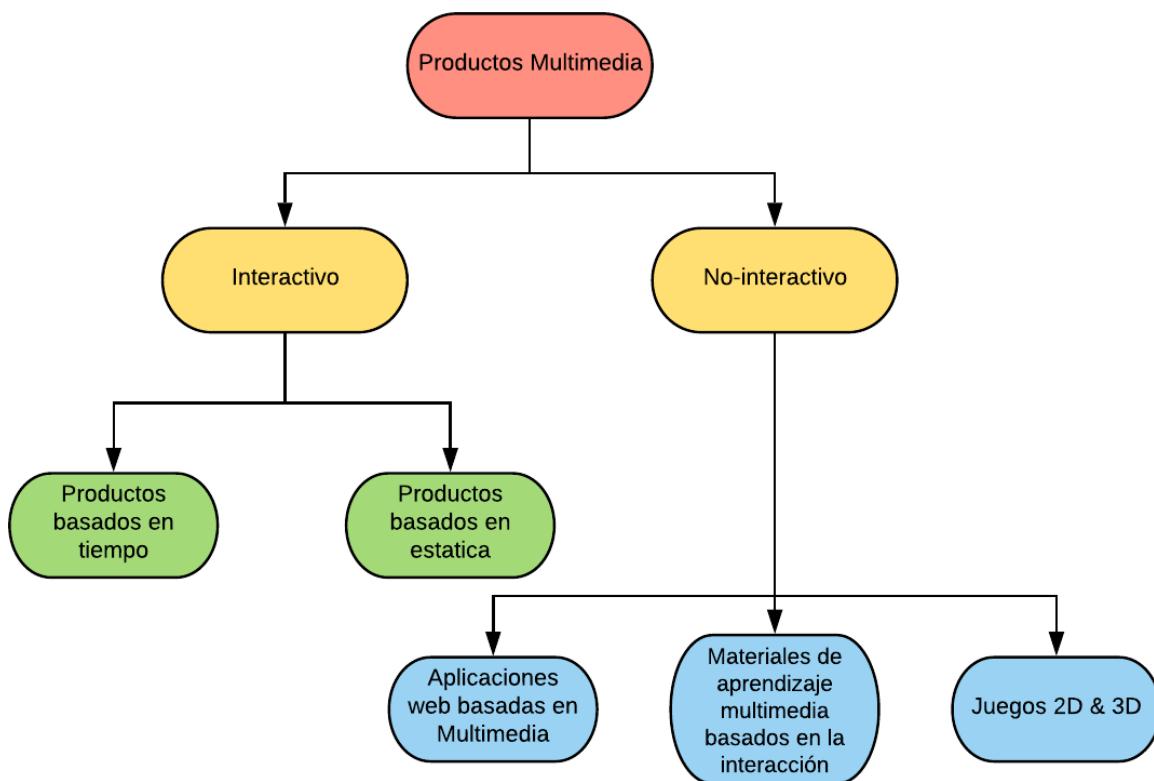


Figura 1.3: Tipos de productos multimedia

Un sistema multimedia se puede analizar desde tres puntos:

- La vista externa. La forma en que el usuario interactúa con el producto.
- Flujo de acciones. El orden en que se muestran los marcos de los modelos a los usuarios. [16, 17].
- Los roles de los usuarios. La interacción con productos multimedia.

El cuadro 1.1 resume los tipos de productos multimedia y sus características.

Tipos de productos multimedia	Características Multimedia		
	Vista	Flujo	Roles de los Usuarios
Productos estáticos	Externa Un cuadro	de acciones Sin acciones	Pasivo (ver/leer)
Productos basados en tiempo	Múltiples cuadros	Secuencia	Pasivo(mirar)
Productos interactivos	Impulsado por eventos	Secuencia, Selectiva, Interactiva e Impulsada por eventos	Activo(Realiza eventos)

Cuadro 1.1: Características de los productos multimedia.

Para este trabajo, el sistema que se propone es una producto interactivo.

1.9. Estado del Arte

A continuación se muestran algunos de trabajos académicos desarrollados en México y fueron comparados con el trabajo planeado. Como comparativa y de forma ilustrativa del sector académico.

1. TT No. 2014-A058 “Sistema para la orientación de los efectos sobre la espalda humana en pacientes con sobrepeso” [18]
2. TT No. 2012-B055 “Laboratorio Virtual del cuerpo humano 3D con asistente de ayuda en línea para el nivel superior bajo el paradigma de Educación Basada en Web con tecnologías de Web Semántica” [19]
3. TT No. 2014-B035 “Simulación en Tercera Dimensión del Sistema Circulatorio de los Cáñidos para el uso Educativo” [20]
4. TT No. 2014-B039 “Simulación de una Línea del Metro con Realidad Virtual” [21]
5. Tesis que para optar por el grado de Maestro en Ciencia e Ingeniería de la Computación, Sistema de seguimiento de movimiento de las extremidades superiores basado en sensores iniciales para rehabilitación en realidad virtual. [22]
6. Adecuación educativa de la realidad virtual como herramienta didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje / tesis que para obtener el título de Licenciado en Pedagogía, presenta María de la O García Noriega; asesor Lucina Moreno Valle Suárez. [23]

Así mismo se ha encontrado software propietario desarrollado por empresas privadas los cuales son los siguientes.

- The Body VR: Anatomy Viewer es la única herramienta de visualización de Realidad Virtual disponible en el mercado que se basa en datos médicos específicos del paciente (por ejemplo, MRI, CT, PET) y cumple con los estándares DICOM. Proporciona simulaciones de R.V. anatómicas

en tiempo real para visualizar diagnósticos médicos, ilustrar el impacto de los procedimientos y tratamientos, y crear una toma de decisiones más educada.



Figura 1.4: Software “The Body VR” en uso.

- Anatomyou VR: Estructuras anatómicas fotorrealistas, modeladas en colaboración con RenderArea, validadas por expertos clínicos y certificadas por personal capacitado en Tecnologías Médicas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Figura 1.5: Pancarta promocional de “Anatomyou VR”

- Biodigital Anatomy: El cuerpo tridimensional más completo, científicamente preciso e interactivo jamás ensamblado. Anatomía masculina y femenina, en los detalles básicos (gratuitos) y profesionales. Cada sistema está completamente segmentado, etiquetado y direccionable para una fácil configuración que satisface cualquier necesidad educativa.

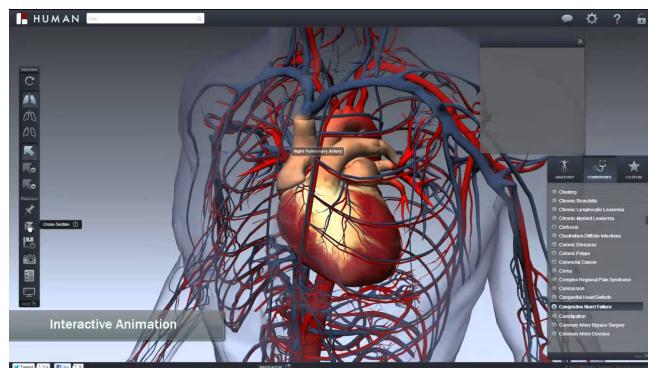


Figura 1.6: Interfaz del software de Biodigital Anatomy

- 3D Organon VR Anatom: 3D Organon es un completo atlas anatómico que presenta los 15 sistemas del cuerpo humano. Incluye más de 4,000 estructuras y órganos anatómicos realistas y más de 160 correlaciones clínicas encontradas por sistema del cuerpo.



Figura 1.7: Interfaz del software de 3D organon VR Anatom

1.10. Metodologías

Se siguió como modelo de desarrollo a la metodología OpenUp [24], que está basada en RUP. OpenUP es extensible y se usó como base, ya que se adaptó al desarrollo de este proyecto. La figura 1.8 muestra el ciclo de vida iterativo de OpenUP.

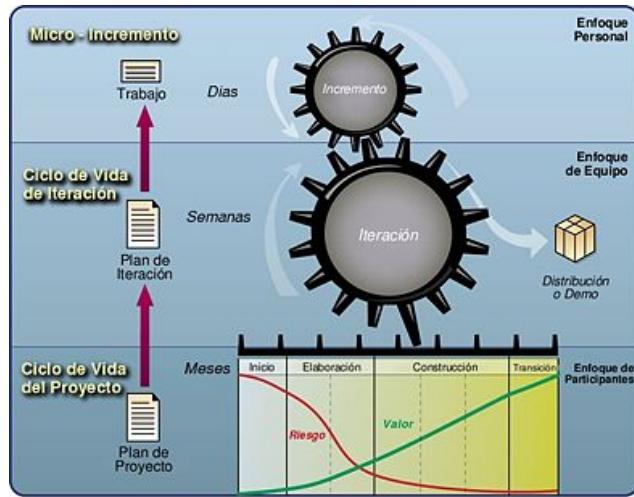


Figura 1.8: Ciclo de Vida Iterativo de OpenUP

OpenUP está organizado en contenido y proceso, con cuatro fases concepción o creación del proyecto, preparación o elaboración detallada del proyecto, construcción y transición.

Además también se consideró la Metodología de ingeniería de software multimedia que tiene como fases, requisitos y preproducción, diseño y producción, validación y Postproducción y evolución, como se puede ver en la figura 1.9

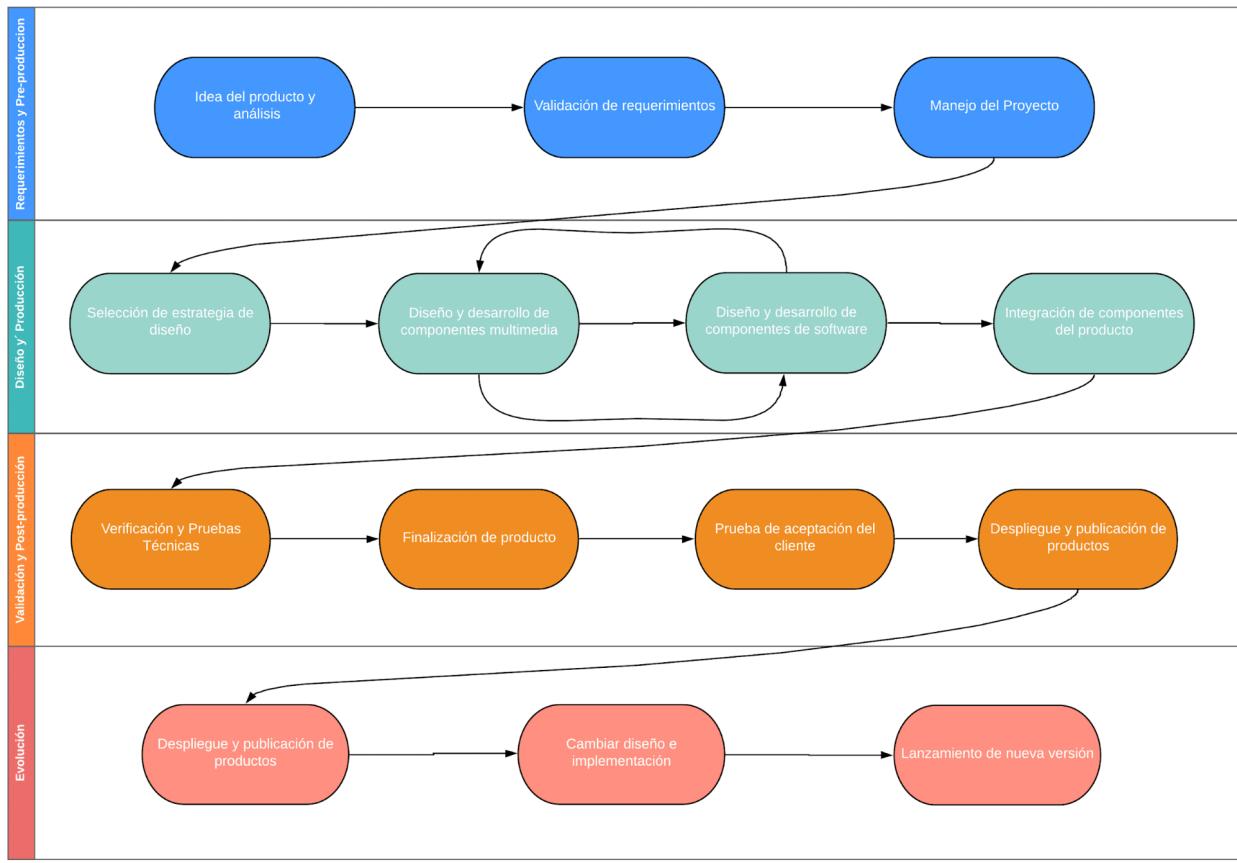


Figura 1.9: Fases de la Metodología de ingeniería de software multimedia

También se tomó como referencia a Git-flow^[24] que es un modelo de ramificación que consiste en separar cada característica en su propia rama de desarrollo. Se utiliza una versión simplificada del modelo^[25] compuesta por tres tipos principales de ramas.

- **master:** El código fuente refleja un estado listo para producción.
- **develop:** La última entrega con cambios de desarrollo.
- **feature:** Nuevas características para el próximo lanzamiento.

Otros factores a considerar son que tomando en cuenta el libro Análisis Estructurado Moderno de Edward Yourdon “debe usarse cualquier modelo que se adapte a la situación en la que se encuentra.”^[26]. Aunque la metodología de ingeniería de software multimedia no propone un diagrama específico como modelo gráfico para la visualización del proceso general de la realización del sistema de forma general, para este trabajo se considera apropiado emplear diagramas adicionales a manera de tener una mejor visión del proyecto.

- **Diagramas de Flujo de Datos:** Estos nos permiten comprender cómo se mueven y procesan los datos en el sistema, visualizando el sistema como una red de procesos.
- **Diagramas de Flujo.** Describe gráficamente la lógica de un procedimiento específico.

Capítulo 2

Análisis

2.1. Sistema operativo y plataforma de desarrollo

EL cuadro 2.1 es la comparativa de las plataformas que se analizaron para la elaboración del trabajo terminal.

Descripción	Software	Plataforma Windows		Operatividad
		Costo		
Sistema Operativo	Windows 10 Pro	MXN\$5,199.00		Ideal para pequeñas empresas o usuarios que necesiten una funcionalidad mejorada.
Sistema Operativo	Windows 10 Home	MXN\$3,599.00		Ideal para uso personal o doméstico.
Sistema Operativo	Windows 10 Pro para Workstations	MXN\$7,899.00		Ideal para los usuarios avanzados y pequeñas empresas que buscan funcionalidad mejorada con la capacidad de calcular cargas de trabajo intensivas.
Sistema Operativo	Windows Server 2019	MXN\$10,814.69		Sistema operativo que une los entornos on-premises con Azure y agrega capas adicionales de seguridad a la vez que te ayuda a modernizar tus aplicaciones e infraestructura.

Cuadro 2.1: Sistemas operativos de plataforma Windows

El cuadro 2.2 muestra la comparativa de las plataformas de desarrollo que se analizaron para la elaboración del trabajo terminal.

Plataforma de desarrollo			
Descripción	Software	Costo	Operatividad
Motor de Desarrollo	Unity Free	Gratis	Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, Mac OS, Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas
Motor de Desarrollo	Unreal Engine 4	Gratis	Unreal Engine es un motor de juego creado por la compañía Epic Games, mostrado inicialmente en el shooter en primera persona Unreal en 1998. Aunque se desarrolló principalmente para los shooters en primera persona, se ha utilizado con éxito en una variedad de otros géneros.

Cuadro 2.2: Plataforma de desarrollo.

Tomando en cuenta la infraestructura que posee la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional, específicamente el Departamento de Computación se optó por usar el sistema operativo Windows 10 Pro y Unity ®.

2.2. Hardware

De acuerdo a las especificaciones del software seleccionado se recomienda usar:

- Tarjeta Gráfica: NVIDIA GTX 1060 / AMD Radeon RX 480 o mejor
- Tarjeta Gráfica Alternativa: NVIDIA GTX 970 / AMD Radeon R9 290 o mejor

- CPU: Intel i5-4590 / AMD Ryzen 5 1500X o mejor
- Memoria: 8GB+ RAM
- Salida de Video: Compatible HDMI 1.3 video output
- USB puertos: 3x USB 3.0 y 1x USB 2.0

Y en caso de no contar con estos elementos, el mínimo es:

- Tarjeta Gráfica: NVIDIA GTX 1050Ti / AMD Radeon RX 470 o mejor
- Tarjeta Gráfica Alternativa: NVIDIA GTX 960 / AMD Radeon R9 290 o mejor
- CPU: Intel i3-6100 / AMD Ryzen 3 1200, FX4350 o mejor
- Memoria: 8GB+ RAM
- Salida de Video: Compatible HDMI 1.3 video output
- Puertos USB: 1x USB 3.0 y 2x USB 2.0

2.3. Viabilidad

También se analizó la factibilidad del proyecto en general. Desde el punto de vista técnico se realizó una evaluación de la tecnología actual existente y la posibilidad de utilizarla en el desarrollo del sistema. Además de DirectX versión 11 el cuadro 2.3 muestra los recursos técnicos necesarios para la ejecución correcta del software:

Cantidad	Recursos	Características
1	Computadora Personal de Escritorio	Tarjeta gráfica discreta, RX480 Memoria RAM 16 Gb 5 Puertos USB Procesador de 4 núcleos o mayor
1	Sistema de realidad Virtual Oculus Rift	Visor HMD, controles Touch Sensores Touch.

Cuadro 2.3: Recursos Técnicos.

Económicamente, se determinaron los recursos para desarrollar el sistema así como la comparativa con el uso de cuerpos para su examinación y estudio. Después de un análisis e investigación de los costos con la dirección del Área de Morfología en la Escuela Superior de Medicina bajo la asesoría del Dr. Macias Rios se determinó que el costo que se tiene para el traslado, mantenimiento, uso e inhumación de los cuerpos es de \$40,000.00 c/u, como se ve en el cuadro 2.4.

Costo de uso de cuerpos.	
Traslado, mantenimiento, uso e inhumación	\$40,000.00 c/u
Total	\$40,000.00 c/u

Cuadro 2.4: Costo de cálculo de uso de cuerpos.

En el caso del desarrollo e implementación del proyecto se consideró la depreciación, como se observa en el cuadro 2.5.

Depreciaciones del Proyecto								
Equipos de Cómputo				Depreciación				
Cantidad	Equipos	Monto original de Inversión	Valor actual del equipo	Valor a depreciar	% anual	% mensual	Depresión mensual	Depreciación anual
1	Computadora de escritorio armada	\$25,054.63	\$20,000.00	\$5,054.63	33.33 %	2.78 %	\$ 140.52	\$ 1,545.72
1	Laptop HP	\$9,999.00	\$6,999.00	\$3,000.00	33.33 %	2.78 %	\$ 83.40	\$ 917.40
				Total:		\$ 2,463.12		

Cuadro 2.5: Depreciaciones del proyecto.

Para ofrecer una experiencia aceptable al momento del uso del equipo de Realidad Virtual y el software se proponen los elementos del cuadro ???. Pendiente tabla costos

Además, el sistema de Realidad Virtual con sus componentes tiene un costo que se muestra en el cuadro 2.6.

Sistema de Realidad Virtual	
Producto	Producto
Visor Oculus Rift	Incluido en el paquete
Controles Touch Oculus x 2	Incluido en el paquete
Sensores Oculus x 2	Incluido en el paquete
Anexos	Incluido en el paquete
Total:	\$ 8,821.74

Cuadro 2.6: Costos y contenido del sistema de Realidad Virtual.

Se estimaron los sueldos de programador y modelado, como se observa en la tabla 2.7.

Sueldos				
Puesto	Sueldo Mensual individual	Cantidad de personal	Sueldos mensuales totales	6 meses
Programador	\$25,296.00	1	\$25,296.00	\$151,776.00
Modelador 3D	\$25,296.00	1	\$25,296.00	\$151,776.00
Total				\$303,522.00

Cuadro 2.7: Cálculo de Sueldos.

Servicios		
Concepto	Mensual	11 Meses
Luz (kw Consumidos por costo Unitario)	\$430	\$4,730
Agua (Lt consumidos por costo unitario)	\$200	\$2,200
Teléfono e Internet (renta mensual fija)	\$ 450	\$4,850
	Total:	\$11,780

Cuadro 2.8: Cálculo de Costo por Servicios.

Los servicios estimados se muestran en el cuadro 2.8 y en el cuadro ?? se muestra la suma total y como resultado se obtiene el costo total del proyecto, que se estima en: \$326,316.86.

Costos del Proyecto	
Concepto	Costo
Servicios	\$ 11,780
Sueldos	\$303,522.00
Depreciaciones	\$2,463.12
Equipo extra.	\$ 8,821.74
Total	\$ 326,316.86

Cuadro 2.9: Costos finales del proyecto

En resumen, el costo de usar nueve cuerpos sería de \$360,000.00 y el del proyecto de \$326,318.00, con lo cual se puede considerar viable económicoamente.

2.4. Análisis de la plataforma Unity ®

Unity ® es un motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma desarrollado por Unity ® Technologies. Con él se pueden crear videojuegos, simuladores, software de realidad virtual y aumentada. Puede generar código para computadoras de escritorio, portátiles, consolas de videojuegos, Smart TV y otros dispositivos móviles. Ofrece una API de scripting en C#. En la figura 8 se puede ver el entorno en general.

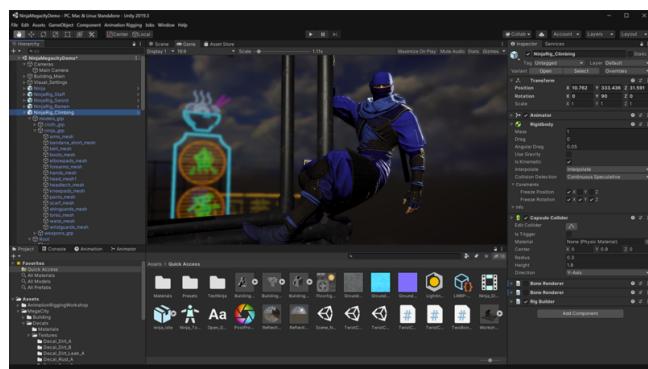


Figura 2.1: Interfaz de trabajo de Unity ®3D en 2020 [27]

2.5. Sistema de Seguimiento

Cada dispositivo rastreador tiene una “constelación” predefinida de LED infrarrojos ocultos debajo del plástico externo, que puede ver resaltado en la figura 9. La luz IR es invisible para el ojo humano.



Figura 2.2: Muestra de el diseño de la “constelación” incluida en el Oculus Rift ®

Los sensores, que son esencialmente cámaras con filtros para ver sólo la luz IR, envían cuadros a la PC del usuario a través de un cable USB a 60 Hz. La PC procesa cada cuadro, identificando la posición de cada LED IR y, por lo tanto, la posición relativa de cada objeto.

El software puede reconocer fácilmente qué LED está viendo porque conoce la forma de la “constelación”, recuerda dónde estaba el objeto en el cuadro anterior y conoce su dirección de aceleración (desde el acelerómetro) y su rotación (desde giroscopio). Cada LED IR también parpadea a una frecuencia específica para identificarse.

Estas innovaciones le provieron a “Constellation” de una ventaja sobre los sistemas de seguimiento anteriores.



Figura 2.3: Visor Oculus Rift ®, controles Oculus Touch ® y sensores Oculus Sensor ®

Para admitir el movimiento rápido, los auriculares Rift y los controladores táctiles se comunican de forma inalámbrica con un chip inalámbrico en el sensor cada vez que están a punto de pulsar sus LED. Esto permite que el obturador de la cámara se dispare exactamente como lo hacen los LED, y permite que la exposición sea corta.

2.6. Análisis de Información médica

El cuerpo humano es una estructura compleja y altamente organizada, formada por células que trabajan juntas para realizar funciones específicas necesarias para mantener la vida.[\[28\]](#).

La biología del cuerpo humano incluye:

- Fisiología (cómo funciona el cuerpo)
- Anatomía (cómo se estructura el cuerpo)

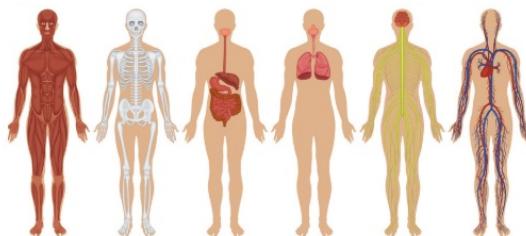


Figura 2.4: Gráfico ejemplificando los sistemas del cuerpo humano.[\[29\]](#)

2.6.1. Cavidad abdominal

Para el desarrollo del trabajo terminal interesa la cavidad abdominal, que es el espacio corporal que ocupa la región del abdomen, ubicada entre el diafragma y la abertura de la pelvis. Es la cavidad más grande del cuerpo humano y contiene los principales órganos del aparato digestivo, urinario y genital.

Para su estudio y evaluación clínica en el campo de la medicina, el abdomen debe ser dividido topográficamente de forma externa en 9 cuadrantes o regiones, utilizando cuatro líneas trazadas imaginariamente, dos verticales y dos horizontales.[\[30\]](#)

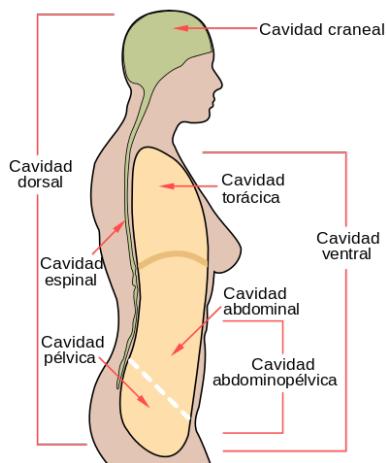


Figura 2.5: Diagrama que muestra las diferentes cavidades del cuerpo humano.

A continuación se muestra una representación del sistema digestivo, está contiene la información de cuáles son los órganos y elementos que lo conforman, estos serán varios ya que se han tomado como guía, estos elegidos mediante a una entrevista de estudiantes de medicina como material que se ha utilizado para el estudio del cuerpo humano, para la realización de modelos en 3D, asimismo, ejemplifica el material que dispone pero no limitado a el alumnado para el estudio del sistema en cuestión.

Aunado a esto se incorporan la mayoría de los elementos del sistema digestivo los cuales se encuentran en la cavidad abdominal estos expuestos por autores de los diferentes materiales en los cuales, pero no limitados a estos, se realizó la investigación del sistema.



Figura 2.6: Órganos digestivos in situ (El epiplón mayor ha sido parcialmente eliminado o reflejado) [31]

1. Hígado
2. Estómago
3. Colon transverso
4. Intestino delgado
5. Ciego con apéndice vermiciforme

Para efectos de este Trabajo Terminal solamente se desarrolló el sistema digestivo, ubicado en la cavidad abdominal, para su interacción mediante realidad virtual con el mismo.

2.6.2. Sistema Digestivo

El tubo digestivo se compone de diferentes secciones: boca, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano. Cada una de estas estructuras tiene elementos en común y algunos otros que las diferencian entre ellas.[32]

Cabe mencionar que el sistema digestivo también incluye órganos situados fuera del tubo digestivo los cuales son, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar. Para los efectos del trabajo terminal el sistema digestivo será resumido en los elementos contenidos en la siguiente lista:[33].

- Glándulas Salivales
- Cavidad Oral
- Faringe
- Esófago
- Estómago
- Intestino Delgado
 - Hígado
 - Páncreas
 - Vesícula Biliar
- Intestino Grueso
- Ano

2.7. Casos de Uso

El planteamiento de casos de uso en un sistema no tradicional como este puede generar dificultades al momento de expresar cuál es la actividad que podrá realizar el actor, ya que las posibilidades son virtualmente infinitas sólo limitadas por las acciones del sistema mismo, pero se pueden denotar en acciones específicas que queremos que el usuario pueda realizar en el sistema.

Ahora bien en la figura 2.7 se muestran los casos de uso que dan parte a el uso del software y las posibilidades generales de interacción en un software de Realidad Virtual. Aunque las interacciones pueden ser prácticamente infinitas estas se ven limitadas hasta cierto punto por las capacidades integradas dentro del software, más adelante se describirán las interacciones con los modelos 3D de los sistemas elegidos, en este caso el sistema de realidad virtual.

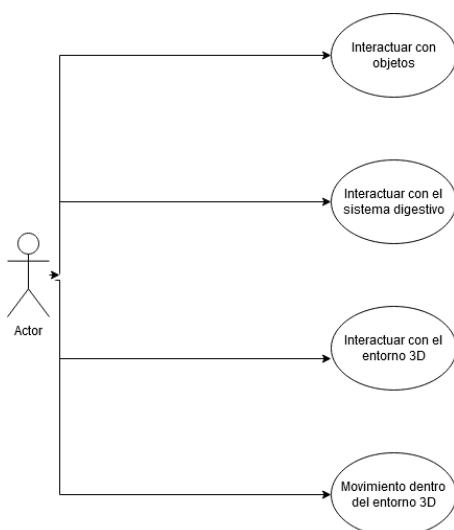


Figura 2.7: Diagrama de casos de uso del sistema

2.8. Complicaciones del desarrollo sin metodología

El proyecto comenzó su desarrollo sin tomar en cuenta la metodología de desarrollo Open UP, lo cual detonó en que el trabajo se viera mermado en cuanto a su documentación y desarrollo.

El desarrollo de un sistema mediante Open UP puede ser una herramienta poderosa para el desarrollo de software ya que dentro de ella se desarrollan micro incrementos en el desarrollo del software y además cumple con los principios del Manifiesto Ágil[34].

La problemática surge cuando se intenta implementar en un proyecto de software diferente al cual usualmente se desarrolla, por ejemplo un Sistema de Calendarización de Trabajos terminales o un Generador de Páginas Web, difiere en cuanto a su desarrollo ya que se usan herramientas y elementos diferentes, tales como el desarrollo en el motor Unity ®, el diseño de los modelos 3D y el uso de elementos propietarios de Oculus ® dificultan la tarea de documentación y desarrollo bajo lineamientos por más ligeros que sean debido a la naturaleza del proyecto.

Es por eso que se buscó como alternativa una metodología que tome en cuenta las características inherentes de un software que su núcleo está arraigado a la realidad virtual haciéndolo un software multimedia.

Debido al cambio de enfoque de desarrollo de la metodología las tareas de reingeniería son suplementadas por más tiempo de desarrollo y refinamiento de los elementos anteriores a estos dentro del cronograma de actividades.

Capítulo 3

Diseño

En este capítulo se desarrolla los apartados dedicados a la planeación del trabajo a realizar, comenzando con el diseño utilizando elementos de la metodología de Metodología de ingeniería de software multimedia y los elementos de apoyo de la metodología estructurada de Yourdon cuando estos sean necesarios para ejemplificar diseño o acciones específicas del software.

3.1. Selección de estrategia de diseño

Con respecto a la realidad virtual, una de las cosas básicas a considerar es la forma en que nuestros sentidos sirven como la entrada que nuestro cerebro utiliza para construir una comprensión del mundo que nos rodea. La vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto son el conjunto de estímulo externo más ampliamente aceptado que percibe el cuerpo humano.

Estos sentidos y nuestras reacciones a ellos son el resultado de milenios de selección natural y hay varias consecuencias de esto incorporadas en nuestro instinto. Todo esto es un conocimiento relativamente común y parece que no es necesario reiterar aquí, pero lo importante es afirmar que nosotros, como humanos, tenemos ciertos resultados predecibles basados en ciertos conjuntos de entradas. Esencialmente, es instinto, naturaleza humana.

Un sitio web bien diseñado utilizará de manera similar el color, la distancia y la tipografía para comunicar claramente un propósito y, a menudo, persuadir algún tipo de acción.

Para que todo esto sea efectivo, se deben implementar y descubrir principios de diseño razonables. Existen varios principios para el diseño que pueden traducirse de otros medios. El diseño de impresión, el diseño web, la arquitectura, el diseño de interiores, el teatro, los gráficos en movimiento, etc., tienen elementos que pueden considerarse relevantes y adoptados.[36]

Al mismo tiempo, el medio de la realidad virtual como propiedades, como la capacidad de intersección del contenido, son únicas.

Es por esto que el diseño de un sistema de realidad virtual presenta retos los cuales son difíciles de sobrellevar ya que se tiene que crear una experiencia para el usuario en el sistema mismo lo cual conlleva a la selección de una estrategia de diseño centrada en la UX del usuario.

3.2. Requisitos para el desarrollo de software para proveer una experiencia de realidad virtual optima.

3.2.1. Los cuatro núcleos del diseño UX para RV

Se tomaron en cuenta dos consideraciones centrales para el diseño de experiencias de realidad virtual:

Bibliografía

- [1] P. Moore, “Learning and teaching in virtual worlds: Implications of virtual reality for education,” *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 11, no. 2, 1995.
- [2] P. Norton, “Integrating technology in schools: A cohort process for graduate level inquiry,” *Journal of Information Technology for Teacher Education*, vol. 3, no. 2, pp. 163–174, 1994.
- [3] Statista, *Global augmented/virtual reality market size 2016-2023*, 2019 (accessed February 3, 2014). <https://www.statista.com/statistics/591181/global-augmented-virtual-reality-market-size/>.
- [4] Statista, *Unlock Insights About Virtual Reality Early Adopters*, 2019 (accessed February 3, 2014). <http://innovation.nielsen.com/virtual-reality-infographic>.
- [5] Ericsson, *En 2020 un tercio de los consumidores seran usuarios de Realidad Virtual*, 2019 (accessed March 3, 2020). <https://www.ericsson.com/es/press-releases/2017/10/en-2020-un-tercio-de-los-consumidores-seran-usuarios-de-realidad-virtual>.
- [6] R. Fernández, *Usuarios Mundiales De Realidad Virtual 2015-2018*, 2019 (accessed April 1, 2020). <https://es.statista.com/estadisticas/599951/numero-de-usuarios-de-realidad-virtual-en-el-mundo/>.
- [7] J. J. Guzman Camacho, *Oficio DAE/3443/18 Folio: 5097, 2018*, 2018.
- [8] n.d., *Perfil De Ingreso - Escuela Superior De Medicina*. <https://www.esm.ipn.mx/oferta-educativa/ver-carrera.html/>.
- [9] C. P. Érica, *Tecnologías de Realidad Virtual*, 2001 (accessed March 05, 2020). <http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/realvirtual/Part2.html>.
- [10] L. M. Calderón, *ntornos virtuales 3D clásicos e inteligentes: hacia un nuevo marco de simulación para aplicaciones gráficas 3D interactivas.*, 2003 (accessed March 05, 2020). <http://www.uv.es/agentes/publicaciones/aepia>
- [11] J. Isdale, *What Is Virtual Reality?*, 2008 (accessed February 20, 2020). <http://vr.isdale.com/WhatIsVR.html>.
- [12] L. Diego, *¿Qué es la realidad virtual?*, 2006. <http://www.uv.es/agentes/publicaciones/aepia>
- [13] G. ENGELS and S. SAUER, “Object-oriented modeling of multimedia applications,” in *Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering: Volume II: Emerging Technologies*, pp. 21–52, World Scientific, 2002.

- [14] S. Sauer and G. Engels, "Uml-based behavior specification of interactive multimedia applications," in *Proceedings IEEE Symposia on Human-Centric Computing Languages and Environments (Cat. No. 01TH8587)*, pp. 248–255, IEEE, 2001.
- [15] A. G. Miranda, *Diseño funcional y de la interactividad de productos multimedia. ARGN0110*. IC Editorial, 2017.
- [16] S. Aleem, L. F. Capretz, and F. Ahmed, "Game development software engineering process life cycle: a systematic review," *Journal of Software Engineering Research and Development*, vol. 4, no. 1, p. 6, 2016.
- [17] S. R. Cartwright, *Pre-production planning for video, film, and multimedia*. Taylor & Francis, 1996.
- [18] C. D. E. A. de Jesús, *Sistema para la orientación de los efectos sobre la espalda humana en pacientes con sobrepeso*. Instituto Politecnico Nacional, 2017.
- [19] P. C. T. D. Lobato Ruiz Gabriel, Luna Valverde Daniel, *Laboratorio virtual del cuerpo humano 3D con asistente de ayuda en línea para el nivel medio superior bajo el paradigma de educación basada en web con tecnologías de web semántica*. Instituto Politecnico Nacional, 2017.
- [20] V. M. J. A. Arroyo Figueroa Ignacio Jair, Borja Araiza Arturo, *Simulación en tercera dimensión del sistema circulatorio de los cánidos para el uso educativo*. Instituto Politecnico Nacional, 2017.
- [21] M. C. G. Raquel, *Simulación de una línea del Metro con realidad virtual*. Instituto Politecnico Nacional, 2017.
- [22] G. V. D. Samuel, "Sistema de seguimiento de movimiento de las extremidades superiores basado en sensores iniciales para rehabilitación en realidad virtual," *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2020.
- [23] G. N. M. de la O sustentante, *Adecuación educativa de la realidad virtual como herramienta didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje*. Universidad Panamericana (Mexico). Facultad de Pedagogía, 1998.
- [24] V. Driessen, "A successful git branching model," URL <http://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model>, 2010.
- [25] S. Krusche and L. Alperowitz, "Introduction of continuous delivery in multi-customer project courses," in *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pp. 335–343, 2014.
- [26] Y. Edward, "Modern structured analysis," *Edward Yourdon Englewood: Prentice-Hall International*, vol. 4, 1989.
- [27] "Unity (game engine) — wikipedia, the free encyclopedia," 2020. [Online; accessed 29-September-2012].
- [28] A. Villa-Forte, *Introducción al cuerpo humano - Fundamentos - Manual MSD versión para público general*, 2017. <https://www.msdmanuals.com/es-mx/hogar/fundamentos/el-cuerpo-humano/introducci>
- [29] n/d, *Sistemas del cuerpo humano — BIOPEDIA*., 2018. <https://www.biopedia.com/sistemas-del-cuerpo-humano/>.

- [30] R. De Azevedo Guaura, *Cavidad Abdominal: Anatomía Y Órganos, Funciones*, 2018. <https://www.lifeder.com/cavidad-abdominal>.
- [31] J. W. Rohen, C. Yokochi, and E. Lutjen-Drecoll, “Anatomy: A photographic atlas,” p. 300, 2018.
- [32] H. Rouvière and A. Delmas, *Anatomía humana*. Masson, SA, 2005.
- [33] J. W. Rohen, C. Yokochi, and E. Luutjen-Drecoll, “Anatomy: A photographic atlas,” p. 73, 2018.
- [34] K. Beck, M. Beedle, A. Van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, *et al.*, “Manifesto for agile software development,” 2001.

Apéndices