

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**  
**FACULTAD DE MEDICINA Y CIRUGÍA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN LA CARRERA DE MEDICINA Y CIRUGÍA.**

**Título de la investigación: Análisis de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía.**

**Nombre de las estudiantes:**

Briana Ramírez Ramírez

Priscila Villalobos Jiménez

**Tutora:**

Verónica Sandoval Espinoza

Sede San José

Agosto 2024.

## I. Resumen

La investigación cualitativa se centra en explorar en profundidad las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía en la Universidad Internacional de las Américas. El objetivo principal es comprender cómo esta tecnología puede impactar la formación de los estudiantes de medicina y cirugía, así como identificar estrategias efectivas para su integración en el ámbito académico.

En la enseñanza médica, estrategias como el método de casos, el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje colaborativo han demostrado ser fundamentales para fomentar el pensamiento crítico y preparar a los estudiantes para situaciones clínicas y quirúrgicas reales. Estas estrategias promueven un aprendizaje activo y significativo, lo que resulta esencial para la formación de profesionales de la salud competentes y capacitados.

En el contexto de la enseñanza médica, también se reconoce la importancia de integrar tecnologías avanzadas para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. La utilización de simuladores médicos de alta fidelidad y la realidad virtual proporciona oportunidades prácticas controladas que mejoran las habilidades clínicas de los estudiantes y les ofrecen una retroalimentación valiosa para mejorar su desempeño en entornos clínicos simulados.

Sin embargo, a pesar del avance tecnológico en la educación médica, existe una brecha significativa en cuanto al conocimiento y la aplicación práctica de la tecnología de impresión 3D en la enseñanza. Algunos docentes muestran un dominio en su uso y reconocen sus beneficios potenciales, pero otros carecen de experiencia y comprensión sobre cómo incorporar efectivamente esta herramienta en su enseñanza. Esta disparidad destaca la necesidad urgente de brindar capacitación y apoyo profesional a los educadores para optimizar el uso de tecnologías emergentes en el ámbito educativo.

Las implicaciones de la impresión 3D en la educación médica son diversas y significativas. Esta tecnología ofrece la capacidad de crear modelos anatómicos personalizados, réplicas de órganos y patologías específicas, así como herramientas para la planificación quirúrgica. Esto permite a los estudiantes visualizar y

manipular estructuras tridimensionales de manera tangible y práctica, mejorando su comprensión de conceptos complejos y facilitando el aprendizaje práctico.

La integración efectiva de la impresión 3D en la enseñanza de Medicina y Cirugía requiere la colaboración multidisciplinaria entre educadores, ingenieros biomédicos y profesionales de la salud. Además, es fundamental establecer alianzas estratégicas con instituciones o empresas especializadas en impresión 3D para acceder a recursos de alta calidad y apoyo técnico.

Desde esta perspectiva, la inclusión de la impresión 3D en la educación médica ofrece una oportunidad emocionante para mejorar la calidad y la efectividad de la formación de futuros profesionales de la salud. Sin embargo, es esencial abordar la brecha de conocimiento existente entre los docentes, y proporcionarles la capacitación y el apoyo necesarios para aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología y mejorar así la experiencia educativa de los estudiantes en el ámbito de la salud.

## II. Agradecimientos

Agradecemos enormemente a Dios que es el motor que nos ha impulsado a llegar hasta el lugar donde estamos.

A nuestro gran y principal apoyo, Alejandro Monge, sin su compañía, conocimientos, amabilidad, tolerancia y virtudes no hubiese sido posible. Gracias por orientarnos en todo momento y por sus aportes en todo este proceso, por sacar de su tiempo para estar para nosotras a lo largo de la realización de esta tesis.

Adrecemos a nuestra tutora Verónica Sandoval, quien nos acompañó durante estos meses.

Al Dr. Edgar Hernández Mora, gracias por apoyarnos e impulsarnos a trabajar en este tema y a solucionar todos los problemas e impedimentos que se presentaron al inicio de este proyecto.

A quienes nos colaboraron con la realización de este proyecto, formando parte de cada entrevista.

A nosotras mismas, las autoras de este proyecto, por estar juntas en todo momento y trabajar de la mano, y por tanta empatía que nos tuvimos siempre.

### **III. Dedicatoria**

#### **Priscila Villalobos Jiménez**

Le dedico el resultado de este proyecto a mi número uno, Dios. Como creyente sé que todo esto fue gracias a él, que siempre mantuvo mi fe intacta y que de muchas maneras me dijo que continuara.

A mi mamá y mi papá, que con solo existir me dieron la fuerza necesaria para mantenerme de pie, y si caía era fácil recordarlos y levantar mi frente una vez más.

A mi hermana que desde pequeña ha sido mi ejemplo a seguir, que ha estado para mí; creyendo, confiando y apoyándome.

A quien se convirtió en mi hermano de vida, Wilson, que me dio hogar, apoyo, paz, calma, consejos y estuvo para mí en todo este camino.

Al ser humano que más amo en este mundo, Layra.

Me dedico este proyecto. Desde pequeña supe que no hay nada imposible en este mundo, que cuando se quiere se puede.

Y sobre todo a cada paciente que me recuerda que vine a este mundo a hacer el bien.

#### **Briana Ramírez Ramírez**

Esta tesis se lo dedico primeramente a Dios que es el que siempre ha estado conmigo, me ha puesto a las personas correctas en el camino y me ha permitido llegar hasta esta recta final.

A mi abuelo el Dr. Alfredo Ramírez Montero, quien siempre me ha apoyado a lo largo de toda mi carrera, me ha brindado toda su ayuda en conocimientos médicos, siempre me ha impulsado a ser una buena doctora y mejor persona, me ha ayudado a entender y a amar la medicina, a tener solidaridad con la persona enferma y darle una atención médica de calidad.

A mi mamá y a mis hermanos Alfredo y Josué que siempre me han motivado a seguir adelante y me han enseñado a ser fuerte y luchar por lo que más quiero, que nada es imposible.

Me dedico esta investigación a mí, de manera que me recuerde que todo es posible, que a pesar de lo difícil que las cosas pueden llegar a ser muchas veces, siempre con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr, que los sueños siempre se cumplen.

## IV. Tabla de contenidos

<b>CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Introducción</b> .....	2
<b>1.2 Planteamiento del problema</b> .....	4
<b>1.3 Objetivos</b> .....	5
<b>1.3 1 Objetivo General</b> .....	5
<b>1.3 2 Objetivos específicos</b> .....	5
<b>1.4 Justificación</b> .....	6
<b>1.5 Antecedentes</b> .....	10
<b>1.5 1 Antecedentes históricos</b> .....	10
<b>1.5 2 Antecedentes internacionales</b> .....	12
<b>1.5 3 Antecedentes nacionales</b> .....	14
<b>CAPITULO II - MARCO TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1 Enseñanza de la medicina</b> .....	18
<b>2.1.1 Metodologías implementadas para la enseñanza de la medicina</b> .....	22
<b>2.1.1.1 Clase magistral o expositiva</b> .....	22
<b>2.1.1.2 Clases participativas</b> .....	23
<b>2.1.1.3 Clases demostrativas</b> .....	24
<b>2.1.1.4 Discusiones de caso</b> .....	25
<b>2.1.1.5 Clases prácticas</b> .....	26
<b>2.1.1.6 Nuevas tendencias</b> .....	27
<b>2.1.2 Enseñanza de la medicina en Costa Rica</b> .....	29
<b>2.1.3 Enseñanza de la medicina en la Universidad Internacional de las Américas</b> .....	31
<b>2.2 Factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes de medicina</b> .....	32

<b>2.3 Afectación de la enseñanza debido a la pandemia COVID-19.....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Nuevos métodos implementados para la enseñanza y el aprendizaje .....</b>	<b>36</b>
<b>2.5 La impresora 3D.....</b>	<b>38</b>
<b>2.6 Impresión 3D y funcionamiento.....</b>	<b>39</b>
<b>2.7 Historia de la impresora 3D .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8 Hechos destacables de la impresión en 3D .....</b>	<b>40</b>
<b>2.9 Tecnologías de impresión 3D.....</b>	<b>41</b>
<b>2.10 Proceso de producción en la impresión en 3D .....</b>	<b>45</b>
<b>2.10.1 Modelar la pieza usando un software CAD .....</b>	<b>45</b>
<b>2.10.2 Obtener la geometría mediante Ingeniería Inversa y escáneres 3D .....</b>	<b>46</b>
<b>2.10.3 Descargar el modelo de repositorios .....</b>	<b>46</b>
<b>2.10.4 Exportar y reparar el archivo STL.....</b>	<b>46</b>
<b>2.10.5 Test, orientación, distribución y G-Code .....</b>	<b>47</b>
<b>2.10.6 Impresión.....</b>	<b>47</b>
<b>2.10.7 Extracción de las piezas .....</b>	<b>47</b>
<b>2.10.8 Post-procesado .....</b>	<b>48</b>
<b>2.11 Ventajas de la impresión .....</b>	<b>50</b>
<b>2.11.1 Velocidad .....</b>	<b>50</b>
<b>2.10.2 Fabricación en un solo paso.....</b>	<b>50</b>
<b>2.11.3 Bajos costes.....</b>	<b>51</b>
<b>2.11.4 Mitigar riesgos .....</b>	<b>51</b>
<b>2.11.5 Uso al alcance de todos.....</b>	<b>51</b>
<b>2.11.6 Personalización. ....</b>	<b>51</b>
<b>2.11.7 Aplicación en diferentes industrias.....</b>	<b>51</b>
<b>2.12 Múltiples usos para la enseñanza en medicina .....</b>	<b>52</b>
<b>2.12.1 Escaneo y procesamiento de modelos .....</b>	<b>52</b>
<b>2.12.2 Aplicaciones en la educación y entrenamiento médico. ....</b>	<b>52</b>

2.12.3 Modelos anatómicos .....	53
2.12.4 Implantes .....	53
2.12.5 Prótesis.....	53
2.12.6 Sistema de liberación de fármacos .....	53
2.12.7 Ingeniería en tejidos .....	54
2.12.8 Fabricación de guías quirúrgicas .....	54
2.13 Anatomía de los órganos realizados .....	55
2.13.1 Un mini corazón bioimpresión en 3D .....	55
2.13.2 Una solución impresa en 3D para insuficiencia renal .....	55
2.13.3 Bioimpresión 3D de una córnea .....	56
2.10.4 Bioimpresión 3D de un ovario .....	56
2.13.5 Un mini hígado en 90 días.....	57
2.13.6 Bioimpresión de una oreja .....	57
2.13.7 Un páncreas bioimpresión para combatir la diabetes.....	58
2.13.8 La primera reconstrucción de nariz en 3D .....	59
2.14 Ortopedia y traumatología .....	59
2.15 Cáncer .....	64
2.16 Desventajas .....	68
2.17 Materiales de impresión .....	69
2.18 Impresión 3D y COVID-19.....	70
2.19 Empleos de impresión en 3D en distintas universidades. ....	73
2.19.1 Universidad Hasselt, Bélgica. ....	73
2.19.2 Hospital General Universitario Gregorio Marañón.....	74
2.19.3 Metodología con la impresión 3D doméstica en el centro.....	74
2.16.4 Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González. ....	81
2.16.5 Universidad Mayor de San Andrés.....	85
2.16.6 Hospital General de Valencia .....	87

2.16.7 Hospital Torrecárdenas de Almería .....	88
2.16.8 Universidad Nacional de Colombia .....	90
<b>CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>98</b>
<b>3.1. Enfoque metodológico.....</b>	<b>99</b>
<b>3.2. Tipo de investigación.....</b>	<b>101</b>
<b>3.3 Participantes del estudio.....</b>	<b>101</b>
<b>Medico de empresa en Psicomed servicios de salud. ....</b>	<b>103</b>
<b>3. 4 Fuentes de información.....</b>	<b>105</b>
3.4.1 Fuentes primarias.....	105
3.4.2 Fuentes secundarias.....	106
3.4.3 Fuentes terciarias.....	106
<b>3.5 Técnicas de recolección de datos.....</b>	<b>106</b>
3.5.1 Revisión documental .....	107
3.5.2 Entrevista a profundidad.....	107
<b>3.6 Tratamiento de la información .....</b>	<b>108</b>
<b>3.7 Categorías de análisis.....</b>	<b>109</b>
<b>CAPITULO IV – ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>111</b>
<b>4.1 Análisis del objetivo 1 describir las estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía.....</b>	<b>112</b>
<b>4.2 Análisis del objetivo 2 identificar los usos académicos de la impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud. ....</b>	<b>122</b>
<b>4.3 Análisis del objetivo 3 determinar las estrategias metodológicas y académicas con base en la impresión 3D aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y cirugía.....</b>	<b>128</b>
<b>CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>145</b>
<b>5.1 Conclusiones .....</b>	<b>147</b>
5.1.1 Conclusiones del primer objetivo.....	147

5.1.2 Conclusiones del segundo objetivo.....	148
5.1.3 Conclusiones del tercer objetivo.....	149
5.2 Recomendaciones .....	149
5.2.1 Recomendaciones con respecto al primer objetivo.....	149
5.2.2 Recomendaciones con respecto al segundo objetivo.....	150
5.2.3 Recomendaciones con respecto al tercer objetivo .....	151
<b>CAPITULO VI – PROPUESTA.....</b>	<b>152</b>
<b>PROPUESTA.....</b>	<b>153</b>
<b>Nombre de la propuesta.....</b>	<b>153</b>
<b>Problema .....</b>	<b>153</b>
<b>6.1.1 Justificación .....</b>	<b>154</b>
<b>6.2 Objetivos .....</b>	<b>155</b>
<b>6.2.1 Objetivo general: .....</b>	<b>155</b>
1. Desarrollar una propuesta de implementación para el uso de la impresión en 3D en la Universidad Internacional de las Américas. ....	155
<b>6.2.3 Objetivos específicos.....</b>	<b>155</b>
<b>6.2 Delimitación .....</b>	<b>156</b>
<b>6.3 Marco teórico.....</b>	<b>157</b>
<b>6.3.1 La impresora Tridimensional.....</b>	<b>157</b>
<b>6.3.2 Proceso de producción en la impresión en 3D .....</b>	<b>157</b>
<b>6.3.3 Empleos de impresión en 3D en distintas universidades .....</b>	<b>158</b>
<b>6.3.3.1 Universidad Hasselt, Bélgica. ....</b>	<b>158</b>
<b>6.3.3.2 Hospital General Universitario Gregorio Marañón.....</b>	<b>158</b>
<b>6.3.3.3 Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González. ....</b>	<b>159</b>
<b>6.3.3.4 Universidad Mayor de San Andrés .....</b>	<b>159</b>
<b>6.3.3.5 Universidad Nacional de Colombia .....</b>	<b>159</b>
<b>6.4 Etapas de la propuesta.....</b>	<b>160</b>

<b>6.5 Descripción detallada de los talleres.....</b>	<b>160</b>
<b>6.6 Cronograma de la propuesta.....</b>	<b>161</b>
<b>Instrumento de recolección de datos .....</b>	<b>163</b>
<b>Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González. ....</b>	<b>168</b>
<b>Figura 26. Modelo hemipélvico evidenciando fractura de acetábulo transverso con trazo en pared posterior incompleto .....</b>	<b>168</b>
<b>Fuente: imagen tomada de la referencia 62. ....</b>	<b>169</b>
<b>Universidad Nacional de Colombia .....</b>	<b>169</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>188</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Comparativa de tecnologías de impresión 3D .....	43
<b>Tabla 2.</b> Fases y métodos utilizados en la Universidad Mayor de San Andrés para la comparación de confiabilidad en biomodelos en 3D.....	85
<b>Tabla 3.</b> Parámetros usados para impresión con valores usados con asesoría de ingenieros expertos y pruebas preliminares.....	95
<b>Tabla 4.</b> Participantes del estudio .....	103
<b>Tabla 5.</b> Sistematización de las categorías de análisis.....	110
<b>Tabla 6.</b> Respuestas a preguntas 1 y 2 .....	129
<b>Tabla 7.</b> Respuestas a preguntas 1 y 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabla 8.</b> Respuestas a preguntas 7 a la 12.....	130

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Extracción.....	48
<b>Figura 2.</b> Proceso mecánico y baño para quitar las estructuras de soporte.....	49
<b>Figura 3</b> Modelos obtenidos por impresión 3D .....	52
<b>Figura 4</b> Bioimpresión 3D de una córnea .....	56
<b>Figura 5</b> <i>Bioimpresión de una oreja</i> .....	58
<b>Figura 6.</b> La primera reconstrucción de nariz en 3D .....	59
<b>Figura 7</b> A) Planificación preoperatoria. B) Premoldeado de placas. C) Ayuda intraoperatoria. D) Esterilizado para uso quirúrgico. E) Comunicación médico-paciente. F) Formación médica .....	61
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de órtesis de muñeca fabricada mediante impresión 3D. A) Renderizado virtual tras escaneado de superficie. B) Modelo CAD de órtesis personalizada C) Impresión 3D mediante tecnología FDM en material PLA. D) Correcta aplicación de la órtesis. ....	62
<b>Figura 9</b> A) Impresión de segmento L1-L2 donde se observa invasión de canal medular. B) Impresión completa de modelo 3D C) Modelo segmentado en parte superior e inferior y posterior a esterilización para uso transquirúrgico. ....	63
<b>Figura 10.</b> Prototipo 3D para simulación de prostatectomía radical .....	66
<b>Figura 11.</b> Impresión 3D para simular un trasplante renal de donante vivo.....	66
<b>Figura 12.</b> Modelo de la base del cráneo impreso en 3D para la realización de la cirugía del cordoma de Clivus .....	68
<b>Figura 13.</b> Mandíbula de titanio totalmente impresa en 3D .....	74
<b>Figura 14.</b> Modelos 3D de casos clínicos tratados en el centro.....	75
<b>Figura 15.</b> Modelos 3D como herramientas comunicativas, fractura de escápula, comunicación entre profesionales.....	75
<b>Figura 16.</b> Angiosarcoma pélvico, comunicación médico-paciente.....	76
<b>Figura 17.</b> Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Reconstrucción 3D: estudio de imagen TC. ....	76
<b>Figura 18.</b> Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Diseño de guías para osteotomías de resección. ....	77
<b>Figura 19.</b> Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Piezas impresas en 3D, premoldeado en material de síntesis	77
<b>Figura 20.</b> Planificación. b) Simulación. c) Ejecución. ....	78

<b>Figura 21.</b> Guías de posicionamiento para introducción de tornillos pediculares en espondilolistesis. A) Imagen preoperatoria. B) Intervención quirúrgica. c) Imagen postoperatoria.....	79
<b>Figura 22.</b> Navegación quirúrgica en angiosarcoma pélvico. a) Estudio PET-TC preoperatorio. b) Planificación y diseño de instrumental de posicionamiento. c) Simulación sobre piezas impresas. d) Intervención quirúrgica .....	79
<b>Figura 23.</b> Modelo anatómico y malla para reconstrucción de fractura de órbita izquierda.....	80
<b>Figura 24.</b> Modelo anatómico del cuerpo de un paciente con osteosarcoma en hemipelvis derecha. ....	80
<b>Figura 25.</b> Reconstrucción virtual y modelo anatómico de tórax con tumor intratorácico derecho.....	81
<b>Figura 26.</b> Modelo hemipélvico evidenciando fractura de acetábulo transverso con trazo en pared posterior incompleto.....	82
<b>Figura 27.</b> Modelo hemipélvico de fractura transversa de acetábulo post reducción anatómica. ....	83
<b>Figura 28.</b> Proyección anteroposterior de pelvis del postoperatorio inmediato .....	84
<b>Figura 29.</b> Prótesis mecánica elaborada en el Hospital Universitario .....	85
<b>Figura 30.</b> Modelo virtual terminado en formato STL listo para la exportación e impresión 3D.....	86
<b>Figura 31.</b> Biomodelo construido con tecnología de inyección aglutinante.....	87
<b>Figura 32..</b> Corte axial del icono panorámico.....	87
<b>Figura 33.</b> Impresión realizada en Hospital General de Valencia .....	88
<b>Figura 34.</b> Hospital Torrecárdenas de Almería.....	89
<b>Figura 35.</b> Modelos impresos para el desarrollo de una intervención quirúrgica en el Hospital Torrecárdenas de Almería .....	90
<b>Figura 36.</b> Proceso en 3D Slicer. A la izquierda se encuentra la serie de cortes disponibles en TC cara y cráneo y a la derecha se visualizan los planos axial, sagital y coronal en ventana ósea. ....	92
<b>Figura 37.</b> Imagen izquierda: Aplicación de herramienta “Paint”. Imagen derecha: Herramientas de edición en 3D Slicer. ....	93
<b>Figura 38.</b> Imágenes de tomografía computarizada obtenidas del hospital: análisis, edición y desarrollo de modelo 3D por la autora en software 3D Slicer. ....	93
<b>Figura 39.</b> Proceso de relleno y diseño de estructura de la cara ósea.....	94

<b>Figura 40.</b> Imagen en formato STL enviado a software impresora .....	94
<b>Figura 41.</b> Primer modelo impreso cara ósea .....	96
<b>Figura 42.</b> Mandíbula a escala real con accidentes óseos creada por Makerbot X2 .....	97

# **CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Introducción

Con el paso de los años, la educación superior se ha ido enfrentando a diversos cambios exigentes debido al desarrollo científico, técnico y social, imponiendo la necesidad de un proceso de aprendizaje y enseñanza mejorado con características nuevas en los principios de calidad, excelencia y pertinencia.

Según Cabrera et al.<sup>1</sup>, la UNESCO ofrece cuatro pilares esenciales para la enseñanza de la educación actual, las cuales consisten en aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser, todo esto debido a que la educación debe de abarcar cualquier tipo de exigencia cultural y autonomía dinámica de las personas que conforman una sociedad y que se encuentran en constante transformación.

Cada estudiante debe de tener la posibilidad de tener un pensamiento independiente y crítico que pueda elaborar un juicio propio, sin embargo, muchos docentes que son los principales encargados de la instrucción, deben cumplir con una preparación científica y metodológicamente adecuada para lograr una buena enseñanza. Pese a esto, muchas universidades no cumplen con estos requisitos y se sabe que muchas de las veces contratan a cualquier médico para impartir las clases sin haber llevado una adecuada preparación, lo cual a menudo es perjudicial para los estudiantes, ya que no emplean los métodos de estudio y aprendizaje adecuados, repiten de manera reiterada los contenidos impartidos en conferencias y no evidencian elaboración ni creatividad.

Según Matzumura et al.<sup>2</sup>, algunos instrumentos utilizados por los docentes como la autoevaluación, seguimiento, memoria o tutorización de trabajo son adecuados para valorar el trabajo grupal, pero puede convertirse muchas veces en un acto injusto e imprudente debido a que la práctica de la medicina es de manera individual y muchas veces les tocará a los profesionales de salud estar completamente solos sin ningún tipo de ayuda, es por esto, que no se puede promover una calificación grupal.

En los últimos años se ha logrado observar que la tecnología ha ido aumentando en el ámbito de la salud, por lo tanto, es de suma importancia que los profesores estén en constante actualización de las recientes experiencias educativas innovadoras que se han ido realizando a nivel nacional e internacional para lograr obtener un mayor progreso, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje en ciencias de la salud. Un claro ejemplo de

esto es la implementación de la impresión 3D, ya que, esta tecnología incrementa la motivación del estudiante debido a que se aprende por medio de la expresión gráfica proporcionando una mejor comprensión de ciertos contenidos que muchas veces solo se observan en clases magistrales, y que ponerlas en práctica resulta difícil debido a la limitación que les imponen a los alumnos en centros de salud, lo cual impide el desarrollo de la formación.

Es importante que todo estudiante en ciencias de la salud adquiera habilidades y conocimientos, tanto teóricos como prácticos para la realización de procedimientos clínicos en el abordaje del paciente, es por esto que, el motivo de esta investigación es exponer la situación de la educación en ciencias de la salud en el ciclo formativo y demostrar que por medio de la impresión 3D se puede individualizar cada caso de cada paciente con una intervención clínica adecuada, beneficiosa y con el menor riesgo de complicaciones, además, por medio de la técnica de la impresión de diversos modelos anatómicos para los estudiantes se brinda un mayor aprendizaje, entendimiento coherente y eficiente relacionado al abordaje integral de los pacientes.

## 1.2 Planteamiento del problema

La formación en medicina realmente, en la actualidad, se basa en clases magistrales como ha sucedido a lo largo de los años, lo cual ha sido beneficioso en muchos ámbitos para el aprendizaje de los estudiantes, sin embargo, por falta de la práctica; muchas pruebas académicas nacionales e internacionales no han obtenido los mejores resultados y esto que determina que hay poca aprobación en las pruebas realizadas, ya que el método de clases magistrales se basa en la teoría únicamente, por lo tanto, los estudiantes se preparan de mejor manera con la teoría estudiada, pero no tienen conocimiento suficiente en la práctica, esto queda demostrado a la hora de que los estudiantes realizan sus prácticas clínicas en los hospitales, teniendo deficiencia de manejo de instrumentación.

La implementación de otras técnicas prácticas en la enseñanza práctica y académica podrían ser de gran importancia para el aprendizaje de los estudiantes de ciencias de la salud, un tema de gran importancia es el manejo anatómico y fisiológico del cuerpo humano, el cual con la ayuda práctica sería de una excelente ayuda.

Uno de los grandes ejemplos es la intubación endotraqueal de un paciente; donde los estudiantes saben el manejo teórico, sin embargo, no tienen el conocimiento práctico por falta de herramientas en el momento del aprendizaje.

Si los estudiantes de ciencias de la salud en su aprendizaje tuvieran mejor calidad de enseñanza práctica como sería el implemento de la impresión en 3D por parte de los docentes y apoyo institucional, podrían tener más experiencia práctica, al ser los mismos estudiantes que realicen las estructuras y al tener diferentes modelos anatómicos realizados por ellos mismos donde se tenga manejo de cada estructura deseada, por lo tanto al no tener metodologías académicas adecuadas es posible que haya una deficiencia en el aprendizaje y aplicación de lo aprendido en la teoría.

¿Es la deficiencia de las metodologías académicas, la causa de la pobre capacitación y formación práctica de los estudiantes?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3 1 Objetivo General**

- Analizar las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía de la Universidad Internacional de las Américas.

### **1.3 2 Objetivos específicos**

- Describir las estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía.
- Identificar los usos académicos de la impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud.
- Determinar las estrategias metodológicas y académicas con base en la impresión 3D aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y Cirugía.

## 1.4 Justificación

Cualquier carrera que se encuentre relacionada a las ciencias de la salud, implica para el alumno una carga y rendimiento académico mucho mayor que otros estudios, debido a que se encuentran sometidos a diferentes factores provocantes de estrés que con el paso del tiempo resultan en la afectación de la salud mental. Muchos de los factores son generados en la misma formación como la exigencia académica, el entorno altamente competitivo y una mala enseñanza por parte de los docentes, lo que conlleva a depresiones, irritabilidad e inclusive puede llegar a provocar el síndrome de *burnout*. Es por esto que, es de suma importancia que tanto la institución universitaria como los mismos docentes generen motivación en ellos para que puedan seguir adelante con sus estudios. Expresado lo anterior, es importante que siempre se esté en constante actualización de las diversas mejoras tecnológicas, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje, siempre con la intención de generar una motivación para aprender en el estudiante.

Para lograr aprender algo es importante que primero se logre entender, si un tema no genera mucho interés en el estudiantado no prestarán atención, no lo comprenderán y por ende, no lo aprenderán. Además, se ha logrado demostrar que el alumno puede mantener su concentración por 45 a 60 min, y que ya luego de ese tiempo la mente del estudiante comienza a divagar, es por esto que, se necesitan nuevas técnicas que logren una clase más entretenida, didáctica y creativa que ponga a prueba no solo los conocimientos sino también las habilidades prácticas.

Desde la antigüedad el estudio ha estado limitado a clases magistrales con hojas y papel, sin embargo, a lo largo de los años la tecnología cada vez más ha ido en aumento y con ello se han implementado métodos más modernos y nuevos sistemas de enseñanza a los estudiantes. En la actualidad, la impresión 3D constituye uno de estos nuevos sistemas reflejando ser de gran utilidad, tanto en ámbitos creativos como educativos, debido a que aportan grandes beneficios en el estudiantado al contar con la posibilidad de crear objetos o estructuras únicas, ya que el alumno puede ir reflejando sus conocimientos y una equivocación en la creación del mismo puede llegar a convertirse en un aprendizaje que nunca olvidará.

Una de las causas por las que el estudiante abandona los estudios es debido a la poca confianza que tienen en sus capacidades, a que no logran acomodarse con el estudio por la poca motivación que tienen y a la poca práctica que realizan. Por medio de la impresión 3D, se consigue una mayor atención e interés por parte de los estudiantes, se estimula la interacción y la participación de los alumnos durante la clase, les será más fácil aprender la teoría debido a que pondrán sus conocimientos teóricos en práctica y potenciarán el desarrollo de múltiples inteligencias, ya que podrán usar su imaginación y con ello hacer más fácil el proceso de aprendizaje.

Otro de los beneficios que se puede obtener con la impresión 3D en la actualidad, en estudiantes de ciencias de la salud, es que logran obtener una mejor comprensión de contenidos relacionados con la anatomía, fisiología, fisiopatología, emergencias e histología del cuerpo humano, debido a que este método de enseñanza puede brindar la oportunidad de experimentar nuevas ideas que le permiten a los estudiantes expandir sus conocimientos y desarrollar su creatividad, esto se relaciona con el aprendizaje visual y práctico conllevando a un mayor conocimiento en el proyecto que se esté realizando.

Con este sistema de aprendizaje se puede preparar al estudiante no solo en la teoría sino también en la práctica, y conseguir una mayor atención e interés de los estudiantes de ciencias de salud, la estimulación, la interacción y la participación del alumno durante la clase, puesto que, muchas de las veces el estudiante tiende a bajar el rendimiento académico o a esforzarse lo mínimo debido a que cuenta con muy poca motivación por parte de los docentes y de la institución en la que se encuentra debido a la limitación de creatividad y material que poseen.

Muchas veces se habla que el estudiante es el único encargado de su educación y que tanto el éxito como fracaso es responsabilidad únicamente de él, sin embargo, el proceso de formación que este tenga influye sobremanera, es por esto que no se debe de dejar de lado la enseñanza que se imparte por medio de la docencia. El docente debe mostrar una dimensión humana que haga posible que los estudiantes puedan apreciarlo como un modelo a seguir, lograr interés destacando la importancia y belleza de aprender, generar un impacto emocional que un profesor pueda producir mediante la transmisión del entusiasmo personal por el tema y lo valioso que es conocerlo, pese a esto, muchas veces la realidad es completamente distinta y el profesor, en lugar de realizar todas las

cosas anteriormente mencionadas se centra únicamente a pasar materia y hacer entrega de información así como evaluar memoria en lugar de generar un juicio propio en el estudiante.

Es importante que todo el personal de salud que se encuentre en formación logre obtener un grado de conocimiento alto debido a que tanto la carrera de medicina, como odontología o farmacia van a estar en estrecho contacto con personas vivas, administrando medicamentos o realizando procesos en su cuerpo, lo cual requiere una cuidadosa manipulación, tanto de sustancias como de la higiene. Es por esto que el aprendizaje de estos estudiantes debe de ser impecable para evitar que cometan cualquier tipo de mala praxis, y una de las maneras que esto puede ser posible es por medio del uso de la impresión 3D, puesto que mediante la creación de diferentes modelos anatómicos con distintos tipos de materiales se puede desarrollar una mejor práctica en los alumnos.

Para los estudiantes de medicina, muchas veces cursos como anatomía presentan deficiencias en el aprendizaje, ya que la única manera de conocer realmente el cuerpo humano es por medio de disecciones a cadáveres y muchas instituciones universitarias, cuentan con un único cadáver al cual le dan múltiples usos por varios años, implicando que los músculos, nervios, fascias, órganos, se encuentren completamente manipulados y señalados cuando en la vida real nunca va a ser así, más bien se debe de saber con exactitud en donde se encuentran. Por otra parte, no se puede comparar el tejido de una persona muerta con múltiples químicos que utilizan para el mantenimiento del cuerpo con el tejido de una persona viva, es por esto que, mediante la impresión 3D se pueden fabricar ciertas partes del cuerpo con materiales de buena calidad que simulen lo mejor posible la textura del tejido, músculo, fascias u órganos humanos con el fin de generar un mayor aprendizaje en los estudiantes.

Además de conocer la correcta anatomía del cuerpo, mediante la impresión 3D se pueden crear estructuras específicas que pongan a prueba conocimientos específicos, es decir, se podría realizar modelos anatómicos que contengan la vía aérea superior con el fin de que el estudiante pueda practicar la intubación endotraqueal en modelos que simulen tener la misma textura del tejido en una persona viva, todo esto con el fin de que a la hora de realizar la práctica clínica en centros de salud el estudiante pierda el miedo de abordar un paciente y tenga el conocimiento de qué es lo que se debe de hacer para

una intubación. Asimismo, se podría implementar la fabricación de piel, lo más similar a una piel real mediante materiales especiales que simulan la piel de una persona viva, esto para la práctica de suturas, tanto convencionales como quirúrgicas con el fin de motivar y generar experiencia en los estudiantes para que cuando deban de suturar a un paciente no tengan el temor de realizarlo.

Muchas veces los mismos estudiantes se quejan debido a la poca práctica que realizan en el centro universitario y que una vez que comienzan sus rotaciones clínicas gran parte del tiempo no saben cuál es la manera correcta de abordar a un paciente debido a las múltiples limitaciones que el mismo centro de salud le impone, es por esto que, otro de los usos que se le puede dar a la impresión 3D en medicina es en el área de anestesiología, en el cual se pueden generar moldes de columna cervical, dorsal y lumbar para la práctica de punciones lumbares y anestesia epidural.

Por otro lado, la carrera de odontología, al igual que medicina se perfecciona mediante la práctica de habilidades clínicas, sin embargo, muchas veces se les limita realizar este tipo de prácticas por falta de equipo o de pacientes, es por esto que, la inclusión de la tecnología en 3D podría contribuir de manera esencial en la formación del futuro odontólogo mediante la fabricación de dispositivos que ayuden en su desarrollo como profesional, efectuándolos en diferentes tipos de materiales, lo mayor parecido al tejido real. Además, se podrían componer dispositivos de aditivos dentales que también ayudan en la experiencia del alumno como dentaduras postizas, protectores nocturnos, coronas, puentes normales y modelos dentales.

La formación de personas en ciencias de la salud es de suma importancia para el país, ya que de ellos dependerá el futuro de las personas con alguna patología. Sin embargo, es un poco preocupante puesto que muchos estudiantes de medicina presentan deficiencia teórico-práctico y una de las maneras más claras de comprobar esto es por medio del examen de Fundamentos Internacionales de Medicina “IFOM” o el Examen de Incorporación al Colegio de Médicos “ECOM” en el que más de la mitad de alumnos no lograron aprobarlo debido a la falta de conocimientos. Es por esto que, se debería de modificar los métodos de enseñanza que se han estado utilizando todos estos años atrás y se debería de empezar a emplear métodos más nuevos en el que el estudiante tenga la capacidad de adquirir y emplear el juicio propio para el bien del paciente.

## **1.5 Antecedentes**

### **1.5 1 Antecedentes históricos**

Heredia, Franco.<sup>3</sup>, (2014), investigaron acerca de tecnologías de fabricación aditiva, la impresión 3D, antecedentes y funcionamiento en Colombia. El objetivo de ellos fue publicar técnicas de prototipado rápido las cuales pueden ser divididas en varias categorías dependiendo del estado del material y del proceso que se utilice para la elaboración de la pieza. La metodología se basó en establecer una base de estudio en el desarrollo de la tecnología de impresión 3D, fomentando el trabajo interdisciplinar entre las escuelas de la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, CUN y otras instituciones. Como resultados obtuvieron que al continuar con el avance de los estudios de sus características, modo de funcionamiento y materiales de uso puede ser de gran ayuda académica y de producción, ya que, obtiene la rápida adquisición de obtención de piezas de 3D requeridas en el desarrollo de proyectos.

Inzunza, Caro, Mondragón, et al.<sup>4</sup>, (2015). Realizaron un estudio de impresiones 3D, nueva tecnología que apoya la docencia anatómica en Santiago de Chile. Tuvo como objetivo presentar la experiencia en la tecnología de impresión 3D aplicada a la creación de réplicas de secciones corporales humanas sin posibilidad de descomposición ni contaminación. En la metodología utilizaron dos partes de cadáveres humanos, un segmento de columna lumbar con la porción terminal de la aorta abdominal y un embrión de rata donde la sección de plastinada de brazo y tronco fue escaneada con un equipo de escaneo 3D, se adquirieron múltiples fotografías de forma instantánea debido a las 52 cámaras digitales de 2MG de resolución para hacer la reconstrucción tridimensional con el software Agisoft PhotoScan. Obtuvieron como resultado que la impresión 3D del brazo plastinado tuvo una alta similitud y proporcionalidad con el objeto real, lo cual llamó la atención que el post proceso de registro 3D logra una alta capacidad de similitud en la producción de la textura del corte plastinado y que en cuestiones de colores la réplica se logra apreciar con unos tonos disminuidos especialmente en los matices amarillos y cafés. Por otro lado, en la impresión 3D del segmento de la columna lumbar y la porción terminal de la aorta abdominal, al hacerlo en 3D es capaz de reproducir el trabeculado óseo del cuerpo vertebral.

Mantrana, Jacobo, Hartwig, Giachero, Juri.<sup>5</sup>, (2015), realizaron una investigación acerca de modelos de impresión 3D en el planeamiento de fracturas de mandíbula y en la enseñanza académica en Uruguay. Tuvieron como objetivo demostrar la utilidad de los modelos de impresión 3D con la tecnología FDM en la planificación preoperatoria de fracturas de mandíbula y en la enseñanza académica. El método utilizado fue un estudio de 4 pacientes con fractura de mandíbula de diferentes características que consultaron a la emergencia del Hospital de Clínicas de la Universidad de la República en Montevideo entre octubre de 2014 y enero del 2015. Como resultado obtuvieron que las mediciones comparativas permitieron conocer que los modelos creados son a escala real en proporción igual, que todas las mediciones fueron concordantes, las placas premoldeadas se adaptaron perfectamente a la anatomía mandibular de cada paciente luego de la reducción de las fracturas en el intraoperatorio y los tornillos seleccionados se ajustaron precisamente en las longitudes seleccionadas.

Bucco.<sup>6</sup>, (2016). Realizó un estudio de la impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos) en Argentina. Tuvo como objetivo demostrar cómo se verían impactados los servicios médicos mediante la masificación del uso de la impresión 3D. Utilizó como metodología una hipótesis que exhibe resultados de estudios realizados por diferentes organismos que muestren el uso de la impresión 3D en el campo de la medicina. Los resultados demostraron que detalles constructivos en 3D comprobaron que la enseñanza y el aprendizaje de esta herramienta pueden ser sencillas. Ofrece una analogía útil para la impresión en 3D en el que las impresoras de gama baja y alta tienen cierto grado de diferencia.

Pérez, Calvo, Arnal, et al.<sup>7</sup>,(2016), realizó un estudio acerca de nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en Cirugía Ortopédica y Traumatología en España. El objetivo de ellos fue exponer la metodología para la traslación clínica de la impresión 3D doméstica al campo de la cirugía ortopédica y traumatología, definir sus indicaciones y aplicaciones específicas de acuerdo con la experiencia clínica. Utilizaron como metodología un estudio analítico observacional prospectivo de 63 casos intervenidos en el servicio de salud donde ellos trabajaban en el año 2014, momento en el que la impresión 3D doméstica estaba incluida en el proceso asistencial. Obtuvieron como resultado que el flujo de trabajo hasta la obtención del modelo impreso en 3D mediante el uso de

programas de acceso libre e impresoras domésticas 3D mostraron una mejoría en todas las variables incluidas en el estudio.

### **1.5 2 Antecedentes internacionales**

Telich, Ramírez, Palafox, Ortega.<sup>8</sup>, (2019), realizaron una revisión sobre las Aplicaciones de la impresión 3D en cirugía plástica reconstructiva en Ciudad de México. Tuvo como objetivo los usos de la impresión 3D, en cirugía plástica reconstructiva, por medio de aplicaciones preoperatorias, transoperatorias, prótesis, enseñanza. La metodología utilizada fue la revisión bibliográfica. El resultado de esta investigación fue conocer que la aplicación de esta tecnología en cirugía plástica y reconstructiva va mucho más allá de la creación de estructuras aplicables al paciente en las distintas etapas de su valoración y tratamiento, ya que se ha convertido en una herramienta muy útil en la enseñanza.

Montt, Caro, Neyem, y Inzunza.<sup>9</sup>, (2020), realizaron un estudio sobre Impresiones 3D de cortes transversales de un cuerpo humano, un recurso didáctico para el estudio de la anatomía seccional en Chile. Su objetivo principal es demostrar que se puede tener un mejoramiento didáctico por medio de impresiones en 3D. La metodología utilizada se basó en analizar los resultados obtenidos de la carrera de medicina en evaluaciones de la morfología del cuerpo humano tales como; tórax, miembro superior, articulación de la rodilla, resonancia magnética. Los resultados obtenidos fueron la identificación de elementos anatómicos de un corte real de tórax y en una réplica 3D del corte trazado a nivel de T7, identificación de estructuras anatómicas en secciones anatómicas reales, sin haber trabajado con el KAN3D, identificación de estructuras anatómicas en una réplica anatómica de la epífisis proximal de la tibia.

Osorio.<sup>10</sup>, (2020), realizó una práctica experimental de disección y modelación 3D de oído medio e interno para la construcción significativa de conocimiento en el área de anatomía humana. El objetivo es demostrar que la disección y la modelación 3D es de gran importancia para la enseñanza y la evolución de conocimiento. La metodología utilizada fue cualitativa en 3 cadáveres humanos que se encuentran en estado de conservación en el anfiteatro de la universidad del valle, y se utilizaron referentes

anat6micos para delimitar y aislar unas estructuras anat6micas relacionadas al experimento. Como resultado de este experimento se dise1o e imprimi3 en 3D un modelo del o3do que representa las proporciones de las estructuras 6seas y planas dentro del hueso temporal.

Ordo1ez, Oneto, Concha, Sanhueza, Osses, Padilla et al.<sup>11</sup>,(2022), realizaron un estudio que se bas3 en el dise1o y fabricaci3n de modelos en 3D como complemento para las clases pr1cticas de histolog3a m3dica en Chile. El objetivo de este trabajo fue dise1ar y fabricar modelos impresos en 3D como complemento para las clases pr1cticas de Histolog3a M3dica. La metodolog3a se bas3 en tres etapas: revisi3n bibliogr1fica, *software* dise1o 3D y modelos impresos. El resultado fue la fabricaci3n de un modelo impreso en 3D de la capa muscular del es3fago humano, dando 3nfasis a la disposici3n helicoidal de sus fibras musculares, tambi3n se elaboraron modelos impresos de epidermis donde fue posible identificar sus diversos estratos.

Ferreira, Donato, Oliveira.<sup>12</sup>, (2023), trabajaron en la creaci3n de prototipos e impresi3n 3D de tomograf3a computarizada con 3nfasis en los tejidos blandos, especialmente m3sculos, para la ense1anza de la anatom3a humana, en Brasil. Su objetivo principal fue la impresi3n de modelos 3D a partir de im1genes de tomograf3a computarizada para el estudio de anatom3a humana, con 3nfasis en las partes blandas. Se utiliz3 un m3todo cualitativo, tambi3n se utilizaron im1genes obtenidas del hospital universitario de la Universidad de Sao Paulo, los pacientes fueron sometidos a estos ex1menes por motivos distintos y as3 obtener distintas im1genes. Los resultados fueron la impresi3n de piezas anat6micas como, m3sculos de pierna, cara; coraz3n, huesos de cabeza, lo cual muestra un resultado prometedor para la ense1anza de la anatom3a humana.

Vinuela, Sep3lveda, Rosenbaum, Lagos.<sup>13</sup>, (2022), trabajaron en modelos de simulaci3n para entretenimiento en cirug3a de hueso temporal, en Chile. El objetivo de esta revisi3n es presentar los modelos de simulaci3n disponibles en la literatura, para entrenamiento de procedimientos quir3rgicos. Como m3todo de investigaci3n se realizaron revisiones bibliogr1ficas. Como resultado se reconoce que es una herramienta de ense1anza 3til y valiosa para desarrollar habilidades. El m3todo utilizado fue la revisi3n de distintos modelos anat6micos. Como resultado defiende que la tecnolog3a de

impresión 3D se ha posicionado como una herramienta facilitadora en la creación de nuevas estrategias, por lo tanto, la creación de nuevas estrategias de entrenamiento quirúrgico, ayuda a ampliar el acceso a escenarios de práctica clínica complejos que se encuentran limitados normalmente.

Meszaros, Cortés, Zelada, Caedemill.<sup>14</sup>, (2022), realizaron una investigación de biomateriales y tecnologías de impresión 3D en entrenamiento quirúrgico otorrinolaringología en Chile. El objetivo de la siguiente revisión narrativa fue actualizar los usos de la tecnología de impresión en 3D para la creación de modelos para entrenamiento quirúrgico en otorrinolaringología, destacando sus potenciales usos en otología, rinología, cirugía de base del cráneo y vía aérea. El método utilizado fue el planteamiento y creación de estructuras. Y los resultados presentan una serie de casos de implantes en reconstrucción de defectos nasales, mandibulares y maxilares mediante uso de tecnología de impresión 3D, en los cuales el modelo creado se utiliza para planeamiento de prótesis pre cirugía en materiales biocompatibles clásicos (como el titanio), logrando mejores resultados, menor pérdida de sangre.

Bolgiani y Hermida.<sup>15</sup>, (2020), investigaron sobre la bioimpresión, bioingeniería tisular, impresión de piel, impresión tridimensional en Argentina. El objetivo fue desarrollar una bioimpresora con capacidad para imprimir piel del paciente en quirófano, con las células propias para la capa epidérmica y una matriz extracelular biocompatible para la capa dérmica. El método utilizado fue el diseño de la bioimpresora, para la realización de estructuras de la dermis y epidermis. Los resultados fueron de gran utilidad, ya que se desarrollaron estructuras para el desarrollo de terapias eficaces contra enfermedades y tratamientos de pacientes.

### **1.5 3 Antecedentes nacionales**

Mata.<sup>16</sup>, (2022), realizó una propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D para la enseñanza de ingeniería civil de la Universidad de Costa Rica. Tuvo como objetivo crear una propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D en el currículo de la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Costa Rica. La metodología tuvo un enfoque cualitativo, donde se realizaron encuestas y se basó en el análisis de los 86 cursos del plan de estudios, se les diseñó una alternativa de método de

enseñanza-aprendizaje, así como una inclusión al programa de otras actividades transversales no asociadas a los cursos que podrían facilitar la adopción de la metodología. El resultado del diseño de la propuesta, basado en las recomendaciones de las personas expertas entrevistadas, demostró requerir actividades complementarias o los cursos del plan. Estas actividades permitirán un acercamiento de docentes y estudiantes a la tecnología de la investigación. Así también, fomentarán el trabajo en equipo, la interacción interuniversitaria a nivel nacional e internacional y el uso de medios de comunicación digitales.

Gutiérrez, Lemos, Galiano y Madrigal.<sup>17</sup>, (2018), realizaron un estudio sobre las aplicaciones de las impresoras 3D en el desarrollo de prótesis para cirugía de reemplazo protésico (artroplastias) en caninos en Costa Rica. Tuvo como objetivo estudiar la capacidad y viabilidad de uso de impresoras 3D para la elaboración de prótesis que permitan a animales recuperar la movilidad parcial o completa causada por la pérdida de alguna de sus extremidades. Se utilizó el método científico, el cual es un proceso sistematizado para recolectar información, documentarla y analizarla para su posterior validación, los investigadores decidieron investigar las impresoras 3D disponibles y algunas de sus aplicaciones para ser usadas en la cirugía de animales caninos, algunos de los materiales que pueden ser utilizados con las impresoras 3D para elaborar las prótesis personalizadas y adecuadas a cada paciente, así como comparar los materiales utilizados por las impresoras 3D en la elaboración de prótesis, para determinar el rendimiento de cada sistema evaluado para elaborar prótesis caninas de uso quirúrgico. Este estudio tuvo como resultado que esta tecnología se considere como una alternativa en el uso de las prótesis para la medicina animal en el ámbito de ortopedia canina y, por lo tanto, en el ámbito humano también.

Zuñiga, Vargas, Villalobos.<sup>18</sup>, (2020), investigaron sobre el uso de realidad virtual, realidad aumentada, impresión 3D y otras tecnologías como apoyo a necesidades educativas especiales, reducción del deterioro cognitivo en pacientes con ciertos niveles de demencia, en el Hospital Nacional Psiquiátrico de Costa Rica. Tuvo como objetivo general desarrollar una propuesta con estrategias tecnológicas que contribuyan a disminuir el deterioro cognitivo en pacientes con ciertos niveles de demencia. La metodología se llevó a cabo por medio de cuatro áreas de interés, la sensibilización, identificación de los requerimientos, identificación de tecnologías, desarrollo de

prototipos con el fin de facilitar la investigación y unificar toda la investigación. Como parte de los resultados de este estudio se crearon cuatro prototipos que contribuyen a disminuir el deterioro cognitivo en pacientes con ciertos niveles de demencia, se lograron a partir de la caracterización y de la identificación de requerimientos puntuales que debían cumplir para estimular destrezas en los usuarios.

Sandoval, Blanco, Quesada.<sup>19</sup>, (2017), realizaron un Taller de impresión 3D para trabajo con sólidos geométricos, uno de los objetivos fue aplicar la impresión en 3D como una herramienta más para aprender y enseñar, específicamente objetivos de geometría. La metodología plantea un trabajo en dos sesiones, en ambas con interacción con *software* específico de diseño de figuras y en la segunda con la impresión en 3D. El resultado fue la utilización de la impresora en 3D para la enseñanza de la geometría en el curso impartido.

## **CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO**

Es de suma importancia la educación, ya que influye en el avance, progreso y desarrollo de las personas y la sociedad, es por esto que, la enseñanza y el aprendizaje con el paso del tiempo ha ido cada vez más aumentando con el fin de alcanzar los mejores niveles de bienestar social y crecimiento económico, generando un incremento en las oportunidades de los jóvenes para competir por diferentes empleos. Pese a que todas las profesiones tienen un programa específico que se debe de cumplir, existen carreras que a lo largo de los años de estudio son sumamente desgastantes como lo es el caso de medicina, debido al tiempo, estudio y práctica que se debe dedicar para lograr ser un buen profesional, puesto que en esta carrera la vida de las personas se encuentra en sus manos<sup>20</sup>.

La educación médica tiene la completa responsabilidad de moldear y desarrollar futuros médicos competentes en conocimientos, habilidades y se debe de inculcar valores durante su formación como estudiantes para que sean excelentes profesionales, y se muestren responsables ante la sociedad. Al estudiante se le debe concienciar que el enfermo es una persona que tiene familia, vive en una comunidad y que existen ciertos factores en el ambiente que pueden llegar a afectarlo, es por esto que se debe de atender como una persona y no como un objeto en la que se debe de respetar la autonomía del enfermo y de la familia, debe de ser tratado lo mejor posible para que pueda adquirir una adecuada recuperación<sup>20</sup>.

## **2.1 Enseñanza de la medicina**

La educación superior en salud enfrenta el desafío de formar profesionales capacitados para responder a las exigencias del mundo contemporáneo, adaptándose a los cambios sociales y a la aparición de nuevas enfermedades y tratamientos. Esta formación debe ser dinámica, ajustándose continuamente a las necesidades emergentes para proveer a los estudiantes las herramientas necesarias para su futuro desempeño profesional.<sup>82</sup>

Es fundamental en la educación médica adoptar un enfoque integral del paciente, considerándolo no solo en términos de su patología sino como un ser humano completo, con emociones, sueños y esperanzas. Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19, se implementaron medidas extremas como la cuarentena total para prevenir contagios masivos, enfocándose principalmente en la salud física pero, a menudo, descuidando otros aspectos vitales como la salud mental, social, espiritual y económica del individuo.

Dentro del currículum médico, es crucial incorporar estos aspectos como ejes transversales. Se debe enseñar a los futuros médicos a tratar a las personas enfermas con dignidad, reconociéndolas por su nombre y no reduciéndolas a su enfermedad. Este enfoque humanístico enfatiza que un gran médico no solo trata la enfermedad, sino que cuida al paciente que la padece, respetando su individualidad y entendiendo sus necesidades particulares.<sup>82</sup>

Además, la transmisión de valores éticos y humanísticos a través de las estrategias de enseñanza-aprendizaje como la responsabilidad, el respeto, la amabilidad y la promoción de una cultura crítica con responsabilidad social debe ser una parte integral de los programas académicos. Estos valores fomentan una relación profesional-paciente-familiar respetuosa y compasiva.

En muchos casos, la formación médica se ha vuelto excesivamente técnica y competitiva, centrada más en la tecnología y los resultados de los exámenes que en el paciente como ser humano. Esto ha llevado a una pérdida del arte de la medicina, donde la ética y la estética del acto médico han sido eclipsadas por un enfoque reduccionista y deshumanizado.

En el campo de la educación médica, adoptar un enfoque integral es esencial para satisfacer las demandas contemporáneas de la profesión. Este enfoque se centra no solo en impartir conocimientos técnicos sobre patologías y tratamientos, sino también en entender y tratar a la persona en su totalidad. Es crucial que la formación médica considere todas las dimensiones del ser humano, abordando aspectos físicos, mentales y emocionales, lo cual refleja una comprensión más profunda y humana de la medicina.<sup>82</sup>

La educación en medicina debe comenzar con una base sólida en las ciencias básicas, como anatomía y fisiología, donde los estudiantes no solo memoricen detalles, sino que también entiendan su importancia y aplicabilidad en contextos clínicos. Por ejemplo, comprender la fisiología normal del corazón es fundamental para identificar y diagnosticar anomalías cardíacas. Esta comprensión se profundiza a través de prácticas que incluyen la disección cadavérica, vital para un aprendizaje efectivo en anatomía, y experiencias prácticas en histología y microbiología, que son cruciales para la formación médica.

Más allá de la teoría, es fundamental que los estudiantes participen activamente en su aprendizaje desde el inicio de su carrera. El cambio hacia métodos de enseñanza que promuevan el análisis crítico, la resolución de problemas y la integración del conocimiento es necesario para formar médicos competentes y reflexivos. Las estrategias

como el uso de mapas conceptuales y esquemas ayudan a los estudiantes a comprender y retener información compleja, alejándose de la memorización pasiva que predomina en las aulas tradicionales.

En la fase clínica de la formación médica, la simulación y la práctica son fundamentales. Estas técnicas permiten a los estudiantes aplicar sus conocimientos teóricos en escenarios controlados que imitan situaciones reales, lo que es crucial para desarrollar la competencia y la confianza antes de enfrentarse a casos reales. La implementación de programas basados en habilidades ayuda a los estudiantes a aprender técnicas clínicas esenciales y habilidades de comunicación necesarias para interactuar efectivamente con los pacientes y otros profesionales de la salud.<sup>82</sup>

Además, la integración de la investigación científica en la educación médica es indispensable. Involucrar a los estudiantes en proyectos de investigación desde los primeros años de estudio fomenta un pensamiento crítico y les enseña a abordar problemáticas de salud desde una perspectiva basada en la evidencia. Este enfoque no solo enriquece su aprendizaje académico, sino que también prepara a los futuros médicos para contribuir a la ciencia médica con nuevos descubrimientos y mejoras en el tratamiento y la atención al paciente.

Es esencial que la educación médica incluya componentes de responsabilidad social, donde los estudiantes participen en actividades que los conecten directamente con la comunidad. Esto les permite aplicar su aprendizaje en entornos reales y entender mejor las dinámicas sociales y culturales que influyen en la salud de las personas. Este enfoque holístico no solo forma mejores médicos, sino también profesionales conscientes y comprometidos con el bienestar de la sociedad.<sup>82</sup>

La UNESCO ha identificado cuatro pilares fundamentales para la educación en el siglo XXI, que son: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a vivir juntos. Estos pilares reflejan una visión holística de la educación, que trasciende la simple transmisión de conocimientos para abarcar todas las facetas de la formación profesional. En el campo de la salud, se destaca además la importancia de "aprender a aprender", un concepto que promueve la autonomía en el estudio y el desarrollo continuo del conocimiento personal.

La investigación en este ámbito ha dado lugar a diversas estrategias de aprendizaje enfocadas en lo que se denominan "habilidades conformadoras del desarrollo personal". Estas habilidades incluyen la capacidad de identificar y resolver problemas, la habilidad

para buscar y procesar información, las competencias en expresión y comunicación, y la habilidad para establecer y alcanzar metas personales gestionando eficazmente el tiempo.

Para que estos métodos sean efectivos, la enseñanza debe fomentar un pensamiento crítico y reflexivo, promoviendo una visión sistémica que capacite a los estudiantes en habilidades cruciales para su desempeño profesional. Estas habilidades incluyen la resolución de problemas, la toma de decisiones, la habilidad para argumentar y defender ideas, y la capacidad para contrastar e interpretar información relevante.<sup>82</sup>

Al expandir estos métodos y estrategias, es esencial incorporar técnicas de enseñanza que no solo impartan conocimientos, sino que también preparen a los estudiantes para enfrentar desafíos reales, tanto dentro como fuera de sus futuras áreas profesionales. Esto implica integrar actividades que simulen escenarios reales donde los estudiantes puedan aplicar lo aprendido en situaciones prácticas, fortaleciendo su capacidad de adaptación y respuesta a diversas circunstancias.

En el ámbito educativo universitario, especialmente en el nivel de medicina y cirugía, se han desarrollado diversas estrategias de enseñanza y aprendizaje que buscan adaptarse a las necesidades actuales de los estudiantes y profesionales en formación. Estas estrategias abarcan desde la investigación básica hasta la práctica clínica, pasando por la extensión universitaria y la integración de tecnologías de la información y comunicación (TIC).

Dentro de la investigación en el nivel básico, se destacan métodos como la revisión bibliográfica, que permite a los estudiantes familiarizarse con el panorama actual y los desarrollos históricos de su campo. Además, la presentación de preparados anatómicos, histológicos o microbiológicos facilita el entendimiento práctico de complejas estructuras y procesos biológicos. Otras herramientas didácticas, como los *banners* o maquetas, ayudan en la visualización y comprensión de conceptos que de otro modo serían abstractos.<sup>82</sup>

La extensión universitaria juega un papel crucial en la conexión de los estudiantes con la comunidad y el mundo profesional. A través de la organización y participación en talleres, seminarios y congresos, así como la publicación de trabajos, los estudiantes no solo amplían su conocimiento, sino que también construyen una red de contactos profesionales y académicos valiosa.

En el nivel clínico, la investigación se profundiza con actividades como los reportes de caso y estudios poblacionales, que enseñan a los estudiantes a aplicar su conocimiento en situaciones reales y a entender las dinámicas poblacionales en salud. Las

investigaciones originales y los estudios de casos y controles son fundamentales para el desarrollo de nuevas técnicas y tratamientos.<sup>82</sup>

Las actividades prácticas son igualmente esenciales, abarcando desde la práctica en laboratorios hasta la práctica clínica en hospitales escuela y la comunidad. Estas experiencias no solo permiten a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos reales, sino que también fomentan habilidades como la resolución de problemas y el manejo de situaciones clínicas complejas.

La metodología de enseñanza también incorpora técnicas modernas como las clases magistrales interactivas, el uso de esquemas y mapas conceptuales, y la simulación, lo que proporciona una experiencia de aprendizaje dinámica y enriquecedora. La motivación y el *feedback* continuo son fundamentales para el desarrollo de competencias y la confianza de los estudiantes.<sup>82</sup>

De igual manera, la evaluación, tanto teórica como práctica, debe promover el análisis crítico y el razonamiento, más allá de la simple memorización. Las pruebas teóricas deben incluir preguntas claras y problemáticas relevantes que desafíen a los estudiantes a aplicar sus conocimientos, mientras que las evaluaciones prácticas deben asegurarse de que las habilidades y destrezas adquiridas se ajusten a los estándares profesionales requeridos.

Desde esta perspectiva, el proceso educativo se centra en cultivar una comprensión profunda y aplicable de las ciencias médicas, mientras se enfatiza el desarrollo de habilidades prácticas indispensables para el cuidado eficaz del paciente.

## **2.1.1 Metodologías implementadas para la enseñanza de la medicina**

Una de las técnicas fundamentales en este ámbito es la implementación de estrategias de enseñanza que fomentan la participación de los estudiantes. Este enfoque se caracteriza por sumergir a los estudiantes en situaciones prácticas reales o simuladas desde etapas tempranas de su formación.

### **2.1.1.1 Clase magistral o expositiva**

Dentro de las metodologías que de acuerdo con la literatura es de las principales, se encuentran las clases magistrales o expositivas. Las clases expositivas en la educación médica no son meramente transmisiones unidireccionales de información, sino que están cuidadosamente diseñadas para optimizar la absorción y aplicación del conocimiento. A través de una estructura bien organizada y el uso estratégico de recursos didácticos, estas

clases preparan a los estudiantes no sólo para entender la medicina, sino también para aplicarla en la resolución de problemas clínicos, haciendo de ellas una herramienta indispensable en el arsenal educativo de cualquier programa de formación médica.<sup>83</sup>

Una clase expositiva típica en medicina comienza con una presentación clara del temario, estableciendo las expectativas y proporcionando a los estudiantes una estructura que les ayuda a anticipar los conceptos clave que serán tratados. Esta organización inicial es crucial, ya que prepara cognitivamente a los estudiantes para el aprendizaje, permitiéndoles categorizar y priorizar la información que se va a presentar.

Durante la exposición del tema, el docente utiliza diversos recursos didácticos para facilitar la comprensión. Los esquemas y diagramas juegan un papel vital, ya que ofrecen representaciones visuales que simplifican conceptos complejos y fomentan una mejor retención del conocimiento. Por ejemplo, en una clase sobre fisiopatología cardiovascular, diagramas detallados del corazón y sus componentes pueden ayudar a ilustrar el flujo sanguíneo, las anomalías valvulares, o los efectos de diversas enfermedades cardiovasculares.<sup>83</sup>

Además, la utilización de ejemplos clínicos y analogías enriquece la presentación, permitiendo a los estudiantes conectar la teoría con la práctica médica real. Esta técnica no solo mejora la comprensión, sino que también prepara a los estudiantes para la aplicación práctica de sus conocimientos, una habilidad indispensable en su futura carrera profesional.

La sesión se concluye generalmente con una síntesis o resumen que recapitula los puntos principales, consolidando el aprendizaje y clarificando cualquier duda que pudiera haber surgido durante la presentación. Este cierre es fundamental para asegurar que los estudiantes se lleven consigo una comprensión clara y precisa de los temas tratados.<sup>83</sup>

### **2.1.1.2 Clases participativas**

En este contexto, también son implementadas las clases participativas, las cuales se caracterizan por un docente que asume un rol más de facilitador que de transmisor unilateral de información. Este enfoque colaborativo no solo fomenta un ambiente dinámico donde los estudiantes se sienten más involucrados y responsables de su propio aprendizaje, sino que también impulsa el desarrollo de habilidades críticas como la comunicación efectiva, el pensamiento crítico y la capacidad de argumentación.<sup>83</sup>

Para maximizar la efectividad de la clase, es crucial que los estudiantes tengan acceso al temario y los materiales necesarios con suficiente antelación. Esto les permite

prepararse adecuadamente, formular preguntas informadas y contribuir de manera significativa durante la clase. Además, al familiarizarse con el contenido previamente, los estudiantes pueden identificar áreas de interés personal o confusión que deseen explorar más a fondo con la ayuda del profesor y sus compañeros.<sup>83</sup>

Durante el desarrollo de la clase, las intervenciones de los estudiantes deben ser no solo permitidas, sino activamente incentivadas. El docente puede emplear diversas estrategias para esto, como plantear preguntas abiertas que requieran análisis o reflexión, organizar pequeños grupos de discusión para explorar diferentes aspectos del tema, o utilizar técnicas como el debate o el rol *playing* para examinar el material desde múltiples perspectivas. Estas actividades no solo enriquecen la experiencia de aprendizaje, sino que también permiten que los estudiantes apliquen lo aprendido en contextos prácticos y reales.

La evaluación de una clase participativa debe considerar no solo el dominio del contenido por parte de los estudiantes, sino también su habilidad para interactuar efectivamente y contribuir a la construcción colectiva del conocimiento. Esto puede implicar ajustes en los métodos de evaluación tradicionales, dando mayor peso a las contribuciones en clase, la capacidad de argumentación y la habilidad para integrar y aplicar el conocimiento en situaciones de discusión y debate.<sup>83</sup>

### **2.1.1.3 Clases demostrativas**

De igual manera, se incluyen las demostraciones en el aula, se utilizan como una técnica para complementar y enriquecer las clases teóricas. Estas demostraciones, llevadas a cabo por el profesor, sirven para ilustrar aspectos de la teoría médica o para presentar casos clínicos reales, facilitando así una comprensión más profunda de los temas tratados.<sup>83</sup>

Durante una demostración, el profesor desempeña un papel crucial al exponer con claridad el objetivo y el proceso de la demostración. Esto involucra explicar detalladamente qué se pretende demostrar, las acciones que se realizarán y lo que se espera observar. Esta claridad es vital para que los estudiantes no solo observen, sino que comprendan y reflexionen sobre la aplicación práctica de los conocimientos teóricos.

Un elemento distintivo de las demostraciones en el aula es la incorporación de un cierto grado de dramatización y suspense. Esta técnica no solo mantiene el interés de los estudiantes, sino que también intensifica la experiencia de aprendizaje, haciendo que la

información presentada sea más memorable. Los resultados inesperados y las paradojas son resaltados para provocar una reflexión crítica, lo cual estimula una discusión activa entre los estudiantes y entre estos y el profesor.<sup>83</sup>

Es importante reconocer que, aunque las demostraciones son muy valiosas para visualizar y comprender mejor la teoría, no reemplazan las prácticas de laboratorio. Las demostraciones proporcionan una observación directa y guiada de fenómenos específicos, mientras que las prácticas de laboratorio involucran a los estudiantes en un aprendizaje experimental más profundo, donde pueden aplicar métodos científicos, tomar datos y analizar resultados de manera independiente.

Las demostraciones también fomentan una interacción dinámica en el aula, enriqueciendo el ambiente educativo. Este enfoque no solo ayuda a los estudiantes a consolidar su conocimiento, sino que también promueven habilidades de pensamiento crítico y comunicación efectiva, fundamentales en la formación médica. Al final de cada demostración, es común que el profesor proporcione una síntesis que ayude a los estudiantes a integrar lo aprendido con el cuerpo general del conocimiento presentado en el curso.<sup>83</sup>

#### **2.1.1.4 Discusiones de caso**

Las discusiones de caso constituyen una herramienta educativa esencial en la formación médica, ofreciendo a los estudiantes y médicos becados la oportunidad de aplicar teorías y conocimientos en un contexto práctico y realista. Estas discusiones suelen realizarse en espacios adecuados como hospitales, clínicas, policlínicos, consultorios o aulas equipadas para facilitar un ambiente propicio para el análisis diagnóstico.<sup>83</sup>

El proceso comienza típicamente con casos hipotéticos y abstractos que permiten a los estudiantes familiarizarse con la metodología de análisis de casos sin las complicaciones de datos clínicos reales. A medida que avanzan en su formación, se introducen casos de pacientes hospitalizados, lo que proporciona una capa adicional de complejidad y realismo a las discusiones. Esta transición de lo abstracto a lo concreto ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades diagnósticas y de toma de decisiones en un entorno controlado antes de enfrentarse a situaciones reales.<sup>83</sup>

En estas sesiones, un estudiante es responsable de presentar un caso específico, que ha sido preparado previamente. Esta presentación incluye no solo la historia clínica del

paciente, sino también los resultados de un exhaustivo interrogatorio y examen físico. La presentación debe ser clara y detallada, permitiendo que los compañeros y supervisores comprendan completamente la situación del paciente.

Los demás estudiantes también preparan el caso, aunque no lo presenten. Esto asegura que todos los participantes estén activamente involucrados en el proceso de aprendizaje, lo que fomenta un ambiente de discusión dinámico y colaborativo. Durante la sesión, los estudiantes discuten diferentes aspectos del caso, proponen posibles diagnósticos y tratamientos, y debaten entre ellos bajo la supervisión del profesor y especialistas experimentados.<sup>83</sup>

El rol del profesor en estas sesiones es fundamental. No solo evalúa la participación de cada estudiante, sino que también corrige errores, introduce nuevos conceptos y proporciona una perspectiva más profunda sobre el caso. Esta retroalimentación es crucial para el aprendizaje, ya que permite a los estudiantes entender mejor sus áreas de fortaleza y las oportunidades de mejora.

Finalmente, el profesor emite un juicio sobre el caso, que sirve como conclusión de la sesión y como una evaluación final de cómo los estudiantes han integrado el conocimiento y las habilidades prácticas necesarias para manejar situaciones clínicas complejas. Esta evaluación no solo refleja la comprensión del caso específico, sino también la capacidad del estudiante para aplicar un razonamiento clínico efectivo en la práctica médica.<sup>83</sup>

### **2.1.1.5 Clases prácticas**

Las clases prácticas o talleres son esenciales en la formación médica, pues ofrecen una oportunidad vital para que los estudiantes vinculen directamente la teoría aprendida en las aulas con la experiencia práctica necesaria en el ámbito clínico. Estas sesiones permiten a los estudiantes poner en práctica sus conocimientos teóricos de una manera que los prepara para las realidades de la atención médica y los desafíos del diagnóstico y tratamiento de pacientes.<sup>83</sup>

Para que una clase práctica sea efectiva, debe estar adecuadamente equipada con todos los recursos necesarios para su ejecución. Esto incluye no solo el equipo médico y los materiales específicos de la práctica, sino también el acceso a la tecnología y la información que faciliten un aprendizaje interactivo y comprensivo. La disponibilidad de estos recursos asegura que todos los participantes puedan acceder a la misma experiencia

de aprendizaje, lo que es crucial para el desarrollo uniforme de habilidades dentro del grupo estudiantil.<sup>83</sup>

Antes de entrar en el laboratorio o en el entorno clínico para una clase práctica, los estudiantes deben estar preparados con un conocimiento sólido del tema a tratar. Esta preparación generalmente se logra a través de una o más clases teóricas previas que proporcionan la base teórica necesaria. Durante estas clases teóricas, los conceptos fundamentales son enseñados y discutidos, preparando a los estudiantes para aplicar estos conocimientos de manera práctica.

Un componente efectivo de las clases prácticas puede ser la inclusión de casos clínicos. Estos casos no solo ilustran cómo la teoría se aplica en situaciones reales, sino que también permiten a los estudiantes enfrentarse a problemas concretos que pueden requerir una integración compleja de varias áreas de conocimiento médico. Resolver estos casos en un entorno controlado, con la guía de instructores experimentados, permite a los estudiantes desarrollar sus habilidades de razonamiento clínico y toma de decisiones en un contexto práctico y relevante.<sup>83</sup>

Durante las clases prácticas, también es importante que haya una supervisión adecuada y una retroalimentación continua. Los instructores no solo deben observar y corregir las técnicas de los estudiantes, sino también facilitar discusiones que promuevan una comprensión más profunda de las actividades realizadas. Esta interacción directa y personalizada es invaluable, ya que ajusta y refina el proceso de aprendizaje de los estudiantes, asegurando que adquieran las competencias necesarias de manera efectiva y eficiente.

#### **2.1.1.6 Nuevas tendencias**

Además, el aprendizaje basado en problemas (ABP) se ha convertido en un pilar de la enseñanza médica, donde los estudiantes trabajan en grupos para resolver casos clínicos, fomentando un aprendizaje autodirigido y colaborativo. Esta técnica estimula la curiosidad intelectual y promueve una comprensión más profunda de las condiciones médicas, al tiempo que prepara a los estudiantes para la toma de decisiones basada en evidencia científica.<sup>84</sup> Esta estrategia coloca a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje, enfrentándolos a problemas médicos reales o simulados desde el comienzo de su formación. El ABP incentiva a los estudiantes a tomar un rol activo en su educación,

fomentando un aprendizaje autodirigido y colaborativo. A través de este enfoque, los estudiantes desarrollan no sólo conocimientos médicos, sino también habilidades críticas de pensamiento, análisis y toma de decisiones, que son cruciales para la práctica médica.

84

Los guiones sobre enfermedades, utilizados en instituciones como la Rutgers New Jersey Medical School, representan un enfoque innovador en la educación médica. Estos guiones no son meros resúmenes de información; son herramientas dinámicas que estructuran el conocimiento médico de manera que simula el proceso de pensamiento de médicos expertos. Funcionan integrando síntomas comunes y patrones de enfermedades en un formato que es fácilmente accesible y aplicable durante el diagnóstico. Al emplear estos guiones, los estudiantes pueden identificar rápidamente las manifestaciones clínicas y vincularlas con posibles condiciones subyacentes, lo que acelera y afina el proceso de diagnóstico. Este método no solo mejora la eficiencia diagnóstica sino que también enseña a los estudiantes a pensar de manera estructurada y sistemática, una habilidad crucial en la práctica médica.<sup>84</sup>

En la University of California, Irvine, el modelo del One Minute Preceptor ha ganado prominencia como un método efectivo para maximizar el aprendizaje en entornos clínicos de alta presión. Este modelo se basa en interacciones breves pero sustanciales entre el instructor y el estudiante, donde el tiempo limitado se utiliza de manera óptima. Durante estos encuentros, el instructor guía al estudiante a través de una serie de pasos que incluyen la definición del problema clínico, la justificación de un diagnóstico o tratamiento potencial, y luego una discusión rápida de los puntos clave del caso. Esta técnica es invaluable porque enseña a los estudiantes a procesar información rápidamente y a tomar decisiones fundamentadas en un entorno que simula el ritmo y las presiones de la vida real en la medicina.

El reconocimiento de patrones, especialmente en el campo de la radiología, es otro método crítico que ha transformado la educación médica. En este enfoque, los estudiantes aprenden a detectar rápidamente patrones diagnósticos característicos en imágenes médicas, lo cual es esencial para realizar diagnósticos precisos y eficientes. Esta habilidad es particularmente valiosa en la radiología, donde el tiempo y la precisión pueden tener implicaciones directas en los resultados del paciente. A través de la práctica constante y la exposición a una amplia gama de imágenes de casos, los estudiantes desarrollan una aguda capacidad para discernir anomalías y normalidades, acelerando su habilidad para identificar problemas médicos específicos sin demora.<sup>84</sup>

Por último, la simulación de alta fidelidad ha sido una adición transformadora a la formación médica, con instituciones como Stanford University liderando en su implementación. Estos simuladores ofrecen escenarios clínicos realistas donde los estudiantes pueden practicar habilidades y procedimientos médicos en un entorno seguro y controlado. La simulación de alta fidelidad permite a los estudiantes cometer errores y aprender de ellos sin el riesgo de causar daño real. Este tipo de aprendizaje activo no solo mejora la competencia técnica, sino que también prepara a los estudiantes para manejar mejor el estrés y las incertidumbres del entorno clínico real.<sup>84</sup>

### **2.1.2 Enseñanza de la medicina en Costa Rica**

La formación médica a nivel de licenciatura en Costa Rica sigue rigurosamente las normativas internacionales, garantizando que tanto las universidades privadas como las públicas ofrezcan programas de estudio comparables y de alta calidad. El diseño curricular abarca desde los fundamentos sociohumanísticos y ciencias básicas, hasta las ciencias biomédicas más avanzadas, proporcionando una base sólida que es fundamental para cualquier práctica médica.<sup>85</sup>

Conforme avanzan en su formación, los estudiantes se adentran en el ámbito específico de la medicina práctica, explorando disciplinas especializadas como la pediatría, la medicina interna, la cirugía general, así como la medicina familiar y comunitaria, y la ginecología y obstetricia. Este enfoque no solo refuerza el aprendizaje de habilidades técnicas, sino que también impulsa la comprensión de los desafíos prácticos y éticos del cuidado de la salud en diferentes contextos.<sup>85</sup>

El currículo también enfatiza la salud pública y la promoción de la salud, integrando la prevención y la rehabilitación como elementos clave. En respuesta a una visión más contemporánea de la medicina, algunos programas están adoptando un enfoque holístico que va más allá del tratamiento de enfermedades. Incorporan activamente la educación preventiva y comunitaria, lo que resulta crucial para formar médicos con una visión integral y preparados para enfrentar los retos de salud pública actuales.

Una parte esencial del aprendizaje se desarrolla a través de las clases prácticas y las pasantías, donde los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos en entornos reales de hospitales y comunidades, tanto urbanas como rurales. Estas experiencias no solo consolidan el aprendizaje académico, sino que también preparan a los estudiantes para interactuar efectivamente con los pacientes y otros profesionales de

la salud, desarrollando habilidades de comunicación y toma de decisiones críticas en situaciones de alta presión.<sup>85</sup>

Las estrategias de enseñanza en estas etapas prácticas están meticulosamente diseñadas para fomentar la participación activa del estudiante. Los profesores emplean métodos como estudios de casos, simulaciones, y rondas clínicas supervisadas, los cuales son vitales para el aprendizaje experiencial. Además, las evaluaciones prácticas a menudo utilizan el marco del International Foundations of Medicine (IFOM), asegurando así que los futuros médicos no solo adquieran conocimientos, sino que también demuestren competencia en su aplicación práctica.

En cuanto a la evaluación de los graduados, Costa Rica presenta una peculiaridad: a diferencia de otros sistemas educativos, no requiere una evaluación médica estandarizada para todos los licenciados en medicina antes de su inscripción en el colegio profesional. Esto se aplica solo a médicos formados en el extranjero, quienes deben pasar por un proceso de validación de sus credenciales y conocimientos.<sup>85</sup>

En el contexto educativo médico, el aprendizaje en las aulas constituye la base teórica necesaria para comprender la salud y la enfermedad bajo una lente multidisciplinaria que incluye perspectivas sociales, fisiológicas, biológicas y farmacológicas, entre otras. Este enfoque teórico se complementa con referencias prácticas que sirven como preámbulo a la experiencia más directa y humanística que los estudiantes enfrentarán en los centros de práctica.<sup>86</sup>

Una vez en estos centros, la formación se enriquece enormemente al interactuar directamente con pacientes reales que enfrentan diversas condiciones de salud. Esta interacción amplía la comprensión de los estudiantes más allá de la teoría, pues se encuentran con la complejidad humana de la salud, que abarca factores socioeconómicos, emocionales y culturales que influyen en la enfermedad y su tratamiento. Es aquí donde la comunicación se convierte en una disciplina crucial, esencial para proporcionar una atención efectiva y empática. Los estudiantes aprenden a ver al paciente como un ser integral, cuyas necesidades no pueden ser completamente entendidas solo desde un punto de vista biomédico.

La dinámica de aprendizaje en los centros de práctica se caracteriza por un enfoque colaborativo, donde los estudiantes, bajo la guía de profesionales experimentados, estudian diversas patologías no solo observando e interactuando directamente con los pacientes, sino también a través de otros recursos como exámenes médicos, imágenes

diagnósticas, historias clínicas y visitas comunitarias o familiares. Esta metodología permite una comprensión profunda y multifacética del proceso de salud-enfermedad.<sup>86</sup>

Además, el trabajo en estos entornos a menudo se realiza en grupos, fomentando una acción solidaria entre los expertos y los aprendices. Esta colaboración no solo facilita la transferencia de conocimientos y habilidades, sino que también refuerza la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo, una habilidad fundamental en cualquier entorno médico.<sup>86</sup>

### **2.1.3 Enseñanza de la medicina en la Universidad Internacional de las Américas**

Con respecto a este apartado cabe mencionar que fue consultada la información disponible en el CONESUP, en relación con la carrera de Licenciatura en Medicina y Cirugía. Esta carrera fue aprobada por este ente regular el 18 de marzo de 1992, según consta en el acta de la sesión N° 192-92, en el artículo 5.<sup>87</sup>

En cuanto al plan de estudios actual, está estructurado para proporcionar una formación integral a los futuros médicos, equilibrando la teoría con la práctica a lo largo de varios años. Desde el principio, los estudiantes se sumergen en un aprendizaje profundo que abarca desde los fundamentos científicos hasta las habilidades clínicas avanzadas, preparándolos para enfrentar los desafíos de la atención médica moderna.

El primer año del programa establece una base sólida en ciencias básicas y habilidades esenciales para la práctica médica. Los estudiantes exploran asignaturas como Informática Médica, que es crucial en la era digital de la medicina, y Química General, acompañada de laboratorios prácticos que complementan la teoría con experiencias reales. Asimismo, asignaturas como Biología y Técnicas de Comunicación fortalecen su comprensión de los sistemas biológicos y su capacidad para interactuar eficazmente, tanto con colegas como con pacientes.<sup>88</sup>

A medida que los estudiantes progresan a través de los cuatrimestres, se enfrentan a cursos más especializados. La Anatomía, Histología y Química Orgánica les ofrecen un conocimiento detallado de la estructura y función del cuerpo humano, mientras que las asignaturas avanzadas como Bioquímica y Fisiología profundizan en los procesos moleculares y fisiológicos que subyacen a la salud humana.

Durante el tercer y cuarto año, la transición hacia las aplicaciones clínicas se vuelve más prominente. Los estudiantes participan en cursos que cubren las principales áreas de la medicina, incluyendo Medicina Interna, Cirugía y especialidades como Ginecología y Obstetricia. La incorporación de la Salud Pública y Farmacología destaca la importancia

de entender la medicina dentro de contextos comunitarios y de salud pública, preparando a los estudiantes para abordar no solo las necesidades individuales de los pacientes, sino también los determinantes sociales de la salud.<sup>88</sup>

El internado, que ocupa el último año del programa, es donde la teoría se encuentra con la práctica en su máxima expresión. Los estudiantes se sumergen en el entorno clínico, rotando a través de diferentes especialidades médicas. Esta experiencia no solo solidifica su formación clínica, sino que también afina sus habilidades diagnósticas y terapéuticas bajo la supervisión de profesionales experimentados. Durante este tiempo, enfrentan desafíos reales y aprenden a tomar decisiones críticas, una preparación invaluable para su futura carrera como médicos.<sup>88</sup>

El enfoque no es solo en tratar enfermedades, sino en promover una visión holística de la salud, integrando aspectos de prevención, educación sanitaria y bienestar general. Al concluir su formación, los estudiantes no solo están capacitados técnicamente, sino que también están preparados para ejercer la medicina con un profundo sentido ético y compromiso social, esenciales para el ejercicio profesional efectivo y compasivo en cualquier contexto de salud.<sup>88</sup>

## **2.2 Factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes de medicina**

La gran mayoría del tiempo, cuando los estudiantes ingresan por primera vez a estudiar medicina entran con mucha motivación, sin embargo, con el pasar del tiempo esa motivación comienza a disminuir debido a múltiples factores. Uno de esos se debe a la mala pedagogía que tienen los profesores para enseñar, muchas veces los médicos son contratados para dar clases en algún curso, pero no son preparados adecuadamente para enseñar, por lo que eso genera gran indisposición en el estudiante afectando gravemente su eficiencia y desarrollo como profesional.

Los problemas del sueño son muy comunes en los estudiantes de medicina, un 40% llega a padecer insomnio debido a que muestran ser sumamente vulnerables a la falta de sueño, producido por factores como la alta intensidad del estudio, tareas clínicas y guardias que duran toda la noche por un periodo de tiempo prolongado en vista de que la carrera es de larga duración, todo lo cual afecta de manera marcada el rendimiento académico. Existen varios estudios que respaldan la idea de que toda persona debe de

tener una buena calidad del sueño para poder obtener un rendimiento neurocognitivo y psicomotor adecuado, tanto para la salud física como para la mental. En general, la mayoría de escuelas de medicina siguen un programa de 5 a 6 años de alta intensidad en el que todo ese periodo de tiempo el sueño del estudiante se ve afectado en cantidad, calidad, regularidad y planificación, lo cual lo lleva con frecuencia a padecer síntomas de insomnio o somnolencia afectando consigo su desarrollo profesional, puesto que conlleva a predisponer el desarrollo de estrés, ansiedad, alteración y modificación de las funciones cerebrales cognitivas<sup>21</sup>.

Las sustancias inhibidoras del sueño son muy utilizadas por los estudiantes para lograr un mejor rendimiento académico, ya que los excesivos temas para de aprendizaje demanda largas jornadas y noches de estudio, y para poder cumplir con los deberes presentes muchas veces necesitan mantenerse activos para que les pueda rendir el tiempo, sin embargo, muchas de estas sustancias son psicoactivas por lo que pueden modificar la conciencia, los procesos de pensamiento e incluso el estado de ánimo de un individuo. Por otro lado, otros factores como el ritmo y el estilo de vida puede verse influenciado para el consumo de estas sustancias, por ejemplo, se ha logrado evidenciar que los estudiantes de primer año suelen hacer uso de estas sustancias, probablemente por el cambio de secundaria a la universidad en donde la carga académica es mucho más exigente.

Los universitarios modifican los estilos de vida según se acerca el periodo de exámenes, lo cual los conlleva a la búsqueda de estrategias de aprendizaje que influyen en hábitos poco saludables con el único fin de poder cumplir las exigencias requeridas. Para la Organización Mundial de la Salud el método más utilizado para despertar y empezar los labores de manera activa es por medio de la ingesta de café, sin embargo, existen otras sustancias que utilizan para el mismo fin como lo son las bebidas *diet o light* con cafeína, Red Bull, anfetaminas como la ritalina, marihuana, bebidas energéticas a base de taurinas, entre otros, con el fin de aumentar el nivel de concentración, mejorar el estado de alerta mental y principalmente impedir el sueño, sin embargo, la utilización de estas técnicas en un periodo de tiempo prolongado puede llegar a causar afectación física y cognitiva<sup>22-23</sup>.

Por otro lado, carreras como medicina requieren de mayor dedicación y años de estudio, lo que conlleva a un aumento de depresión por parte de los estudiantes debido al mayor compromiso y responsabilidad que tienen por la carga académica en el que muchas de las veces los cursos de clínicas y relación con los pacientes enfermos y familiares suele resultar muchas veces agobiante. La gran mayoría de estudiantes presentan un estado de cansancio mental debido a las situaciones repetitivas del ámbito universitario, el cual afecta mayormente a estudiantes de segundo y tercer año y muchas veces se debe a la ausencia de calidad y cantidad de sueño. Asimismo, otras de las causas por la que los alumnos pueden padecer depresión puede ser por un apoyo inadecuado de familiares y amigos, dificultades económicas, migración lejos de su familia, todo lo cual conlleva a un mal rendimiento académico <sup>24</sup>.

### **2.3 Afectación de la enseñanza debido a la pandemia COVID-19**

A partir del mes de marzo del 2020 el país hizo una declaración de estado de alerta sanitaria a nivel nacional, llevando al cierre tanto de escuelas y universidades, como comercios y empresas, lo cual obligó a los centros educativos y universitarios la implementación de una enseñanza en línea para poder seguir impartiendo las lecciones a los estudiantes. Este cambio repentino de modalidad de enseñanza virtual desafió tanto a las universidades, profesores y estudiantes debido que para muchos era una experiencia completamente nueva, ya que, desde la antigüedad el estudio ha estado limitado a una enseñanza tradicional en el que los estudiantes deben de asistir presencialmente a los centros universitarios para recibir clases magistrales con hojas y papel.

La implementación de la enseñanza virtual representó un gran reto para todos, puesto que se debían de considerar ciertos factores para que el estudiante pudiera utilizarlo así como la disponibilidad de Internet, un ambiente adecuado para estudiar en casa, el manejo de plataformas virtuales por parte de los profesores y de los alumnos, un soporte académico tecnológico de la universidad y el docente debía de tener la capacidad de dictar cursos a distancia. Pese a que medicina constituye un gran porcentaje de aprendizaje teórico los profesores se cuestionaban mucho este tipo de método debido a que cualquier carrera que pertenezca al área de salud se debe de poner en práctica los conocimientos y por este método era prácticamente imposible que los estudiantes pudieran desarrollar sus destrezas, habilidades, conocimientos clínicos y prácticos <sup>25</sup>.

El confinamiento implicó un cambio drástico en todas las personas, especialmente en los estudiantes, puesto que se vieron afectadas las actividades y comportamientos de la vida cotidiana como tareas académicas presenciales que se vieron obligadas a trasladarse a virtuales, lo cual conllevó a efectos negativos, principalmente para todos aquellos relacionados con el área de salud, puesto que sufrían los estresores comunes de esa nueva realidad y se vieron obligados a modificar los planes de estudios tradicionales a regímenes virtuales, suspendiendo de manera imperativa las prácticas formativas y rotaciones clínicas que generaban un gran desarrollo en su formación profesional, todo lo cual aumentaba los niveles de estrés y desconfianza en el proceso formativo. El proceso de educación en línea generó ventajas y desventajas en el escenario de enseñanza, como por ejemplo la flexibilidad en la distribución de los temas, aplicabilidad de nuevas tecnologías, la flexibilidad del tiempo debido a que no tenían que desplazarse, mayores distracciones y consigo malos hábitos de estudio <sup>26</sup>.

Con el transcurso de la pandemia se comenzó a reportar afectación psicológica en los estudiantes, muchos de ellos iniciaron a cursar con síntomas moderados de estrés, problemas para dormir, disfunción social en la actividad diaria, depresión y ansiedad debido a la suspensión de clases presenciales. Muchos de los alumnos comenzaron a presentar problemas económicos debido al confinamiento, ya que, gran cantidad de ellos eran procedentes de lugares aledaños a la ciudad, por lo que muchos vivían solos y los gastos para su familia eran mayores, además, muchos contaban con familiares enfermos por COVID-19, lo cual generaba gran estrés en ellos conllevando a mostrar desinterés por los estudios e inclusive la deserción completa de la universidad, puesto que el entorno familiar ocupa un lugar importante para el desarrollo de la persona manifestándose también en la vida académica <sup>27</sup>.

Por otro lado, el internado médico consiste en las prácticas pre-profesionales durante el último año de estudio donde los alumnos realizan rotaciones hospitalarias y clínicas en diferentes especialidades médicas siendo de suma importancia, ya que se debe de realizar para poder colegiarse y ejercer como médico. El internado antes de pandemia se caracterizó por una sobrecarga de trabajo excesivo en el que realizaban jornadas laborales de aproximadamente 10 horas diarias y en las que muchas de las veces se prolongaban hasta 36 horas sin descanso, pese al cansancio. al ser tantas horas los

estudiantes se nutrían de conocimiento debido a que realizaban actividades como responder llamados, entrevistar a los pacientes, dejar indicaciones médicas siempre bajo supervisión, comunicarse con familiares del paciente, escribir evoluciones clínicas, realizar educación al paciente y su familia, asistir a procedimientos y colaborar en los planes y decisiones clínicas que se toman sobre los pacientes. Sin embargo, luego de la pandemia las rotaciones comenzaron a cambiar puesto que los centros de salud empezaron a limitar a los estudiantes de medicina en la actividad asistencial, ya que podían ser potenciales vectores de transmisión, retomar las rotaciones requerían uso de equipo de protección personal y en vez de ayudar generaban una carga extra para los docentes clínicos<sup>29</sup>.

Aunque la virtualización de algunos contenidos se convirtió en una alternativa debido a la posibilidad de ver videos didácticos sobre cirugías, endoscopias o reuniones virtuales para la discusión de casos clínicos, eso jamás reemplazó el aprendizaje de habilidades que solo es posible aprender en las salas de operaciones realizando los procedimientos. Además, al igual que las especialidades quirúrgicas la dermatología necesita de habilidades que solo se logran desarrollar mediante la evaluación física repetitiva, y la apreciación continua de texturas, todo lo cual generó que la virtualización tuviera un valor limitado <sup>28, 29, 30</sup>.

#### **2.4 Nuevos métodos implementados para la enseñanza y el aprendizaje**

Luego de la pandemia por COVID-19 se tuvieron que implementar nuevos métodos para el aprendizaje y enseñanza en los estudiantes de medicina para seguir con el proceso de formación profesional, es por esto que, la gran mayoría de nuevos métodos utilizados fueron relacionados a entornos virtuales. Por ejemplo, una de las nuevas metodologías es la clase invertida en la que los estudiantes se hacen responsables de su propio proceso, el profesor graba una clase mediante un video y la sube a alguna plataforma donde los estudiantes pueden revisarla desde la comodidad de su casa, luego de eso el profesor les deja una tarea relacionada al tema grabado y en la próxima clase presencial se discute acerca del video y se resuelven las interrogantes<sup>31</sup>.

Otro ejemplo es Kahoot el cual es un juego orientado al intercambio y colaboración que se encuentra disponible en la página web, se utilizó como nueva plataforma de aprendizaje debido a la facilidad de acceso en línea y por ser de manera gratuita desde

cualquier dispositivo móvil, es por esto que, este juego permite que mediante los temas vistos en clase se puedan realizar preguntas de selección múltiple, con la opción de incorporar instrumentos multimedia como imágenes o videos, donde los estudiantes deben de responder de manera individual poniendo a prueba sus conocimientos y con posibilidad de favorecer la retroalimentación inmediata acerca de las respuestas correctas y los errores cometidos <sup>31</sup>.

Por otro lado, debido al gran avance con la tecnología se integraron otros procedimientos exitosos en la educación. Estudios en el campo de la medicina describieron que las redes sociales son utilizadas con mucha frecuencia por las sociedades médicas y que desempeñan un papel importante en el suministro de la información dentro del hábito de la salud, es por esto que, por medio de diferentes estudios se llegó a resultados en el que la mayoría de los estudiantes utilizaban telegram (red social) y lo empezaron a usar con el fin de formar grupos en la plataforma para socializar, informar a los estudiantes sobre clases, compartir tareas y otras actividades que incluyeran una gran variedad de contenidos como texto, audio y videos educativos <sup>32</sup>.

Otras de las propuestas metodológicas para la mejora del aprendizaje en los estudiantes fue la utilización de impresoras 3D como recurso educativo basado en proyectos. Los orígenes de la impresión se remontan en 1976 con la invención de la impresora de tinta que con el paso de los años se han generado avances y adaptaciones cada vez mejores que hicieran traspasar la barrera de la inyección de tinta hacia la utilización de otros materiales para la impresión, es por esto que la tecnología de la impresión 3D es en la actualidad una posibilidad educativa real, ya que, mediante un *software* diseñado se puede imprimir un objeto físico relacionado con cualquier área de conocimiento médico, lo cual ayuda a la comprensión de los alumnos, mejora la creatividad y fomenta interés y motivación por el estudio, por ejemplo, la manera tradicional de enseñanza y aprendizaje en la anatomía humana está basada en ilustraciones y disección cadavérica, mientras que por medio de impresión 3D se pueden utilizar modelos anatómicos tridimensionales<sup>33</sup>.

## 2.5 La impresora 3D

Según Hiemenz, Stratasys.<sup>34</sup>, una impresora 3D es una máquina que crea objetos de plástico u otros materiales utilizando un proceso de fabricación de aditivos. La fabricación aditiva produce objetos en una sucesión de capas de la parte inferior, hacia arriba. Esto es lo contrario de los tradicionales procesos sustractivos de fabricación, que producen objetos de material de corte partiendo de un bloque para crear la forma deseada.

Simplifica y acelera el proceso de elaboración de prototipos y productos terminados.

Existen distintos tipos de máquinas las cuales trabajan de manera distinta, sin embargo, con cierta similitud y mismos pasos a seguir, los pasos comunes son los siguientes explicados de manera general.

- **PRE-PROCESADO** (“slicing” o seccionado del diseño CAD en capas). El proceso FDM comienza en uno de los dos programas de preparación de construcción, el primer paso es importar un archivo de diseño, elegir opciones y crear segmentos (capas). El *software* calcula y "secciona" el diseño de la pieza en muchos niveles, que van desde 0,005 pulgadas (0,127 mm) a 0,013 pulgadas (0,3302 mm) de altura. Utilizando los datos de seccionamiento, el *software* genera "trayectorias" o instrucciones de construcción que impulsará el cabezal de extrusión. El siguiente paso es enviar el trabajo a la impresora 3D<sup>34</sup>.
- **CONSTRUCCION** (procesado de capas) Pulse “Imprimir” para empezar la construcción. Dos materiales, uno para hacer la pieza, y uno que sirve de apoyo, entran en el cabezal de extrusión. Se aplica calor para ablandar el plástico, que se extruye en un hilo, aproximadamente el tamaño de un cabello humano. Alternando entre material de la pieza y el material de apoyo, el sistema deposita capas tan finas como 0,005 pulgadas (0,13 mm)<sup>34</sup>.
- **POST-PROCESADO** (La eliminación de material de soporte desechable) Cuando la pieza está completa, abra la cámara y retírela. Termina por lavado o quitando el material de soporte que sostenía la pieza en su lugar.

## **2.6 Impresión 3D y funcionamiento.**

La impresión 3D en la tecnología es un avance importante en los últimos años, ya que se pueden fabricar objetos tridimensionales que son de gran utilidad, en diferentes ámbitos académicos.

Es el proceso por medio del cual se pueden producir objetos tridimensionales sólidos a partir de un modelo digital, a través de una PC. Existe una cantidad de procesos productivos donde las piezas se producen por mecanizado de “sustracción”, lo que significa que se quita material para lograr el producto final; ejemplos de estas operaciones son el torneado, fresado, taladrado, aserrado, etc. La impresión 3D difiere de las anteriores, ya que constituye una tecnología de fabricación por adición, o sea, con aporte de material, donde el objeto tridimensional se crea mediante la superposición de capas sucesivas de material. En general, las impresoras 3D son más rápidas, más económicas y más fáciles de usar que las tecnologías de fabricación por sustracción, brindan a los diseñadores del producto la posibilidad de imprimir partes producidas en diferentes materiales, con diferentes propiedades físicas y mecánicas, y unirlos al final con una simple operación de montaje. En la última década se experimentó un gran crecimiento en la venta de impresoras 3D, a medida que su costo se reducía. La impresión 3D puede utilizarse para rubros muy variados como la producción de prototipos, diseño industrial y artístico, autopartes, joyería, calzado, arquitectura, ingeniería en general, construcción, industria aeroespacial, medicina, educación, sistemas de información, y muchos otros<sup>35</sup>.

Detalle del proceso

## **2.7 Historia de la impresora 3D**

En cuanto la historia de la impresión tridimensional y el proceso de su desarrollo a lo largo de los años y sus fundadores se puede agregar que:

La primera impresora 3D, fue la SLA-250, tuvo lugar a finales de 1988, por parte de la empresa, 3D Systems, fundada en 1986 por Chuck Hull, ingeniero de profesión. El procedimiento que empleaba era la estereolitografía, técnica que creó y en 1984. En aquella época no existía aún la expresión "impresión 3D".

Chuck Hull habla de stereolithography apparatus, fórmula que designa un sistema de fabricación por capas sucesivas a partir de un material sensible a los rayos ultravioletas. La impresora funcionó con éxito en el mundo industrial. En 1988, Scott y Lisa Crump crearon la compañía Stratasys. En ese momento se encontraban en pleno desarrollo del proceso FDM (Fused Deposition Modeling, en español "Modelado por Depósito de Fundente\*"), que sería patentado al año siguiente. La sociedad lanza al mercado sus primeras impresoras basadas en esta técnica, que permite depositar el material licuado capa por capa gracias a un cabezal móvil de extrusión. La FDM dará lugar más tarde a las impresoras personales<sup>36</sup>.

Hubo que esperar hasta 1993 para que apareciera el proceso 3DP (Three Dimensional Printing, en español Impresión Tridimensional), creado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Es similar a la técnica empleada por las impresoras 2D de inyección de tinta: un pegamento protegido bajo una película de polvo, que forma poco a poco el objeto. En 1995, la compañía Z Corporation obtuvo del MIT el derecho de uso exclusivo del proceso 3DP e inició el desarrollo de sus impresoras, destinadas únicamente al mundo industrial<sup>36</sup>.

## **2.8 Hechos destacables de la impresión en 3D**

Se han demostrado a lo largo de los años hechos destacables e importantes de la impresión 3D que han sumado de maneras diferentes conocimiento a esta tecnología para los años siguientes.

- 1987 - Carl Deckard desarrolla el sistema de impresión de sinterización selectiva por láser (SLS)
- 1988 - Scott Crump inventa el modelado por deposición fundida (FDM)
- 1988 - Desarrollada finalmente a través la marca 3D Systems, la estereolitografía (SLA) de Chuck Hull sale al mercado.
- 1989 - Se concede la patente del SLS. Scott Crump funda Stratasys Hans Langer funda EOS GmbH.
- 1990 - EOS vende su primer sistema de Stereos, una variante de la estereolitografía patentado por la marca.
- 1992 - Stratasys consigue la patente de su tecnología FDM

- 1996 - Z-Corporation (Adquirida posteriormente por 3D Systems) saca a la venta su tecnología 3DP, ahora conocida como Color Jet Printing.
- 1999 - El Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forrest implanta en humanos los primeros órganos modificados por medio de implantes arteriales impresos en 3D y cubiertos con células del paciente.
- 2002 - El Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forrest imprime el primer órgano en 3D: un riñón completamente funcional.
- 2005 - El Dr. Adrian Bowyer funda Rep Rap una iniciativa open-source para crear una impresora 3D que pudiera imprimir sus propias piezas.
- 2006 - El proyecto Fab@Home, de la Universidad Comen presenta la primera impresora 3D de código abierto (más tarde conocido como Open Source Hardware).
- 2007 - Sale a la venta el primer sistema SLA de impresión profesional por menos de 10.000€ con el modelo 1000 de 3D Systems.
- 2008 - Se desarrolla la primera prótesis de pierna impresa en 3D con tecnología SLS.
- 2009 - Sale al mercado la primera impresora 3D comercializada en forma de kit, la cual se basa en la filosofía Rep-Rap. En ese momento, solo unos cientos de personas en todo el mundo se interesaron por esta nueva forma de construir impresoras que iba a revolucionar el sector.
- 2010 - La empresa Organovo (compañía de medicina regenerativa) se centra en la tecnología de bioimpresión anunciando la publicación de datos sobre los primeros vasos sanguíneos completamente impresos.
- 2011 - La Universidad de Southampton fabrica el primer avión no tripulado impreso en 3D.
- 2013 - Defense Distributed saca a la luz la primera pistola imprimible en 3D la Liberator, hito que convulsiona al sector de la impresión 3D centrando todos los medios de comunicación en las posibilidades y peligros del mismo.
- 2014 - Winsun Decoration Design Engineering Co. difunde su sistema Atlas de impresión 3D, capaz de construir casas<sup>37</sup>.

## 2.9 Tecnologías de impresión 3D

- Extrusión de material (FDM – Fused Deposition Modelling): un filamento de un material (regularmente termoplásticos, que pueden tener partículas de algún otro

material, logrando una combinación) se hace pasar por un conducto que lo calienta por encima de la temperatura de transición vítrea y después se extruye por un inyector. El plástico extruido se va depositando capa a capa sobre una base conocida como “cama” , esta va siguiendo el contorno de la pieza.

- Fotopolimerización (Vat Polymerization) con las tecnologías SLA (Stereolithography) y DLP (Digital Light Processing): Se realiza un curado capa a capa por medio de luz ultravioleta enfocada de una piscina de resina, la cual es fotosensible.

- Fusión de lecho de polvo (Powder Bed Fusion) con las tecnologías SLS (Selective Laser Sintering), DMLS (Direct Metal Laser Sintering), SLM (Selective Laser Melting) y EBM (Electron Beam Melting): en un recipiente se agregan capas finas de polvo de materiales plásticos (SLS) o metálicos (SLM, DMLS) que se van fundiendo, también capa a capa, mediante un láser u otros métodos como lámparas (Multijet Fusion) o un haz de electrones (EBM). Cuando se solidifica el material que define la pieza se debe retirar el polvo que sobra (el que no está solidificado) de alrededor de la pieza, siendo común un recocido posterior para eliminar tensiones internas.

- Inyección de material (Material Jetting): gotas de material se disparan por un inyector y son curadas por una luz ultravioleta capa a capa, ya que esta tecnología necesita soportes densos en toda la pieza a causa de que el material que sale del inyector es líquido, se debe combinar un material de construcción y otro de soporte, siendo este último hidrosoluble para así poder retirarlo a posterior de manera sencilla en baño de agua.

- Inyección de aglutinante (Binder Jetting): se añaden finas capas de polvo sobre las que se dispara selectivamente un aglutinante/pegamento. Tras la impresión, las piezas se limpian de polvo y después se sinterizan (piezas metálicas) o se infiltran con adhesivo de cianoacrilato (plásticos/arena).

- Deposición directa de energía (Direct Energy Deposition) (LENS – Laser Engineered Net Shaping, EBMD – Electron Beam Direct Manufacturing): conocido como soldadura 3D, consiste en fundir polvo o hilo metálico saliendo por un inyector para ir depositando capa a capa de forma parecida a un cordón de soldadura.

- Laminación de hojas (Sheet Lamination) (LOM – Laminated Object Manufacturing, UAM – Ultrasound Additive Manufacturing): consiste en laminar hojas de material y cortarlas capa a capa según la forma deseada<sup>38</sup>.

**Tabla 1** Comparativa de tecnologías de impresión 3D

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EXTRUSIÓN DE MATERIAL	+ Bajo coste + Gran disponibilidad + Lead Time bajo	- La menor precisión dimensional - Capas altamente visibles – Anisotropía
FOTOPOLIMERIZACIÓN	+ Alta precisión dimensional + Buen acabado sin post-procesar	- Piezas generalmente frágiles - Degradación con la exposición al sol - Soportes siempre necesarios
FUSIÓN DE LECHO DE POLVO (PLÁSTICO)	+ Isotropía + Sin soportes + Lotes pequeños a medianos	- Acabado superficial granular - Superficies grandes o agujeros pequeños pueden ser problemáticos
FUSIÓN DE LECHO DE POLVO (METAL)	+ Pieza sólida tras impresión + Bases paletizadas permiten mecanizado posterior con facilidad + Lotes pequeños a medianos	- Anisotropía, tensiones internas (post-procesado) - Polvo metálico (tóxico, explosivo) - Requiere soportes siempre - Alto coste
INYECCIÓN DE MATERIAL	+ Buen acabado superficial	- Prototipos no funcionales (frágil)

	<p>(comparable a inyección)</p> <p>+ Isotropía</p> <p>+ Multi-materia</p>	<p>- Fotosensible</p> <p>- Coste alto</p> <p>- Soportes siempre</p>
<p>INYECCIÓN DE AGLUTINANTE (ARENA)</p>	<p>+ Piezas grandes (p.ej. moldes)</p> <p>+ Menor coste (vs Inyección de material)</p> <p>+ Sin soportes</p>	<p>- Frágil</p> <p>- Acabado rugoso</p> <p>- Materiales limitados</p>
<p>INYECCIÓN DE AGLUTINANTE (METAL)</p>	<p>+ Menor coste (vs Fusión de lecho de polvo)</p> <p>+ Sin efectos térmicos en la impresión (isotropía)</p> <p>+ Lotes pequeños a medianos</p> <p>+ Sin soportes</p>	<p>- Frágil hasta el sinterizado</p> <p>- Alta contracción en sinterizado</p> <p>- Mayor tamaño de detalle mínimo</p> <p>- Polvo metálico (tóxico, explosivo)</p>
<p>DEPOSICIÓN DIRECTA DE ENERGÍA</p>	<p>+ Alta velocidad de fabricación</p> <p>+ Permite reparación de piezas</p> <p>+ Piezas de gran tamaño</p>	<p>- Coste alto</p> <p>- Baja precisión dimensiona</p>
<p>LAMINACIÓN DE HOJAS</p>	<p>+ Alta velocidad de fabricación</p>	<p>- Baja precisión dimensional</p> <p>- Unión entre capas débil</p>

	+ Sin soportes	
--	----------------	--

**Fuente: elaboración con base en la referencia<sup>38</sup>.**

## 2.10 Proceso de producción en la impresión en 3D

Se describen los procesos y pasos necesarios para la realización de un diseño digital y obtener una pieza real impresa. Se describen pasos que deberán ser adaptados al tipo de pieza, la tecnología seleccionada, al tipo de máquina e incluso al *software* usado. La descripción siguiente describe principalmente a la técnica con filamento fundido (FDM), sin embargo, el procedimiento de impresión para otras impresoras y materiales suele ser de manera muy similar<sup>39</sup>.

Por lo tanto, los consejos que se describen a continuación son orientativos y tienen carácter general, de manera que no deben ser tomados al pie de la letra, este proceso de impresión influye mucho en la experiencias de las personas que realizan el proyecto, las características de la pieza y de la máquina utilizada, esto implica que una persona con poca o sin experiencia puede hacer impresiones con fallos, a diferencia de una persona que tiene más experiencia a la cual se le facilitarían más los diseños a realizar.

Pasos a seguir para la fabricación de piezas<sup>40</sup>.

- Obtener el modelo digital
- Explotar y reparar el archivo STL
- Test, orientación, distribución y G code
- Impresión 3D
- Extracción de piezas
- Post proceso cita
- Obtener el modelo digital

### 2.10.1 Modelar la pieza usando un software CAD

Para obtener el modelo tridimensional se debe usar un *software* de diseño asistido por ordenador (CAD). Existen diferente *software* tipo CAD con los que modelar, por lo

tanto las opciones son muchas y no hay una opción mejor que otra, sino que dependerá del usuario y sus habilidades y experiencia con el *software*<sup>40</sup>.

### **2.10.2 Obtener la geometría mediante ingeniería inversa y escáneres 3D**

Se usa un escáner 3D para obtener digitalmente la geometría de un objeto real. No es un proceso simple y se requiere de cierta habilidad y experiencia. Hay muchos tipos de escáneres 3D y son de un precio elevado. El proceso normalmente es el siguiente: primero se adquiere la geometría con un escáner 3D. Después esa geometría se modifica para que sea adecuada para la impresión en 3D<sup>40</sup>.

### **2.10.3 Descargar el modelo de repositorios**

Es importante obtener un modelo 3D que sea robusto y que esté pensado para la impresión 3D. Es decir, cualquier pieza que se diseñe y modele, o que se escanee, o que se descargue de Internet no tiene por que ser adecuada para ser impresa. Esto significa que se deben tener en cuenta aspectos como huecos internos, precisión a conseguir, nivel de detalles, tamaño de la pieza, si la pieza tiene partes en voladizo, que sea un sólido cerrado, etc<sup>40</sup>.

### **2.10.4 Exportar y reparar el archivo STL**

Cuando se trabaja con el diseño e impresión de modelos 3D pueden encontrarse gran variedad de formatos o tipos de archivos. Algunos sólo están pensados para el diseño, o el escaneo, pero otros están más asociados a la impresión 3D, como: STL, OBJ, PLY o FBX. Cuando la pieza ya está diseñada y modelada es necesaria una conversión de formato adecuado<sup>40</sup>.

### 2.10.5 Test, orientación, distribución y G-Code

La preparación de las piezas o modelos digitales (ya exportados al formato adecuado) para ser impresas en 3D se lleva a cabo con el siguiente proceso, ordenadamente

- Analizar la pieza o modelo: espesor, agujeros, estabilidad, ángulos, malla de triángulos, etc.
- Diseñar las estructuras de soporte o generarlas automáticamente.
- Elegir el relleno del modelo, tanto el porcentaje y su forma.
- Posicionamiento de la pieza en el plato de impresión (o cama de impresión) y selección de la orientación más apropiada.
- General el código máquina o G-Code<sup>40</sup>.

### 2.10.6 Impresión

Cuando se ha obtenido el código máquina se puede llevar a cabo la impresión 3D en sí. Para impresoras FDM debe comprobarse tanto la plataforma o cama, como el extrusor (el *software* o la impresora lo hacen automáticamente cuando se manda la pieza a imprimir). Es recomendable usar algún tipo de laca para facilitar la extracción de la pieza. Es importante leer las instrucciones para también saber cómo colocar el filamento en la impresora<sup>40</sup>.

### 2.10.7 Extracción de las piezas

Una vez que la impresora haya terminado su trabajo se va a llevar a cabo el proceso de extracción de la pieza. Para impresoras de filamento fundido (FDM), las piezas suelen ser extraídas a mano, o con algún utensilio tipo cuchilla. También es posible adquirir plataformas flexibles que facilitan la extracción<sup>40</sup>.

**Figura 1.Extracción**



**Fuente: imagen tomada de la referencia <sup>40</sup>.**

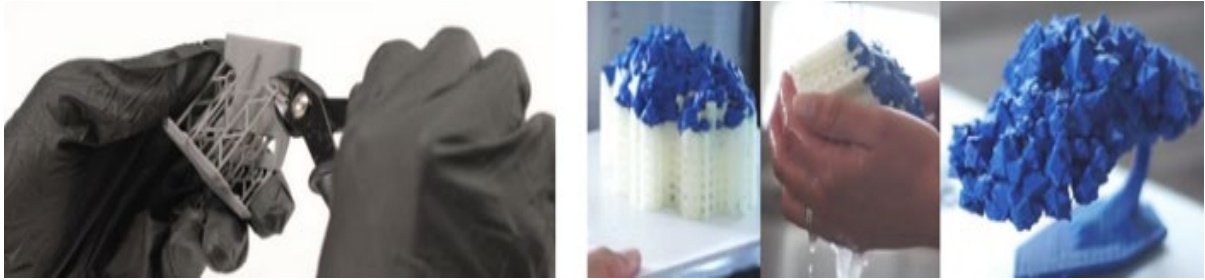
### **2.10.8 Post-procesado**

Muchas piezas requieren un proceso de acabado que esto de igual manera va a depender de la máquina utilizada y el tipo de pieza o piezas que se hayan realizado, sin embargo, aunque no todas las máquinas requieren este proceso para algunas es de suma importancia y estrictamente necesario<sup>40</sup>.

Existen muchos procesos de acabado y post-procesos en general:

- Quitar soportes: Puede hacerse de manera mecánica, como ya se ha dicho, o bien por medio de un baño en ciertos disolventes (o incluso en agua), si el material de impresión es el adecuado.

**Figura 2.** *Proceso mecánico y baño para quitar las estructuras de soporte*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>40</sup>.

- Lijado: Es un proceso a aplicar cuando ya se han retirado las estructuras de soporte. Pueden elegirse diferentes grosores de lija.
- Pulido: Si se quiere dotar a la pieza de una superficie "de espejo" es necesario pulir dicha pieza. Se necesitará lijar la pieza con una lija de grano 2000 previamente. Hecho esto se limpiará el polvo perfectamente y se pulimentará con un paño de microfibra y un esmalte especial, que produzca un brillo de larga duración. También hay ruedas rotativas lijadoras y pulidoras.
- Revestimientos: Todas las piezas son susceptibles de aplicarles un revestimiento. En el caso de pinturas suele aconsejarse primero una capa de imprimación y para luego pintar con aerosoles, acrílicos o aerógrafos. También está la opción de aplicar un gel epoxi, revestimientos de metal<sup>40</sup>.

En el sector médico la impresión 3D ha avanzado a lo largo del tiempo, ya que permite una medicina personalizada dando una atención adaptada a cada paciente. En el año 2023 se han producido muchos avances en el sector bioimpresión, prótesis<sup>41</sup>.

La incorporación de la inteligencia artificial con la impresión 3D ha alcanzado beneficios en los últimos años, ayudando a optimizar procesos de los diseños y mejorando los tiempos de impresión y mejorando la calidad de los productos finales<sup>41</sup>.

El poder de imprimir objetos con múltiples materiales simultáneamente no solo permite la creación de productos más complejos y funcionales, sino que también abre la puerta a la impresión de dispositivos con propiedades híbridas, como la combinación de conductividad eléctrica y resistencia mecánica en un solo componente<sup>41</sup>.

Según Irene.<sup>41</sup>, el año 2024 se espera una mayor expansión en la variedad de materiales disponible, por lo tanto, la integración con otras tecnologías como robótica, abren posibilidades para la fabricación automatizada y personalizada a gran escala. A medida que el mercado sigue industrializándose y aumentando la producción, la asequibilidad sigue siendo clave y la velocidad también gana importancia. Así como también la personalización y sustentabilidad, la impresión 3D sigue avanzando hacia esta revolución manufacturera que define el futuro de la producción.

## **2.11 Ventajas de la impresión**

Según Hurtado T, Sánchez M et al.<sup>42</sup>, tras relacionar inicialmente la fabricación aditiva con la manera de crear prototipado rápido, la incursión de esta tecnología en las diferentes industrias ha hecho que estas se vean beneficiadas de muchas más formas de las que se creía.

### **2.11.1 Velocidad**

A pesar de ser complejos, los diseños se cargan desde un modelo CAD (diseño tridimensional asistido por ordenador) y se pueden obtener en pocas horas, con lo que podemos obtener prototipos en poco tiempo.

Además, nos vemos beneficiados por la rapidez de verificación y el desarrollo rápido de ideas de diseño.

### **2.10.2 Fabricación en un solo paso**

Se empieza por el modelo CAD, después se prepara la máquina y el lenguaje de programación. Se procede a la fabricación en un solo paso y se finaliza con el post procesado.

### **2.11.3 Bajos costes**

La fabricación aditiva se suele comparar con la fabricación tradicional en lo que a la economía respecta. Los bajos volúmenes de fabricación resultan más económicos porque permite la verificación de la forma y ajuste de prototipos, así como la producción de piezas funcionales y únicas.

### **2.11.4 Mitigar riesgos**

La fabricación aditiva permite verificar los diseños a partir de un prototipo preparado para la producción, antes de invertir en costosos equipos de fabricación, lo que incluye moldes, utillajes y matrices.

### **2.11.5 Uso al alcance de todos.**

Hoy en día, el uso de la impresora 3D ha aumentado, al igual que la demanda del *hardware* y el *software*. Según han ido pasando los años, tener una impresora 3D se ha hecho totalmente asequible y se puede conseguir, incluso hasta por menos de 200 euros. Además, el uso es muy sencillo, y podemos sacarle el máximo partido con tan solo con ver las instrucciones.

### **2.11.6 Personalización.**

La libertad de diseño que nos proporciona la impresión 3D nos hace posible la fabricación de piezas únicas y complejas, para así satisfacer las necesidades de los usuarios sin variar los costes de fabricación.

### **2.11.7 Aplicación en diferentes industrias.**

La fabricación aditiva se ha implementado en gran parte del sector manufacturero para el desarrollo de prototipos, revolucionando las diferentes industrias tal y como la conocemos hoy en día.

## 2.12 Múltiples usos para la enseñanza en medicina

La impresión tridimensional puede ser de gran aporte para la enseñanza de la medicina, es una herramienta que permite distintos modelos de aprendizaje que pueden ser utilizados por los estudiantes para adquirir nuevos conocimientos, entre ellos se puede mencionar:

### 2.12.1 Escaneo y procesamiento de modelos

Los modelos anatómicos 3D suelen crearse a partir de imágenes de archivos médicos, más comúnmente DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), que son obtenidas por tomografías computarizadas, resonancias magnéticas, angiografías y ultrasonidos (USG).

### 2.12.2 Aplicaciones en la educación y entrenamiento médico.

En los últimos años ha aumentado el interés por el entrenamiento quirúrgico, donde los modelos 3D podrían ser de gran utilidad. Ya sea dentro de hospitales de enseñanza, o bien en centros educativos donde preparan a los residentes y futuros cirujanos. Pueden ser útiles desde las escuelas de medicina hasta el posgrado<sup>43</sup>.

**Figura 3** Modelos obtenidos por impresión 3D



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>43</sup>.

### **2.12.3 Modelos anatómicos**

La impresión de piezas anatómicas se ha utilizado para el aprendizaje en diferentes carreras universitarias. “Los modelos 3D pueden emplearse con fines educativos, tanto para pacientes como para estudiantes, médicos en adiestramiento y cirujanos, y pueden jugar un papel importante en el proceso de reconstrucción de casos quirúrgicos complejos”<sup>44</sup>.

### **2.12.4 Implantes**

La función de los implantes es restablecer el funcionamiento de alguna estructura biológica, sin embargo, en la actualidad también se pueden utilizar para mejorar la estética por medio de la impresión 3D. Tal técnica no sólo permite adaptar el implante a las necesidades del paciente, sino que lo vuelve único al desarrollarlo según las condiciones anatómicas de quien lo requiere<sup>45</sup>.

- Implantes craneofaciales.
- Implantes de rodilla.
- Implantes cardiacos.
- Implantes dentales.

### **2.12.5 Prótesis**

La impresión 3D tiene como meta transformar la forma convencional en que las prótesis son desarrolladas, ya que posee un gran potencial de personalización, con beneficios como bajo costo y una rápida fabricación<sup>45</sup>.

- Prótesis de miembros superiores e inferiores.
- Prótesis orbitales.
- Stents

### **2.12.6 Sistema de liberación de fármacos**

Los científicos han analizado muchos métodos para mejorar el encapsulamiento y transporte de medicamentos con el fin de mejorar el perfil de liberación.

Recientemente, se ha prestado gran atención al control de la estructura tridimensional (3D) y al diseño de diferentes formas en 3D en las dimensiones a nano y microescala de los acarreadores de fármaco. Los investigadores buscan que el control de la forma y tamaño de las partículas acarreadoras aumente la eficacia de los fármacos, especialmente los diseñados para combatir el cáncer. En un estudio realizado en el año 2018 por Yang y Col, se fabricó un implante hueco en forma de bala con una superficie porosa mediante impresión 3D. El dispositivo fue cargado con el agente quimioterapéutico citoxano (CTX), como matriz alcohol tetradecílico o lecitina y fue recubierto con ácido poliláctico (PLA). Posee un tiempo de liberación de fármaco de 4 horas a más de un mes, la liberación de fármaco del implante se puede controlar fácilmente cambiando el tamaño de los poros, el tipo de matriz y el espesor del recubrimiento. En dicho estudio se combinó de manera exitosa la técnica de impresión 3D y el recubrimiento para fabricar implantes intratumorales<sup>46</sup>.

#### **2.12.7 Ingeniería en tejidos**

- Estructuras cerebrales
- Diafragma
- Córnea
- Huesos y cartílagos
- Conductos nerviosos<sup>45</sup>.

#### **2.12.8 Fabricación de guías quirúrgicas**

Un caso en particular fue analizado debido a que era muy interesante, el cual estaba relacionado a una paciente femenina de 13 años de edad que desarrolla escoliosis neuromuscular a nivel toracolumbar secundario a una parálisis cerebral infantil espástica, en el que se desarrolla una curva severa proximal a nivel de T11-L3. Una vez que fue terminada la segmentación del modelo tridimensional se descubrió que a nivel de los pedículos L1-L2 hubo un error pedicular mayor a 2 mm hacia el canal medular bilateral, se logró observar displasia pedicular en el que se examinaron características morfológicas de los pedículos llevando a que la planeación tridimensional y el uso de las guías quirúrgicas representan un instrumento útil para la planeación quirúrgica, principalmente en casos severos o con displasia pedicular.

Además, ayuda como guía quirúrgica para la colocación de tornillos transpediculares a manos libres con facilidad de reducción de radiación y tiempo anestésico <sup>47</sup>.

Existen diferentes tipos de tecnología relacionada con los sistemas de navegación que permiten la guía digital concurrente a la colocación de tornillos en el pedículo, pero pese a esto la gran parte del tiempo se encuentra fuera del alcance de los grupos de bajo desarrollo económico debido al costo tan alto que tienen. El acontecimiento del avance de la impresión en 3D ha permitido la creación de modelos anatómicos tridimensionales, los cuales han sido de gran utilidad para la planeación operatoria a nivel de la columna, ya que, mediante la segmentación de imágenes de estudios tomográficos se ha podido obtener diferentes modelos tridimensionales para el estudio del área anatómica que se encuentre a interés y con ello conocer la deformidad en sus tres planos, así como la medición de los pedículos donde se intente colocar los tornillos, el cual puede ser impreso en un modelo de polímero que se esteriliza con el fin de poder servir de guía transoperatoria <sup>47</sup>.

## **2.13 Anatomía de los órganos realizados**

### **2.13.1 Un mini corazón bioimpresión en 3D**

Un equipo de investigación de la Universidad de Boston utilizó la impresora en 3D para crear una réplica en miniatura de un corazón humano. Se creó utilizando una composición de células cardíacas derivadas de células madre humanas y piezas acrílicas impresas en 3D a microescala <sup>48</sup>.

### **2.13.2 Una solución impresa en 3D para insuficiencia renal**

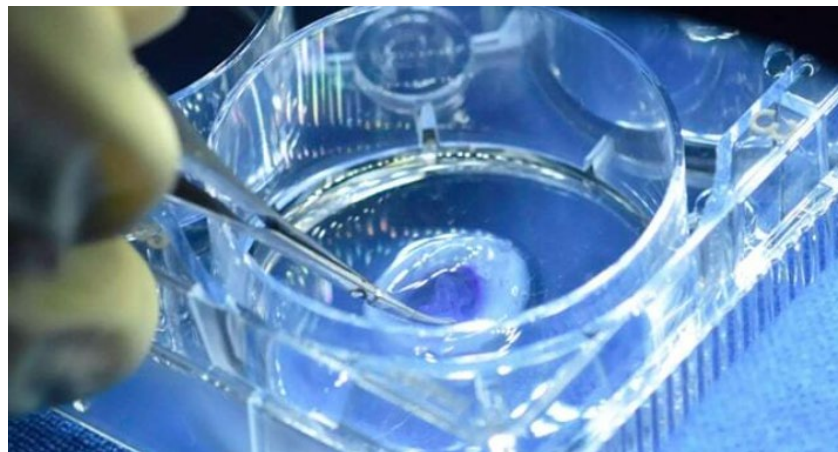
La insuficiencia renal es una patología que afecta a muchas personas a nivel mundial, sin embargo, no hay muchas elecciones de tratamiento. Por este motivo, la empresa Trestle Biotherapeutics ha estado trabajando en el impulso de tejido que puede instaurar en pacientes con enfermedad renal terminal. Se trata de tejido renal funcional, destinado a sustituir y complementar las funciones renales y también complementar las

funciones renales perdidas anteriormente. Según Trestle Biotherapeutics, esta nueva terapia funciona integrando la biología de las células madre con la bioimpresión en 3D <sup>48</sup>.

### 2.13.3 Bioimpresión 3D de una córnea

Muchas personas sufren problemas de córnea que pueden llegar a causar ceguera. Un grupo de investigación en Hyderabad, India, ha completado con éxito el desarrollo de la primera córnea bioimpresa en 3D. El tejido ha sido producido a partir de una biotinta conseguida de tejido corneal humano y sin necesidad de agregar ningún otro elemento artificial o sintético. Los encargados de la iniciativa aseguran que, por cada córnea humana donada, se pueden imprimir en 3D tres nuevas córneas. El proyecto ha sido probado en conejos y, aunque aún queda tiempo hasta que se pueda utilizar en humanos, los resultados han sido exitosos y muy prometedores <sup>48</sup>.

**Figura 4** *Bioimpresión 3D de una córnea*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>48</sup>.

### 2.10.4 Bioimpresión 3D de un ovario

La bioimpresión en 3D de partes del aparato reproductor podría ayudar a los científicos a comprender mejor el comportamiento celular y, a su vez, diversas enfermedades. Un grupo de científicos del Hospital Tongji de China desarrolló un ovario artificial impreso en 3D utilizando células de ratón y gelatina metacrilato (GelMA), un hidrogel habitual en bioingeniería. Descubrieron que este hidrogel era una opción viable para la bioimpresión 3D. Los resultados sugirieron que no era adecuado para células

ováricas primarias (es decir, células ováricas extraídas directamente del tejido). No obstante, era adecuado para el crecimiento in vitro de folículos ováricos (es decir, un grupo de células que contienen un óvulo inmaduro y otras células). Según los investigadores, sus resultados podrían aplicarse clínicamente en el tratamiento de enfermedades endocrinas y reproductivas femeninas <sup>48</sup>.

### **2.13.5 Un mini hígado en 90 días**

Investigadores de la Universidad de São Paulo, en Brasil, lograron crear versiones en miniatura de un hígado humano a raíz de células sanguíneas. El asunto llevó tan solo 90 días, desde la recolección de la sangre del paciente, hasta la producción del tejido. Estos organoides hepáticos desarrollados gracias a las tecnologías de bioimpresión en 3D, cumplen las funciones que normalmente deben realizar el órgano en cuestión. Para realizar aditivamente el tejido hepático, el equipo utilizó la bioimpresora Inkredible, comercializada por el fabricante Cellink <sup>48</sup>.

### **2.13.6 Bioimpresión de una oreja**

Se registró un trasplante con un implante de una oreja impreso en 3D que fue realizado con éxito en una joven estadounidense que se conocía por padecer microtia, la cual se caracteriza por ser una anomalía congénita que impide el desarrollo del oído externo. El implante fue creado por material de tipo hidrogel de colágeno y células de cartílago del paciente fabricado por medio del 3D Bio Therapeutics en el que la células que fueron las responsables de la formación del cartílago se curan en una mezcla patentada llena de nutrientes, se multiplican y por último se mezclan con una tinta biológica para luego ser impresa. Luego de haber tenido la oreja tridimensional esta se envía al cirujano con una funda protectora para evitar que sufra algún daño para que seguidamente se realice el trasplante. Pese a todos los materiales que se utilizan para la fabricación de la oreja en 3D es un tratamiento que se caracteriza por ser de menor costo a diferencia del método convencional de tratamiento, es por esto que, el profesor Anthony Atala, director del Instituto Wake Forest de Medicina Regenerativa destacó el proyecto puesto que se trata de un avance sumamente importante para el campo de la medicina regenerativa, haciendo constar que la impresión 3 ofrece distintas ventajas relacionadas a

los tejidos de ingeniería hechas a mano como el escaldado, conllevando a una mayor precisión en el diseño y una disminución de los costos <sup>48</sup>.

**Figura 5** *Bioimpresión de una oreja*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>48</sup>.

### 2.13.7 Un páncreas bioimpresión para combatir la diabetes

El páncreas, como todo órgano es de suma importancia en el cuerpo humano puesto que es el encargado de producir insulina y que en enfermedades como diabetes que afectan a más de 463 millones de personas en todo el mundo, puede verse afectado en gran cantidad, por lo que cada vez más es importante encontrar diferentes tipos de soluciones más certeras y permanentes para curar este tipo de enfermedad. Por medio de la impresión 3D se pretende contribuir a desempeñar un papel importante para la disminución e inclusive cura de esta patología, por ejemplo, existe una empresa en Polonia denominada Polbioionica. Una empresa surgida de otra ya existente de un equipo multidisciplinario de diferentes tipos de científicos de la Fundación para la Investigación y el Desarrollo de la Ciencia, fueron de los primeros en usar la bioimpresión para crear un páncreas biónico totalmente funcional a partir de biotintas patentadas e islotes pancreáticos, así como de células madres en el paciente con el fin de obtener una solución con el tiempo que logre prevenir complicaciones derivadas de la diabetes y reducir costos sanitarios <sup>48</sup>.

### 2.13.8 La primera reconstrucción de nariz en 3D

Existen diferentes razones del porqué un paciente puede quedar desfigurado, principalmente si padece de algún tipo de enfermedad en la que requiera cirugía en algún momento de su vida, y pese a que tratar la patología es lo más importante muchas veces puede complicarse para el paciente debido al cambio tan repentino de su aspecto de toda la vida. Sin embargo, este tipo de problemas se pueden resolver mediante la impresión 3D como lo demostró el Instituto Universitario del Cáncer de Toulouse y CERHUM debido a que existía un caso de una paciente que había perdido la mayor parte de su nariz y paladar por un tratamiento que se tuvo que realizar debido al cáncer que tenía en su cavidad nasal, lo que la llevó a perder su propia nariz, necesitando una reconstrucción completa de la misma. Este fue un procedimiento que consistió en varios pasos, fue realizado por la doctora Angès Agnes Dupret-Bories y el doctor Benjamín Vairel, ellos empezaron por implantar bajo la piel del antebrazo del paciente un biomaterial impreso en 3D, en el que luego de 2 meses la colonización del trasplante fue completada en la zona nasal y revascularizado por completo y con éxito, generando en la paciente una nariz completamente operativa hecha con sus células propias <sup>48</sup>.

**Figura 6.** *La primera reconstrucción de nariz en 3D*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>48</sup>.

### 2.14 Ortopedia y traumatología

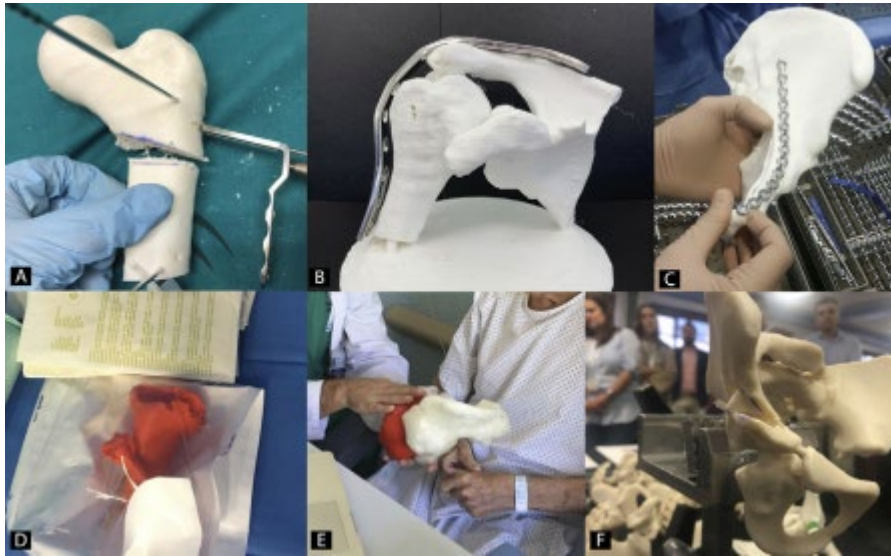
Las especialidades de ortopedia y traumatología son algunas de las que se pueden ver beneficiadas por medio de la impresión 3D, ya que se puede adaptar muy bien a los

diversos aspectos de la especialidad como lo es la planificación preoperatoria por medio de biomodelos en 3D, puesto que ha sido una de las atracciones útiles que más ha despertado el interés en los últimos años. Existe un grupo de trabajo denominado 3D Special Interest Group RSNA, el cual se ha encargado de clasificar y revisar diferentes tipos de casos clínicos en los que se ha determinado que el uso de biomodelos en impresión 3D puede llegar a ser de utilidad como lo son las fracturas complejas, displasias de cadera o en tumores óseos que posean afectación articular, ya que se demostró que disminuye el tiempo quirúrgico en diferentes intervenciones, además de que presenta un ahorro de los costos de la intervención, y en dosis intraoperatorias la radiación es menor utilizando los biomodelos<sup>49</sup>.

Por medio de modelos impresos en 3D se puede reducir el riesgo de complicaciones derivadas durante la intervención quirúrgica, asimismo, otra de las ventajas que se presentan es que la comunicación con los pacientes mejora puesto que el paciente posee un mejor entendimiento de su padecimiento o lesión y de la operación que se le pretende realizar<sup>49</sup>.

Por otro lado, mediante la impresión 3D también se pueden fabricar guías quirúrgicas con una mayor precisión acerca de instrumental genérico, osteotomías de pelvis, cadera, corrección de deformidades, resección de tumores, inserción de tornillos pediculares, colocación de artroplastias o cirugía traumatológica percutánea, todo esto con el fin de disminuir el tiempo de radiación y de cirugía<sup>49</sup>.

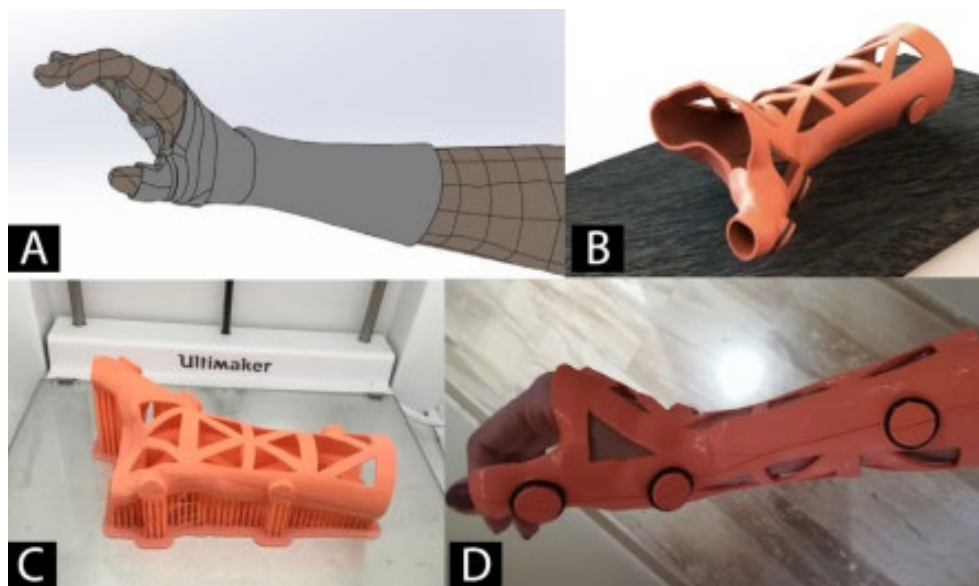
**Figura 7** A) *Planificación preoperatoria.* B) *Premoldeado de placas.* C) *Ayuda intraoperatoria.* D) *Esterilizado para uso quirúrgico.* E) *Comunicación médico-paciente.* F) *Formación médica*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>49</sup>.

Con la tecnología de escaneo 3D se fabrican órtesis y férulas utilizando la impresión. Una de las principales ventajas es que el paciente tiene buena mejoría y adaptación a la anatomía, esto en conjunto de diferentes tecnologías que van de la mano con la impresión 3D y los nuevos materiales que han sido de gran ayuda y han facilitado el diseño y la validación de órtesis y férulas para tratamiento de enfermedades de miembro inferior, miembro superior e incluso de deformidades de columna, como escoliosis. Las órtesis fabricadas mediante tecnología 3D son una alternativa válida a las tradicionales, fabricadas mediante conformación de materiales termoplásticos. Aunque su uso no está todavía muy generalizado, aporta numerosas ventajas, como una reducción en los tiempos de fabricación, a menor coste y con una mayor satisfacción de los pacientes. Trabajos recientes han validado su comportamiento biomecánico y han establecido que son comparables a las órtesis tradicionales<sup>49</sup>.

**Figura 8.** Ejemplo de órtesis de muñeca fabricada mediante impresión 3D. A) Renderizado virtual tras escaneado de superficie. B) Modelo CAD de órtesis personalizada C) Impresión 3D mediante tecnología FDM en material PLA. D) Correcta aplicación de la órtesis.



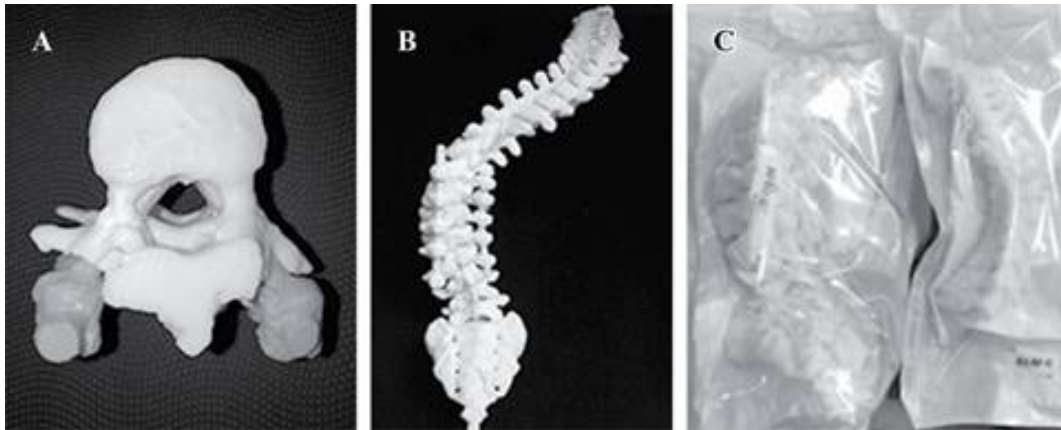
Fuente: imagen tomada de la referencia <sup>49</sup>.

Asimismo, mediante este tipo de impresión se pueden fabricar férulas obteniendo como principal ventaja una buena adaptación a la anatomía del paciente, así como el uso de materiales nuevos que proporcionan validación de órtesis, diseño y mejores férulas para el tratamiento de diferentes tipos de enfermedades en el miembro inferior, superior e inclusive en casos de deformidad en la columna como la escoliosis, todo esto, con el fin de reducir el tiempo de fabricación y generar mayor satisfacción en los pacientes<sup>47</sup>.

La escoliosis se trata de una patología compleja que afecta principalmente 3 planos del eje coronal, sagital y axial de la columna vertebral, es sumamente frecuente y afecta tanto a niños como adolescentes y adultos, sin embargo, una de las metas quirúrgicas que se tiene en este tipo de patología consiste la corrección anatómica y una mejoría en la calidad de vida con condiciones de manejo que consistan en mejor postura para la bipedestación, mejoría en el dolor, la función gastrointestinal y respiratoria, es por esto que, mediante la impresión en 3D se pueden elaborar modelos anatómicos que sean parte de la planeación operatoria en la columna, además de que mediante diferentes tipos de estudios como la tomografía, se pueden segmentar las imágenes para obtener un área y estudio mejor especificado del lugar anatómico de interés para así conocer la deformidad

que tiene en los tres planos y la medición de los pedículos donde se intentará colocar los tornillos<sup>47</sup>.

**Figura 9** *A) Impresión de segmento L1-L2 donde se observa invasión de canal medular. B) Impresión completa de modelo 3D C) Modelo segmentado en parte superior e inferior y posterior a esterilización para uso transquirúrgico.*



**Fuente: imagen tomada de la referencia <sup>47</sup>.**

Por otro lado, existen mucho más tipo de ventajas y aplicaciones de la impresión 3D en las ramas de ortopedia y traumatología como lo es la planificación preoperatoria, ya que, mediante la impresión tridimensional se logra un mejor planeamiento preoperatorio con mayor tipo de precisión que al utilizar instrumentos convencionales, por ejemplo, se puede planificar lo que es la reducción de una fractura, y con ello trasladar las habilidades que se implementan en la práctica quirúrgica como lo es en el caso de una osteotomía de rodilla en la que mediante la impresión 3D se pueden evaluar diferentes tipos de posicionamiento de la placa y evaluaciones de posibles ingresos de tornillos. Asimismo, se ha demostrado una gran utilidad en biomodelos para la planificación preoperatoria con diferentes materiales de osteosíntesis y el lugar del implante, así como el tratamiento de tumores cervicales, artroplastias de rodilla, fracturas de extremo proximal del húmero<sup>50</sup>.

En cirugías como la osteotomía es de suma utilidad, ya que ha demostrado lograr una corrección precisa y con ello una recuperación buena, funcional en la extremidad superior, mientras que en otras como la artroplastia también ha demostrado que se desarrolla con mayor precisión. Con respecto a guías en reconstrucciones como por

ejemplo del escafoide carpiano mostró una diferencia significativa de mayor predominancia anatómica en comparación con técnicas realizadas a mano alzada<sup>50</sup>.

Relacionado a fracturas de pelvis se demostró que mediante la utilización de dos modelos óseos impresos tridimensionalmente proporciona una impresión táctil precisa del volumen, tamaño y orientación de los fragmentos óseos llevando a poseer mayor conocimiento de la configuración de la fractura con el fin de planificar la mejor técnica de reducción, el abordaje quirúrgico y las trayectorias de los tornillos<sup>50</sup>.

Por otro lado, otro de los beneficios que tiene la impresión 3D es que genera reducción en el tiempo operatorio, ya que se obtiene una mejor comprensión de la lesión a tratar, el planeamiento preoperatorio no es tan complejo y la posibilidad de contar con equipamiento personalizado genera un acortamiento del tiempo quirúrgico como lo es el caso de las fijaciones cervicales, fracturas complejas de tibia, fracturas de calcáneo, pelvis o húmero distal en el que se ha logrado observar una importante reducción de los tiempos de fijaciones<sup>50</sup>.

Además, otra de las utilidades que ha demostrado es una reducción de la exposición a rayos y reducción de pérdida de sangre, así como mayor educación médica, puesto que, los alcances de este tipo de tecnología en la formación médica son de gran utilidad y beneficio para los médicos en formación. Como ya se ha mencionado anteriormente, la impresión 3D genera una disminución del tiempo en quirófano, lo cual va a conllevar una disminución de costos, puesto que en centros privados 10 minutos ahorrados en el quirófano en términos monetarios equivalen más o menos a una hora invertida en la preparación de un sistema guiado. Puesto que se realiza por bioimpresión o biofabricación en un futuro se podría llegar a obtener la creación de ciertos tipos de tejidos con el fin de corregir pérdidas que se generaron como consecuencia de traumas, resección de tejidos tumorales o defectos congénitos<sup>50</sup>.

## **2.15 Cáncer**

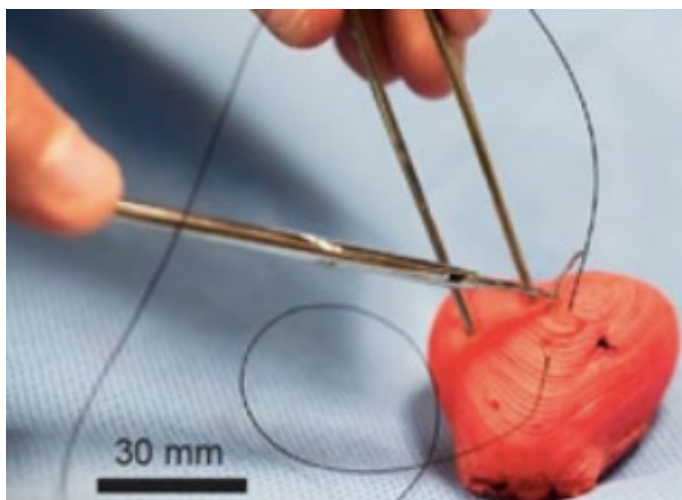
Los modelos anatómicos en impresión 3D en urología se han centrado principalmente en cáncer renal destacando las nefrectomías parciales y en el cáncer de próstata. En relación con el cáncer renal se destacaron que ciertos tipos de modelos se

utilizaban para un mayor conocimiento de la patología y de las relaciones anatómicas entre el tumor y diferentes tipos de estructuras importantes como vasos sanguíneos y vía urinaria. En el cáncer de próstata los modelos tridimensionales se han utilizado para biopsias dirigidas como prostatectomías radicales, se usaron más que todo para ayudar al cirujano a conocer la relación entre el tumor y las conexiones neurovasculares con el objetivo de realizar una cirugía con mayor precisión y con más confianza<sup>51</sup>.

Mediante un estudio con 10 modelos de cáncer renal impresos en un material termoplástico, el cual se pintó de manera manual, se utilizó para la planificación y simulación quirúrgica de nefrectomías parciales laparoscópicas, mientras que luego se implementó 5 casos de impresión 3D para simulación quirúrgica en nefrectomías parciales laparoscópicas, pero con el empleo de materiales de impresión como silicona, sin embargo, se concluyó que estos modelos eran más baratos, con mayor facilidad de reproducción y que simulaban de manera más cercana el tejido humano, además de que tiene alta posibilidad de acortar los tiempos de isquemia. El uso de modelos 3D para la simulación operatoria en relación a cáncer de próstata es mayormente más limitado puesto que se diseñó un solo prototipo de modelo tridimensional con sensores integrados en el que se puede poner en práctica la cirugía o la anastomosis uretrovesical robótica<sup>51</sup>.

Este tipo de modelos tridimensionales han tenido como beneficio el acercamiento y mejoramiento de la comunicación con el paciente con el objetivo de que este comprenda mejor su patología como la cirugía a realizar. Se realizó un estudio en el cual se imprimieron 5 modelos personalizados del sistema pielocalicial con el fin de mejorar el entendimiento de los pacientes con respecto a la cirugía que se les iba a realizar, que en ese caso era la nefrolitotomía percutánea, este estudio se realizó con el fin de demostrar si el conocimiento mejoraba al tener el modelo impreso, por lo que se determinó que un 60% de los pacientes demostraron un mejor conocimiento de la anatomía renal, un 50% de la posición de la litiasis, un 60% de la cirugía planificada y un 64% de las complicaciones quirúrgicas. Asimismo, este tipo de modelos se pueden emplear para explicar a los pacientes que poseen cáncer de próstata así como los posibles efectos adversos de la prostatectomía radical<sup>51</sup>.

**Figura 10.** *Prototipo 3D para simulación de prostatectomía radical*



**Fuente:** Imagen tomada de la referencia <sup>51</sup>.

Al año del 2022 y hasta la fecha existe una escasa literatura acerca del uso de la impresión 3D para cáncer renal con afectación vascular en el que se registró, y solamente se encontraron 3 publicaciones en las que solo una reporta un caso complejo de cáncer renal con trombo tumoral venoso, en el que emplearon la impresión 3D para la planificación quirúrgica. Se describió un caso de un paciente masculino de 56 años diagnosticado con un tumor en el riñón izquierdo el cual se extendió de trombo tumoral vascular hasta la aurícula derecha, utilizaron el modelo 3D como medio de práctica, ya que distintos cirujanos opinaban diferente y no lograban concordar con el tipo de cirugía que era mejor realizar, y el modelo les ayudó a tener una mejor percepción de lo que se iban a enfrentar, logrando que decidieran el tipo de abordaje a realizar<sup>51</sup>.

**Figura 11.** *Impresión 3D para simular un trasplante renal de donante vivo*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>51</sup>.

El Hospital Sant Joan de Déu Barcelona, es un centro de formación en medicina Pediátrica y obstétrica adscrito a la Universidad de Barcelona, una de las más prestigiosas de España en estudios relacionados con la salud. La divulgación de conocimientos adquiridos a través de la asistencia, la investigación y la innovación tiene el objetivo de dotar de las máximas competencias a los profesionales de salud, tanto en aspectos técnicos como en humanización<sup>52</sup>.

Uno de los casos destacables de Hospital Sant Joan de Déu Barcelona fue un niño de nueve años que padecía un cordoma de Clivus, un tumor maligno raro y agresivo que requería extirpación quirúrgica. La situación del tumor entre la base del cráneo y en la primera vertebra cervical complicaba más el caso, ya que se encontraba cerca de los nervios y vasos craneales vitales, estructuras vasculares, digestivas y de las vías respiratorias<sup>53</sup>.

Según Lagdon M <sup>53</sup>. “En las imágenes de resonancia magnética (MRI), observamos que, para alcanzar el tumor y extirparlo aplicando un enfoque tradicional, habría que extirpar las apófisis odontoides. Sin embargo, se corría el riesgo de desarticular la columna del cráneo y se habría requerido una segunda cirugía para fijar la base del cráneo”

Por lo tanto, el equipo utilizó un modelo de la patología impreso en 3D específico del paciente para explorar enfoques alternativos, lo que los llevó a optar por un abordaje endoscópico, a través de las fosas nasales, para acceder a la parte superior del tumor, y a través de la boca, para extirparlo en su totalidad. Este procedimiento fue mucho menos invasivo, evitó el contacto con numerosas estructuras y órganos vitales y dio lugar a un resultado mejor para el paciente <sup>53</sup>.

Según Lagdon M <sup>53</sup>. “El nivel de detalle del modelo obtenido con la impresora 3D J5 MediJet fue de un valor incalculable al planificar este enfoque y fundamental para el éxito de la cirugía. Y, lo que, es más, conseguimos preservar los órganos y las funciones vitales del joven paciente”.

**Figura 12.** *Modelo de la base del cráneo impreso en 3D para la realización de la cirugía del cordoma de Clivus*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>53</sup>.

## 2.16 Desventajas

- Lento para la producción en masa: Toda producción en masa requiere de mucho tiempo en comparación con el tiempo de fabricación tradicional, es por esto que se debe de tener presente que el tiempo depende mucho del tamaño del modelo que se vaya a realizar, la complejidad y muchos otros parámetros que se deban de cumplir <sup>42</sup>.
- Gases nocivos para la salud: Mediante la impresión 3D se comenzó a descubrir que se emiten cierto tipo de partículas al aire que pueden causar congestionamientos en el aparato respiratorio <sup>42</sup>.
- Limitaciones en las texturas e impresión a color: Pese a que ha sido un gran avance tecnológico todavía existen diferentes tipos de impedimentos para la impresión 3D como por ejemplo materiales o moldes que no sean compatibles con los procesos de la impresión y que requieran mucho más trabajo extra <sup>42</sup>.
- Baja resistencia y propiedades del material anisotrópico: Las piezas se pueden tornar débiles y quebradizas debido a la construcción por capa, puesto que por diferentes propiedades físicas no se caracterizan del todo buenas, pero como todo, siempre hay excepciones, las cuales se pueden encontrar en fabricaciones de

diferentes tipos de tecnologías como DMLS y SLM, ya que, proporcionan mejores propiedades mecánicas <sup>42</sup>.

- Exactitud y tolerancias limitadas: Toda exactitud en modelos impresos tridimensionalmente varía según el tipo de proceso y calibración que tenga la impresora, así como se puede conseguir una gran precisión también puede verse afectada al realizarle alguna optimización posterior <sup>42</sup>.
- Vulneración de los derechos de autor: Se necesita el plano del archivo de la pieza a la hora de copiar un diseño lo que conlleva a que la piratería se haya convertido en una práctica muy común y fácil de conseguir o realizar <sup>42</sup>.

## 2.17 Materiales de impresión

Los materiales son una de las decisiones más importantes. Las tecnologías anteriores a la fabricación aditiva hacían uso de materiales que demostraron no ser lo suficientemente resistentes y que se degradaban, los conocimientos sobre impresión 3D han estado ampliándose y se han expandido por todo el mundo<sup>40</sup>.

- Resina de alto detalle, adecuado para diseño intrincados y esculturas.
- Plástico prototipo, adecuado para prototipos rápidos y económicos
- Nylon SLS, para prototipos funcionales y piezas finales.
- Nylon reforzado con fibras, para piezas fuertes de ingeniería.
- Plástico rígido opaco, para prototipos realistas con alta precisión.
- Plástico de goma, simulando gomas.
- Plástico transparente, para crear piezas y prototipos transparentes.
- ABS simulado, con una alta precisión y para moldes funcionales.
- Arenas a todo color, para modelos foto-realistas.
- Metales para industria, para prototipos y piezas finales.

Relacionado al Modelado por Deposición fundida (FDM) algunos de los materiales más populares para la impresión en 3D se pueden encontrar:

- Filamentos termoplásticos.
- PLA: Fácil de imprimir, muy preciso, bajo punto de fusión, rígido. Bueno para muchas cosas, pero no para aplicaciones de calor.

- ABS: Tiende a deformarse, fuerte y algo flexible. Usado para muchas piezas mecánicas.
- PETG: Fácil de imprimir y preciso, tiende a deshilacharse, buena adhesión de capa.
- TPU: Polímero flexible; buena impresión, aspecto de goma rígida.
- Nylon: Fuerte y flexible; filamento especial para impresoras.
- Policarbonato: Indescriptiblemente fuerte, alta deformación, alta temperatura y humo tóxico<sup>40</sup>.

## 2.18 Impresión 3D y COVID-19

A finales del año 2019 apareció un nuevo coronavirus en la ciudad de Wuhan en China denominado SARS-COV2 el cual provino de fuente animal, siendo la vía de transmisión más frecuente de persona a persona. Este tipo de virus se caracterizó por generar una pandemia a nivel mundial debido a la gran cantidad de infecciones respiratorias que provocaba y que en algunos casos solía ser más graves que en otros llevando a provocar síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS), o el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS), siendo este último el que mayor afectación provocaba<sup>54</sup>.

Este virus aún presente, pero en menores cantidades, se caracteriza por producir síntomas muy parecidos a la gripe como fiebre, tos, disnea, mialgia y fatiga, además, se logró observar con el paso del tiempo una pérdida súbita del olfato y del gusto sin que la mucosidad fuese la causa. Asimismo, en casos de mayor severidad se describe por generar neumonía, síndrome de dificultad respiratoria aguda, sepsis hasta llevar a choque séptico lo cual lleva alrededor del 3% de los infectos a la muerte<sup>54</sup>.

Debido a la propagación tan rápida y a nivel mundial que tuvo este virus se implementaron diversos tipos de medidas de bioseguridad para evitar el contagio, ya que, era y hasta el momento es una de las enfermedades de mayor preocupación de los seres humanos debido a su facilidad de propagación y letalidad en la mayoría de las personas contagiadas, es por esto que, mediante la impresión 3D se generó e implementó una producción de equipo de bajo costo como lo son las mascarillas, visores de protección facial y dispositivos de no contacto<sup>55</sup>.

Los visores de protección facial son de importancia, puesto que hace que las gotitas respiratorias terminen en alguna parte del rostro humano previniendo así el contagio, además, estas pueden ser construidas mediante impresión tridimensional con materiales básicos como plástico PLA o acrilonitrilo butadieno estireno en comparación a las mascarillas que comenzaron a utilizar, las cuales requerían de filamentos antibacterianos especiales. Por otro lado, este tipo de visores creados en 3D pueden ser utilizados tanto una como dos veces, ya que, son desechables, pero mediante diversos procesos químicos se pueden esterilizar para su reutilización<sup>55</sup>.

Para el caso de los visores estos primeramente se diseñaron y luego se construyeron analizando de manera meticulosa los recursos necesarios y la cantidad de beneficiarios que podían ser al utilizar este producto. El soporte se diseña mediante Tinkercard partiendo del trabajo diseñado con la posibilidad de realizar algunos cambios en el producto<sup>55</sup>.

Se dimensiona a un 105% del tamaño original a los lados del visor, un único agujero se fija en cada extremo y se incorpora el sello de la institución que está creando el visor para así poder darle un seguimiento al producto, además, se crea un diseño de soporte el cual contiene una ranura para poder ajustar la lámina de protección y unos agujeros que tienen el objetivo de sujetar el elástico<sup>55</sup>.

Para la realización de estos visores se utiliza un código de impresión utilizando un *software* denominado Ultimaker Cura, el cual permite configurar en calidad media de impresión con una altura de capa de 0,1mm, un relleno del 40%, sin soportes y con relleno de zigzag obteniendo una velocidad de impresión de 60 mm/s conllevando a obtener un tiempo aproximado de 1 hora y 30 minutos por soporte impreso, calculando así un aproximado de 30 gramos de consumo de filamentos por unidad<sup>55</sup>.

Por otro lado, la impresión en 3D fue de suma importancia durante la pandemia por coronavirus en los hospitales del servicio Cántabro de Salud en España en el año 2020, puesto que promovieron la provisión de material de protección para los profesionales en el ámbito quirúrgico debido a que muchos de los suministros que utilizaba se encontraban comprometidos, ya que, alrededor de todo el mundo se estaban usando, es por esto que,

empezaron la realización de procesos para coordinar propuestas de impresión tridimensional para el uso propio<sup>56</sup>.

El proceso de producción se basó en desarrollar productos finales preparados para ser implementados en el entorno clínico siguiendo los siguientes pasos:

- Implementar un equipo basado en la coordinación en el Hospital virtual Valdecilla
- Recibimiento de las propuestas de impresión tridimensional.
- Contacto con instituciones y empresas autonómicas con capacidad de ofrecer la impresión en 3D .
- Separación de los instrumentos que pueden ser elaborados.
- Formación de un equipo profesional específico para cada proyecto.
- Diseño del prototipo.
- Determinación y rediseño del prototipo mediante test de usabilidad y evaluación clínica.
- Diseño final.
- Fabricación, montaje, esterilización y distribución de los materiales producidos<sup>56</sup>.

Se identificaron diferentes tipos de productos, los cuales se encontraban en relación con la seguridad de los profesionales y en los cuales existía escasez de suministros a nivel global, siendo los dispositivos que ayudaban a prevenir el contagio los que obtuvieron el primer lugar, como por ejemplo pantallas de protección facial, accesorios para fotóforos y horquillas salvaorejas para mascarillas, en segundo lugar se encontraban los productos relacionados con la ventilación de pacientes infectados con el virus así como piezas para la adaptación de las máscaras de buceo a la asistencia ventilatoria en pacientes con insuficiencia ventilatoria y, por último, se encontraron los hisopos nasofaríngeos, los cuales en ese momento fueron de suma importancia para ayudar a la identificación de personas portadoras del virus. Todo este tipo de material se creó mediante impresión 3D con el fin de proteger y ayudar a evitar el contagio de los profesionales de la salud. La aplicación de la impresión 3D de modo coordinado entre los servicios clínicos, gestores, administración y las empresas del sector privado facilitan lo que es la producción de diversos materiales que se encontraron desabastecidos durante la pandemia<sup>56</sup>.

## **2.19 Empleos de impresión en 3D en distintas universidades.**

### **2.19.1 Universidad Hasselt, Bélgica.**

Se ha obtenido más información en esta área porque se ha demostrado que la impresión de biomodelos de tejido óseo es simple debido a lo preciso que puede resultar el procesamiento de imágenes tomográficas corporales, y a la facilidad de identificación de las estructuras óseas en dichas imágenes debido a sus densidades<sup>57</sup>.

En el año 2011, un equipo de investigadores e ingenieros de las Universidades de Bélgica y Holanda realizaron el primer implante de mandíbula impresa de titanio en una paciente de 83 años. La empresa belga LayerWise NV se encargó de imprimir este nuevo implante maxilar con polvo de titanio derretido y moldearlo con un láser aditivo de fabricación rápida. Hasta ese momento, las impresoras 3D solo se habían utilizado para crear objetos sencillos cuya precisión no era necesaria para su operación, pero gracias al avance de este equipo, se logró dar el primer paso en la aplicación de esta tecnología en la salud de las personas<sup>57</sup>.

Los creadores de la mandíbula la construyeron prácticamente de la nada. Lo primero que se pensó fue para una reconstrucción con microcirugía con el objetivo de reparar el daño que la paciente había sufrido debido a una infección constante que le había causado una herida visible en su rostro. Sin embargo, pronto descartaron esta idea puesto que requeriría un proceso quirúrgico mucho más extenso, al igual que un período prolongado de reposo, lo que podría haber causado más daño a la mujer. Ellos optaron por eliminar la parte infectada y reemplazarla con un implante de titanio. El implante fue fabricado de acuerdo con las medidas y tiene un peso de alrededor de 107 gramos, lo que lo hace un poco más pesado que su versión original<sup>57</sup>.

**Figura 13.** *Mandíbula de titanio totalmente impresa en 3D*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>57</sup>.

### **2.19.2 Hospital General Universitario Gregorio Marañón**

El uso de impresoras 3D comerciales para uso doméstico en hospitales puede reducir significativamente el costo de esta tecnología, lo que simplifica el proceso de creación de reproducciones realistas de forma autónoma. Liberando al experto de las limitaciones generalmente aceptadas este puede proponer, fabricar, evaluar sus propias soluciones y participar en líneas emergentes como la bioimpresión de tejidos, la impresión en 3D de modelos anatómicos, la creación de instrumental o ayudas quirúrgicas impresas a medida y adaptadas a situaciones específicas, o la facilitación del entrenamiento de personal médico mediante reproducciones personalizadas abre un horizonte de posibilidades<sup>58</sup>.

### **2.19.3 Metodología con la impresión 3D doméstica en el centro**

En todos los casos se contaba con diversos tipos de estudios como radiológicos, tomografía computarizada, resonancia magnética, los cuales se solicitaban para el diagnóstico y anteriormente para el inicio del proceso de los pacientes. Mediante diversos programas de acceso libre se logró obtener una malla en 3D con posibilidad de editar y seguidamente imprimir en distintos tipos de materiales como el termoplástico, con el fin de obtener un modelo muy similar a la anatomía del paciente<sup>58</sup>.

La metodología se basó en un estudio analítico con los pacientes atendidos en el hospital Gregorio Marañón a partir del año 2014, en el cual involucraban 18 de oncología ortopédica, 15 de fracturas, 12 de deformidades angulares torsionales, 6 displasias acetabulares, 4 cambios protésicos, 5 deformidades del raquis y 2 de deformidad del antepie, contando un total de 63 casos en los que en todos se utilizó diferentes modelos impresos tridimensionalmente dependiendo de la localización anatómica, incluso se lograron premoldear placas de osteosíntesis en el caso de fracturas<sup>58</sup>.

**Figura 14.** Modelos 3D de casos clínicos tratados en el centro.



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

**Figura 15.** Modelos 3D como herramientas comunicativas, fractura de escápula, comunicación entre profesionales.



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>58</sup>.

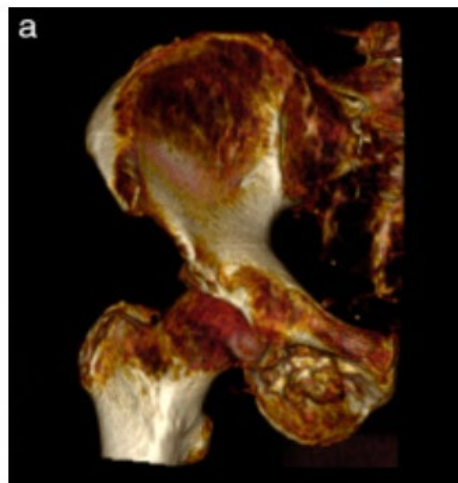
**Figura 16.** *Angiosarcoma pélvico, comunicación médico-paciente.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

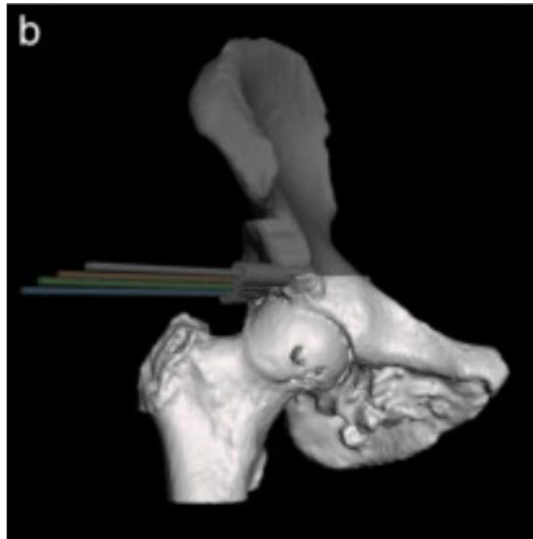
Prepararse para la cirugía de antemano puede ahorrar tiempo. En todos los casos se ahorró tiempo quirúrgico al agregar el modelo impreso en 3D a la planificación. Incluyendo la opción de simular pasos de intervención quirúrgica sobre material impreso, como la disposición y conformación de materiales de osteosíntesis; injertos óseos pretallados, calibración y medición de implantes; y el diseño de guías de posicionamiento para osteotomías multiplanares o sistemas de fijación que contribuyen a un indudable ahorro de tiempo quirúrgico<sup>58</sup>.

**Figura 17.** *Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Reconstrucción 3D: estudio de imagen TC.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

**Figura 18.** *Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Diseño de guías para osteotomías de resección.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>58</sup>.

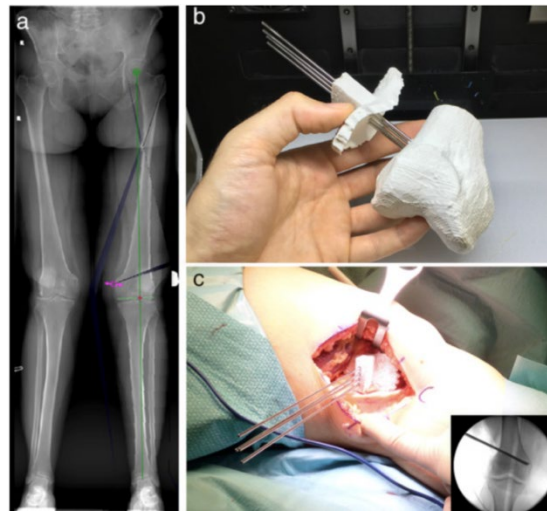
**Figura 19.** *Planificación quirúrgica de osteosarcoma pélvico: resección y reconstrucción aloinjerto. Piezas impresas en 3D, premoldeado en material de síntesis*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia 58

La impresión 3D puede ahorrar un 30% en procedimientos quirúrgicos, incluidas las osteotomías periarticulares de rodilla, en comparación con los métodos tradicionales. En ciertos procesos, como las deformidades complejas de la columna y la cirugía oncológica, es un desafío diseñar un estudio que no tenga en cuenta sesgos o inconsistencias, incluso con casos específicos<sup>58</sup>.

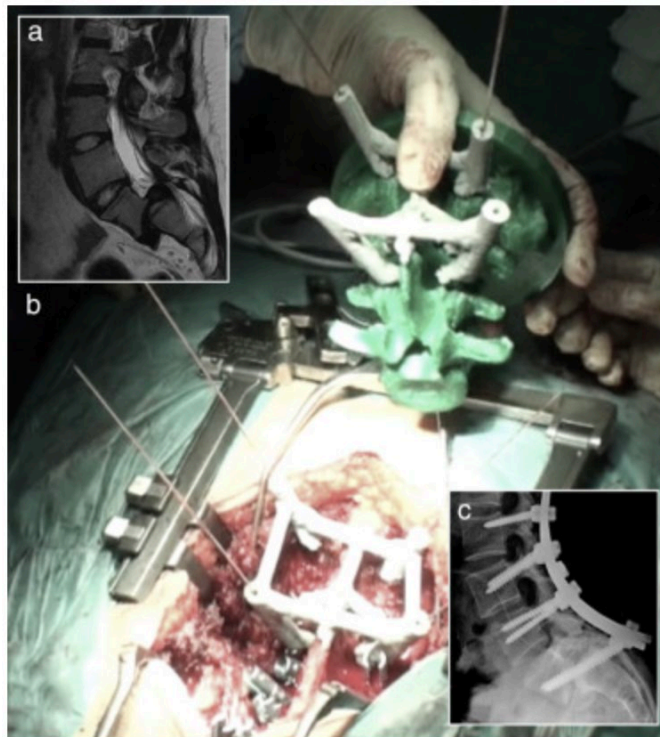
**Figura 20.** *Planificación. b) Simulación. c) Ejecución.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

En todos los casos se disponía de estudios de imagen grupales convencionales (TC o RM) necesarios para obtener una red tridimensional. Todos estos estudios se realizaron durante el proceso diagnóstico y no con el objetivo de obtener una malla tridimensional para la planificación quirúrgica. Es importante enfatizar esto porque la realización de pruebas de imagen específicas para la planificación, no solo para el diagnóstico, requiere una optimización de los procesos de imagen, por lo que pruebas como la TC pueden realizar estudios especiales con dosis. La radiación es mucho menor que la que se utiliza actualmente en el proceso de diagnóstico<sup>58</sup>.

**Figura 21.** Guías de posicionamiento para introducción de tornillos pediculares en espondilolistesis. A) Imagen preoperatoria. B) Intervención quirúrgica. c) Imagen postoperatoria



Fuente: imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

**Figura 22.** Navegación quirúrgica en angiosarcoma pélvico. a) Estudio PET-TC preoperatorio. b) Planificación y diseño de instrumental de posicionamiento. c) Simulación sobre piezas impresas. d) Intervención quirúrgica



Fuente: imagen tomada de la referencia <sup>58</sup>.

Se le realizó un modelo anatómico y malla a medida para reconstrucción de fractura de órbita a un paciente de 54 años que presentó una lesión que afectaba la integridad

estructural de la cavidad ocular, comprometiendo la función visual y estética del paciente. El modelo anatómico fue creado con referencias de la anatomía del paciente para así facilitar la reconstrucción y con ello minimizar el riesgo de asimetría facial<sup>59</sup>.

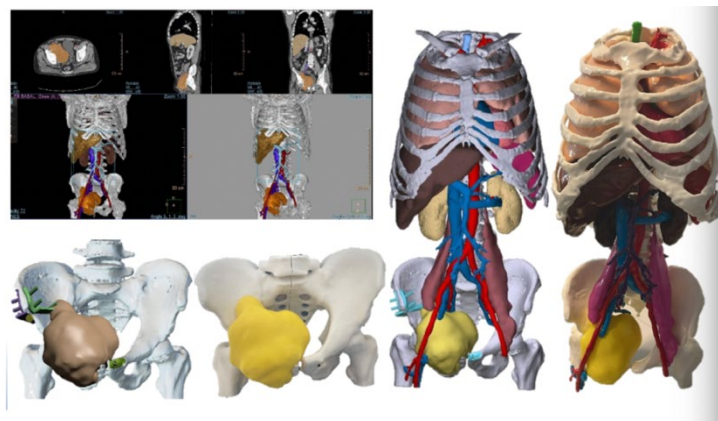
**Figura 23.** Modelo anatómico y malla para reconstrucción de fractura de órbita izquierda



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>59</sup>.

Un paciente de 54 años fue diagnosticado con osteosarcoma a nivel de hemipelvis derecha, se encontraba muy próximo a estructuras vitales. Se realizó un modelo anatómico en 3D donde replicaron el cuerpo del paciente incluyendo la pelvis, el tumor y las estructuras adyacentes con el fin de que los cirujanos pudieran visualizar de mejor manera la anatomía afectada por el tumor, pudiendo así planificar una intervención más adecuada y con ello anticipar posibles complicaciones<sup>59</sup>.

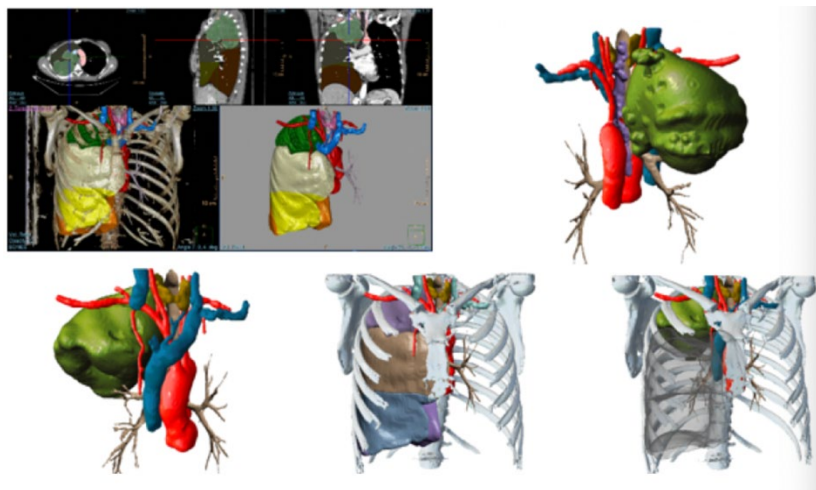
**Figura 24.** Modelo anatómico del cuerpo de un paciente con osteosarcoma en hemipelvis derecha.



**Fuente:** imagen tomada de la referencia 59.

Paciente de 43 años diagnosticado con un tumor intratorácico derecho localizado a nivel del lóbulo superior derecho cuya extensión genera compresión del tronco venoso braquiocefálico, vena, vena mamaria interna derecha y arteria y subclavia derecha. La lesión se entendió a nivel supraclavicular derecha llegando a contactar las costillas. En este paciente se realizó la intervención con una reconstrucción virtual en 3D de la zona tumoral con el fin de obtener un modelo anatómico en 3D para radicar y establece las relaciones anatómicas de la lesión<sup>59</sup>.

**Figura 25.** *Reconstrucción virtual y modelo anatómico de tórax con tumor intratorácico derecho*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>59</sup>.

#### 2.16.4 Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González.

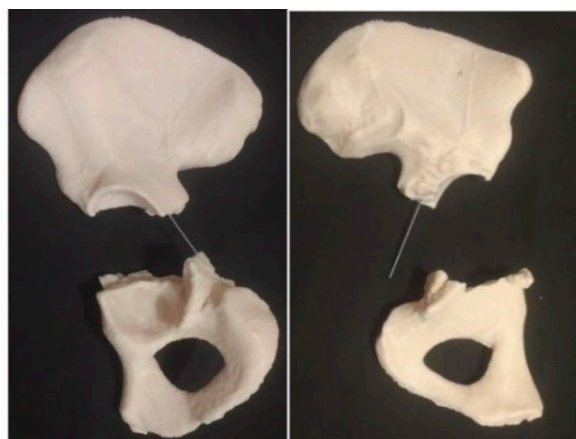
Se utilizó la tecnología de la impresión en 3D con el fin de ayudar en la educación mediante la planeación preoperatoria, utilizando un modelo de hemipelvis en un caso de una fractura de acetábulo con indicación de cirugía. Este tipo de fracturas, por lo general suelen ser de gran adversidad a la hora del tratamiento para el cirujano, puesto que esa región contiene una anatomía muy compleja debido a las variaciones morfológicas y el limitado acceso quirúrgico en el lugar de la fractura. Generalmente, tienen como objetivo reconstruir de manera quirúrgica la superficie acetabular y con ello poder permitir una movilización temprana del paciente con el fin de proveer un mejor pronóstico articular y más funcional a largo plazo. Mediante la impresión en 3D se puede mejorar el entendimiento visoespacial, la planeación quirúrgica y el pronóstico del paciente<sup>60</sup>.

Se presentó un paciente masculino de 29 años de edad sin antecedentes patológicos de importancia, al cual trasladaron al departamento de emergencias dos horas después de haber sufrido un accidente automovilístico de tipo choque frontal. Luego de realizar todos los estudios el paciente evidenció una fractura de acetábulo izquierdo, espina isquiopúbica derecha, peroné derecho y luxación anterior de cadera derecha. Mediante impresión 3D se realizó un modelo de hemipelvis con el fin de discutir la clasificación de la fractura, el abordaje quirúrgico, método de reducción y de fijación<sup>60</sup>.

Realizaron el modelo en el laboratorio de impresión 3D que se encuentra a cargo de los departamentos de radiología e imagen, lo formaron a partir de una tomografía helicoidal con cortes cada 1.25mm. Para poder formar la reconstrucción del modelo pélvico se utilizó el *software* de segmentación 3D slicer y CAD Meshmixer, próximamente se creó la reconstrucción de datos y los fragmentos libres y la cabeza femoral se eliminaron. Se imprimió mediante la impresora Rostock Max Delta V3 y tomó 24 horas para la impresión tridimensional<sup>60</sup>.

Como materiales se utilizaron 174 gramos y 58 metros de monofilamentos de plástico tipo acrilonitrilo butadieno estireno, este se utiliza para las piezas de LEGO y se funde entre 200 y 250 grados, soporta temperaturas de hasta -20 a 80 grados por lo que se considera un material con alta resistencia, soldando de manera adecuada al mezclarse con productos químicos<sup>60</sup>.

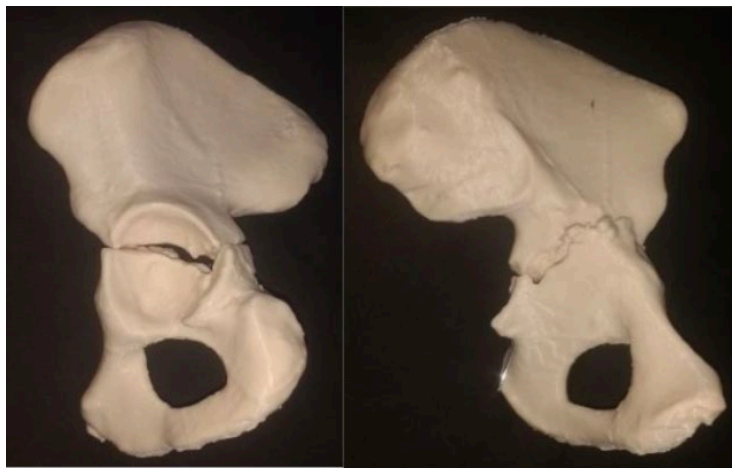
**Figura 26.** Modelo hemipélvico evidenciando fractura de acetábulo transverso con trazo en pared posterior incompleto.



Fuente: imagen tomada de la referencia<sup>60</sup>.

Una vez que lograron analizar el modelo impreso tridimensionalmente acordaron realizar un abordaje posterior denominado Kocher-Langenbeck y uno anterior o inguinal combinado, realizaron la reducción de los fragmentos y colocaron una placa de reconstrucción sobre la columna posterior. Luego de haber realizado el modelo en 3D este fue esterilizado y llevado a sala de operaciones con el fin de guiar la situación visoespacial, se moldeó una placa de reconstrucción de 7 orificios para intentar simular lo más posible el procedimiento a realizar en quirófano<sup>60</sup>.

**Figura 27.** *Modelo hemipélvico de fractura transversa de acetábulo post reducción anatómica.*



**Fuente:**  
tomada de

**imagen**  
la referencia<sup>60</sup>.

La duración de la cirugía fue de aproximadamente 3 horas y 30 minutos, con sangrado de 550 mililitros, sin discrepancia de miembros. Al paciente se le administró antibiótico intravenoso por una duración de 3 días, las radiografías AP, alar y obturatriz mostraron que se logró una reducción anatómica del acetábulo y que su cadera mostraba congruencia articular. El paciente fue dado de alta con valoración a los 15 días e indicaciones de apoyo<sup>60</sup>.

**Figura 28.** *Proyección anteroposterior de pelvis del postoperatorio inmediato*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>60</sup>.

Por otro lado, se realizó otro proyecto con base en la impresión de prótesis anatómicas de la impresión 3D en este mismo hospital, principalmente porque descubrieron que México los índices de pérdidas de miembros superiores se encontraba en aumento, principalmente por accidentes o causas congénitas como defectos de formación zonal, déficits longitudinales o centrales. La pérdida de algún miembro ocasiona gran dificultad para reintegrarse nuevamente a la sociedad y a las actividades cotidianas, por lo que se han intentado crear métodos con el fin de sustituir de alguna manera la función que cumplen los miembros en caso de que alguno haya falta. Uno de estos métodos implementados se denominan prótesis, tiene como función reemplazar un miembro del cuerpo intentando dar casi la misma función de un miembro natural<sup>61</sup>.

La construcción de la prótesis tuvo un proceso basado en las diferentes necesidades del paciente, sin embargo, se creó un modelo inicial basándose en un paciente con una muñeca funcional, pero con falanges ausentes, asimismo, para el procesamiento en el diseño de los prototipos se generó una interfaz donde se colocan las características anatómicas de la mano del paciente, pudiendo dar un diseño mayormente personalizado, es por esto que, los primeros prototipos que se realizaron se diseñaron para personas que presentaban pérdidas de los falanges y con una muñeca funcional. En el área de rehabilitación del Hospital Universitario el personal se encuentra buscando pacientes

nuevos diariamente para formar parte del programa y con ello poder ayudar a más personas con este tipo de pérdida<sup>61</sup>.

**Figura 29.** *Prótesis mecánica elaborada en el Hospital Universitario*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>61</sup>.

### 2.16.5 Universidad Mayor de San Andrés

En esta universidad se realizó una investigación basada en el análisis de confiabilidad de biomodelos construidos con tecnología 3D con métodos de adición comparados por medio de estudios tomográficos. Utilizaron materiales como resinas, acrilonitrilo butadieno estireno y ácido poli láctico y realizaron una fabricación aditiva en la cual se usan modelos virtuales a partir de una tomografía axial computarizada, luego de esto el diseño es transferido a una impresora para que cree los datos geométricos para determinar la aposición secuencial de capa por capa hasta la finalización del producto<sup>62</sup>.

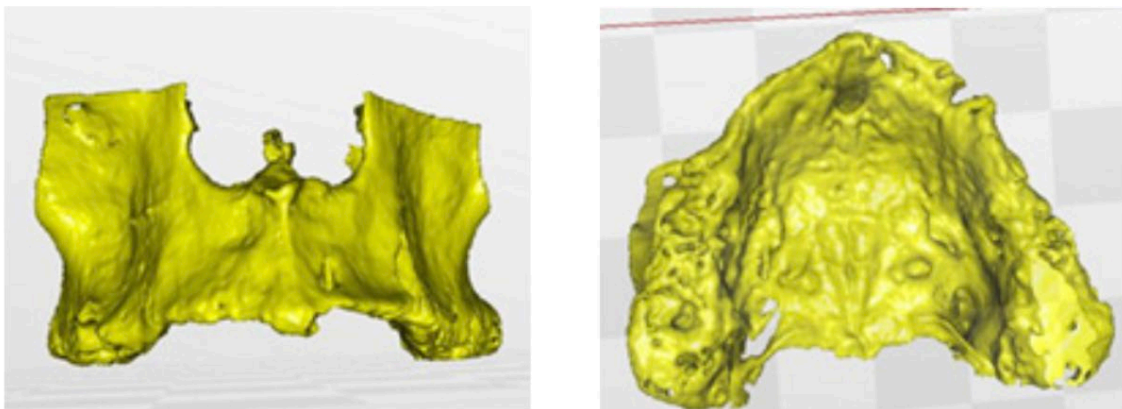
**Tabla 2.** *Fases y métodos utilizados en la Universidad Mayor de San Andrés para la comparación de confiabilidad en biomodelos en 3D.*

Fases	Métodos
Primera fase: Adquisición de datos	Se utilizaron tomografías convencionales tomadas con equipo Cone Beam Planmeca Promax 3D MID el cual es de procedencia Finlandés. Usaron un campo de visión de

	<p>10x10cm, un tiempo de exposición de 15 segundos.</p> <p>Para hacer el diseño virtual de la construcción de los biomodelos se trabajó con el programa ROMEXIS.</p>
<p>Segunda fase: Procesamiento de las imágenes y construcción de biomodelos</p>	<p>Siguiendo con el uso del programa ROMEXIS las imágenes que se obtuvieron en las tomografías axiales computarizadas, para crear el diseño virtual de cada uno de los casos fueron trabajadas.</p> <p>Cuando se finalizó el diseño y se debía de hacer la exportación se utilizó el formato STL, el cual es un archivo digital asistido por computador CAD.</p>
<p>Tercera fase: Medición en estudios tomográficos</p>	<p>Se emplean distintas mediciones con la ayuda de cortes tanto axial, coronal como sagital.</p> <p>Esto se hace con el fin de comparar por medio de la tomografía axial computarizada.</p>

**Fuente:** tabla formada en base a la referencia <sup>62</sup>.

**Figura 30.** *Modelo virtual terminado en formato STL listo para la exportación e impresión 3D*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>62</sup>.

**Figura 31.** *Biomodelo construido con tecnología de inyección aglutinante*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>62</sup>.

**Figura 32..** *Corte axial del icono panorámico*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia<sup>62</sup>.

### **2.16.6 Hospital General de Valencia**

El hospital general de Valencia cuenta con laboratorio de Ingeniería Biomédica y Tisular (BTELab), el cual ha puesto en marcha una unidad dedicada al procesamiento y creación por impresión 3D, tanto de modelos anatómicos realistas, que permitan llevar a cabo planificaciones quirúrgicas personalizadas, como de órtesis complejas, para mejorar la atención al paciente y reducir los efectos secundarios derivados de las cirugías complejas<sup>63</sup>.

Según Escobedo C. <sup>63</sup>, "Se trata de la primera unidad situada dentro de un centro hospitalario de la Comunidad Valenciana que realiza una labor integral en cuanto a que

no depende de ninguna externalización y se encarga desde el procesamiento de la información del paciente hasta el suministro del modelo impreso 3D esterilizado", también indica que "Las partes más innovadoras de REALISTIC son el uso de un enorme catálogo de materiales poliméricos, lo que permite darle un gran realismo a los modelos anatómicos, y el uso de impresoras 3D de diseño *in house*, que utilizan tecnologías de fundición de material en *pellets* para lograr una mayor eficiencia en la producción".

**Figura 33.** Impresión realizada en Hospital General de Valencia



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>63</sup>.

### **2.16.7 Hospital Torrecárdenas de Almería**

Este hospital desarrolló una unidad de Impresión 3D y biomodelado, el cual ha sido apoyado por el Equipo TIC Provincial de Almería y las Unidades de Gestión Clínica de Radiología y Maxilofacial, planificar y personalizar las intervenciones quirúrgicas que se realizan a los pacientes, su objetivo es ofrecer un servicio de medicina personalizada a los ciudadanos y que el cirujano presente tenga una mayor certeza de la anatomía del paciente a tratar<sup>64</sup>.

Este tipo de laboratorios o unidades mejora la experiencia, tanto del médico como la del paciente, ya que gracias a él podemos reproducir de manera exacta la anatomía del paciente y sus órganos: hígados, pulmones, cráneo, entre otras estructuras anatómicas, gracias a esta tecnología de 3D se puede tener una mejor visión y representación de las diferentes patologías a tratar, existen puntos positivos a la hora de la aditiva, uno de ellos

es que permite al cirujano encargado tener una reproducción perfecta del órgano que va a operar. El hecho de tener el biomodelo antes de la intervención, otorga una mayor precisión en el trabajo y confianza en uno mismo, reduciendo la posibilidad de fallo, ya que obtiene las características propias del paciente. Estos laboratorios, gracias a su tecnología facilitan la comunicación con el paciente, ya que se le puede explicar de forma visual en qué consiste su intervención<sup>64</sup>.

También se ha trabajado en conjunto con otras especialidades de este mismo hospital como son Radiología, Maxilofacial, Neurocirugía, sin embargo se ha puesto en práctica otros servicios médicos como la rehabilitación para la generación de prótesis, este proyecto ha imprimido más de 70 biomodelos en tamaño real, que han sido requeridas por los diferentes servicios quirúrgicos y se han utilizado en diferentes intervenciones, tales como la reconstrucción mandibular microquirúrgica con hueso de peroné, customización de placas de titanio sobre modelos estereolitográficos, planificación de osteotomías controladas, entre otros, y una vez utilizados, tras haber pasado el proceso de calidad, se cataloga la pieza y se registra con la idea de generar un repositorio de acceso público a los modelos, de manera anónima, a disposición de los profesionales que pueda ser consultados con fines formativos<sup>64</sup>.

**Figura 34.** *Hospital Torrecárdenas de Almería*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia <sup>64</sup>.

Este servicio de impresión 3D es una herramienta de ayuda, tanto a clínicos como a paciente, gracias a la reproducción exacta de la anatomía del paciente, venas, arterias, huesos, laringes, bronquios y cráneos y algunos órganos como riñones, hígados con la ayuda de imágenes 3D para la representación de patologías tumorales, el cirujano puede tener en sus manos una reproducción exacta del órgano que va a operar, puede disponer del biomodelos antes de intervenirlo, obteniendo, por tanto, las características propias de cada uno con anterioridad a la operación, los beneficios obtenidos por medio de esta tecnología son importantes, ya que el paciente y el médico tienen una mayor confianza en los procedimientos a realizar<sup>65</sup>.

*Figura 35. Modelos impresos para el desarrollo de una intervención quirúrgica en el Hospital Torrecárdenas de Almería*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>65</sup>.

#### 2.16.8 Universidad Nacional de Colombia

En esta universidad se formó una investigación acerca de la anatomía ósea de la cara y la implementación de imágenes diagnósticas e impresión 3D como estrategia en el aprendizaje básico y clínico en áreas de la salud. Básicamente esta investigación se realizó debido a que la anatomía desempeña un papel de suma importancia en el desarrollo de las bases, tanto teóricas como prácticas de los futuros profesionales. En esta universidad consideran que siempre es importante desarrollar herramientas complementarias e innovadoras para diferentes niveles de estudio y aprendizaje, tanto en pregrado como posgrado, es por esto que buscaron promover e implementar modelos virtuales y de

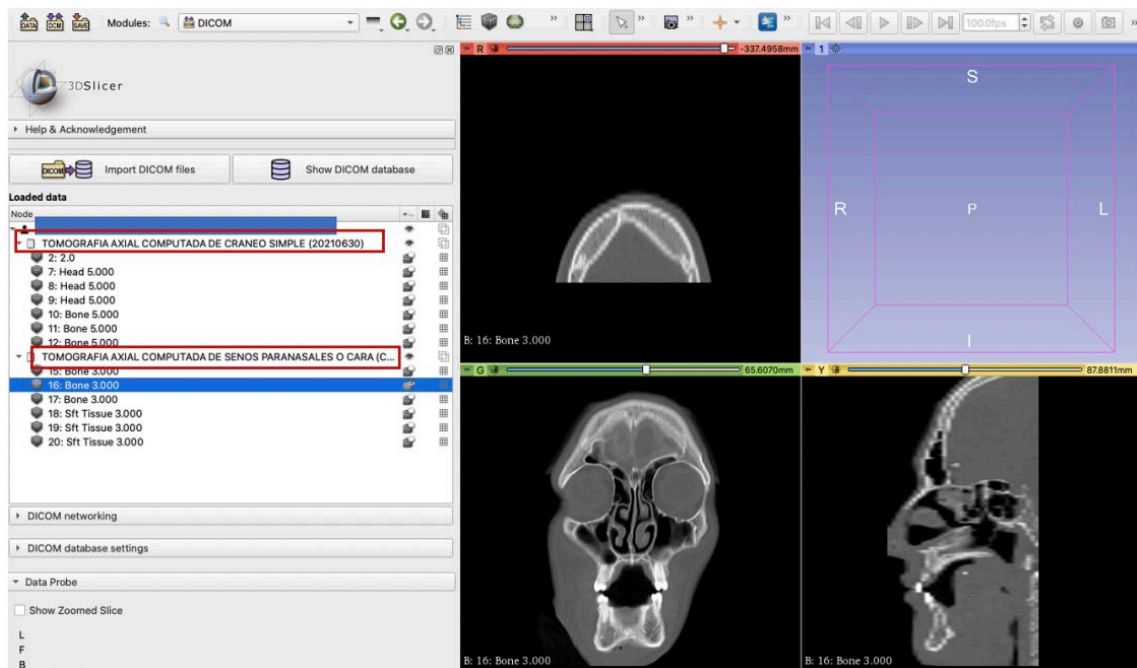
impresión 3D con respecto a la anatomía ósea de la cara, surgiendo de imágenes diagnósticas como tomografías<sup>66</sup>.

Para poder desarrollar este proyecto se tuvo que presentar ante el Comité de Ética de la investigación del Hospital Universitario Nacional para que les permitieran utilizar las imágenes diagnósticas de tomografía computarizada de cara y cráneo, asimismo, se solicitó el consentimiento de cada paciente. Utilizaron un tomógrafo Toshiba Aquilion Modelo TSX-303A, un *software* libre que permitiera la exportación de imágenes en formato DICOM, un programa denominado 3D Slicer que cuenta con licencia de código abierto y con estilo BSD lo que significa que este no cuenta con restricciones sobre los usos legales del *software* y la impresora Makerbot-Replicator 2X<sup>66</sup>.

Se necesitan realizar varias fases antes de poder realizar la impresión, primeramente se inicia con la fase pre analítica en la que se consiguieron 7 estudios de tomografía computarizada con el fin de analizar y estudiar cada imagen. Para empezar el diseño la autora necesitó estudiar y capacitarse mediante un curso virtual denominado “Impresión 3D en salud: gestión, proyectos y aplicaciones” realizado por la Universidad de los Andes con el fin de poder adquirir habilidades básicas para el entendimiento del proceso en el desarrollo de los diferentes prototipos. Una vez iniciado el proyecto se realizaron varias visitas al laboratorio de CEMUN para poder reconocer los distintos recursos, tanto de la impresora 3D como el *software* que se utilizaba en ella<sup>66</sup>.

Seguidamente se realiza el procesamiento inicial de imágenes, luego de haber iniciado el análisis de las imágenes se comenzó a hacer la exportación del formato DICOM al *software* 3D Slicer lo que permitió organizar las imágenes con mayor cantidad de cortes en cada plano asegurando de esa forma una mejor calidad para el prototipo final, ya que, a mayor número de cortes es menor la distancia entre ellos<sup>66</sup>.

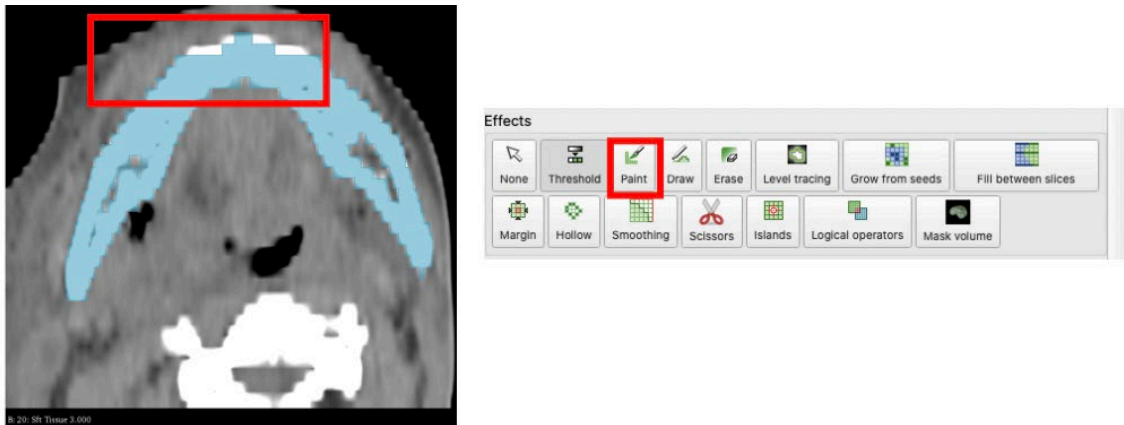
**Figura 36.** Proceso en 3D Slicer. A la izquierda se encuentra la serie de cortes disponibles en TC cara y cráneo y a la derecha se visualizan los planos axial, sagital y coronal en ventana ósea.



**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.

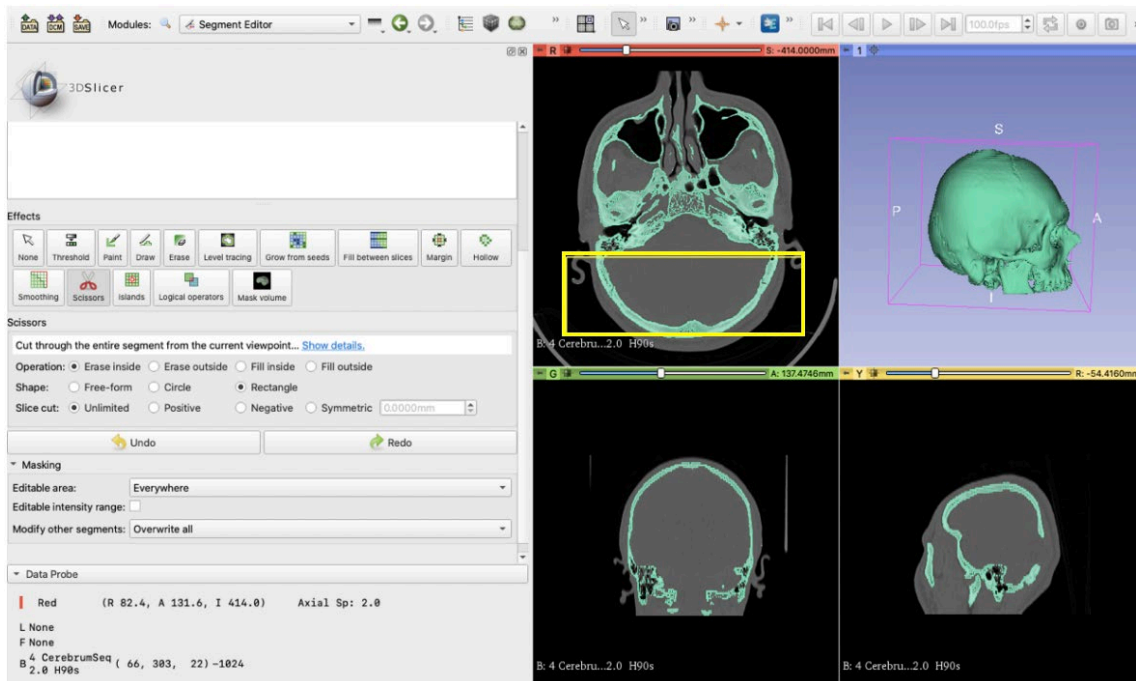
Como tercer paso se realiza el diseño y para poder realizarlo se tomaron varias horas de trabajo debido a que se tenía que hacer uso adecuado de las herramientas disponibles en el programa 3D Slicer, para poder lograr el producto que conserva los accidentes óseos. Todo se debe de realizar de manera detallada y precisa. Dentro de las herramientas que se utilizaron se mencionan algunas como *threshold*, crecimiento por semillas y dibujo cuadro a cuadro siendo este último el que más tiempo requería, puesto que se debía de pulir los detalles pixel a pixel de cada imagen. Durante el diseño y edición de las imágenes en todos sus planos se puede ir observando el modelo 3D virtual, lo cual permite observar los detalles y lograr un modelo final cercano a la realidad. Luego del desarrollo y procesamiento de las imágenes el modelo 3D es guardado en formato STL y se pasa directamente al *software* de la impresora, o bien, mediante el programa Rhinoceros se puede crear una edición más detallada y de mayor determinación profesional para ajustar más elementos tipo grosor, curvas y rellenar espacios<sup>66</sup>.

**Figura 37.** Imagen izquierda: Aplicación de herramienta “Paint”. Imagen derecha: Herramientas de edición en 3D Slicer.



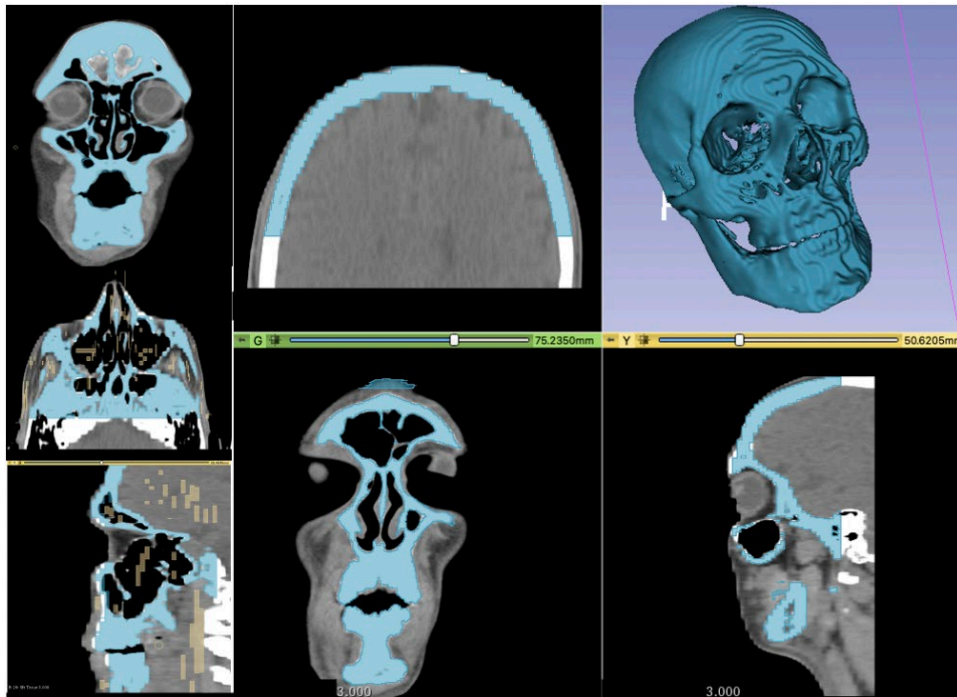
**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.

**Figura 38.** Imágenes de tomografía computarizada obtenidas del hospital: análisis, edición y desarrollo de modelo 3D por la autora en software 3D Slicer.



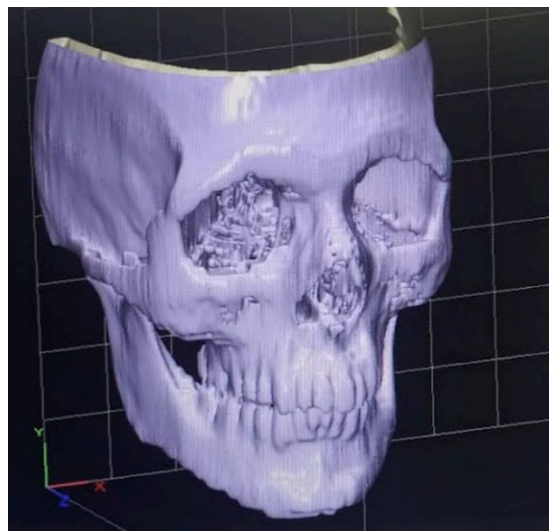
**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.

*Figura 39. Proceso de relleno y diseño de estructura de la cara ósea*



**Fuente: imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.**

*Figura 40. Imagen en formato STL enviado a software impresora*



**Fuente: imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.**

Como último paso tenemos la impresión y el post proceso en el que cada equipo cuenta con su *software* propio para realizar el ajuste de los parámetros de impresión, los

soportes, dimensiones y la posición de la pieza. Todo esto se realiza con la ayuda del personal a cargo de la impresión en el laboratorio de mecatrónica y del ingeniero asesor<sup>66</sup>.

**Tabla 3.** *Parámetros usados para impresión con valores usados con asesoría de ingenieros expertos y pruebas preliminares*

	<b>Makerbot X2</b>	<b>Stratasys</b>
<b>Material</b>	PLA	ABS
<b>Escala</b>	1:1	1:1
<b>Porcentaje infill</b>	70%	Hueso alta densidad
<b>Altura de capa</b>	0,2	0,25
<b>Tiempo de impresión</b>	6 horas promedio por pieza	38 horas total para el modelo completo

**Fuente:** tabla tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.

Luego de haber finalizado el proceso con la pieza física se puede imprimir, se puede dar soporte del mismo material a la pieza creada, o bien, pueden requerir retiro manual o retiro químico disolviendo el material utilizado para soportes cuando son diferentes. Se pueden ajustar detalles de pintura o lijado dependiendo del material que se elija. El primer modelo impreso fue una pieza de viscerocráneo sin la mandíbula y fue hecho a escala menor con el objetivo de conocer los equipos y ver qué tanto se pierden ciertos detalles por lo que tuvieron que probar con diferentes tipos de materiales y alternativas, todo con el fin de tener una aproximación más real de las estructuras<sup>66</sup>.

**Figura 41. Primer modelo impreso cara ósea**

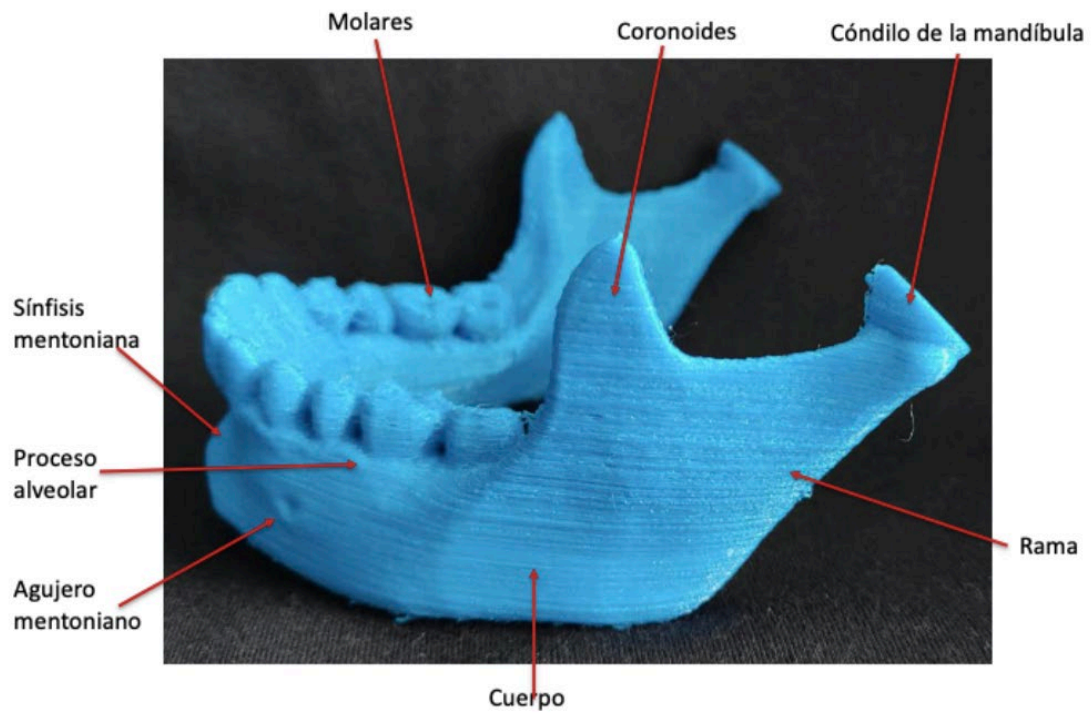


**Fuente: imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.**

Luego de haber realizado las pruebas digitales se comenzaron a desarrollar a partir de las imágenes diagnósticas el diseño de la cara ósea completa en una sola pieza, logrando crear una pieza de tamaño real de la anatomía de una persona adulta y con conservación de ciertos detalles anatómicos. Pese a todo esto, se siguieron cometiendo errores durante la impresión con respecto a las capas más posteriores, pero todo esto se tomó como parte del desarrollo y aprendizaje en la creación de biomodelos<sup>66</sup>.

Luego de varios intentos se lograron diseñar e imprimir modelos de mandíbulas con el fin de correlacionar la pieza con otras estructuras anatómicas de inserción de músculos o espacios para el paso de los nervios y vasos sanguíneos. De esta manera se demuestra que sí hay posibilidad de que un diseño e impresión tridimensional de las piezas generen un acercamiento casi real para el estudio básico de la anatomía<sup>66</sup>.

*Figura 42. Mandíbula a escala real con accidentes óseos creada por Makerbot X2*



**Fuente: imagen tomada de la referencia de la fuente <sup>66</sup>.**

## **CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO**

A continuación, en el siguiente capítulo, se presenta el marco metodológico de la investigación.

Definido por Ayala.<sup>67</sup> como: “En la parte del escrito donde se argumentan los métodos, procedimientos, limitaciones para la recopilación de datos con relación a un tema o problema en específico”, por lo tanto, el marco metodológico aborda desde epistemología, el objeto de estudio.

Por su parte, Lidefer.<sup>67</sup>, menciona respecto al marco metodológico, que “Es la parte de nuestra investigación en donde exponemos los métodos teóricos y prácticos utilizados para analizar el problema planteado o el tema que estemos tratando. Incluye los participantes y la muestra y el análisis de datos”.

En el caso de la presente investigación en este apartado se detalla el enfoque metodológico, tipo de investigación, sujetos y fuentes de investigación, y descripción de instrumentos.

### **3.1. Enfoque metodológico**

Un proceso sistemático, disciplinado y controlado y está directamente relacionada a los métodos de investigación que son dos: método inductivo generalmente asociado con la investigación cualitativa que consiste en ir de los casos particulares a la generalización; mientras que el método deductivo, es asociado habitualmente con la investigación cuantitativa cuya característica es ir de lo general a lo particular<sup>68</sup>.

Para este estudio, se selecciona el enfoque cualitativo, este es esencial en el paradigma de investigación naturalista, de acuerdo con Sánchez.

El enfoque cualitativo se sustenta en evidencias que se orientan más hacia la descripción profunda del fenómeno con la finalidad de comprenderlo y explicarlo a través de la aplicación de métodos y técnicas derivadas de sus concepciones y fundamentos epistémicos, como la hermenéutica, la fenomenología y el método inductivo<sup>69</sup>.

Esta investigación de la utilización de la impresión 3D tiene un enfoque cualitativo, pues el tema del análisis de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza compete a toda la población estudiantil de la carrera de Medicina y Cirugía, ya que como estudiantes, tienen el derecho de educarse con distintas estrategias de aprendizaje por parte de la universidad y los educadores de diferentes áreas de la carrera de medicina.

Las investigaciones en el ámbito de la enseñanza tradicional de la medicina se caracterizan por métodos como la utilización de laboratorios y simulación clínica en su parte práctica, en la parte teórica implementada con clases magistrales, ya sea virtual o presencial. Cada uno de estos componentes contribuye a la comprensión profunda y contextualizada de la formación médica.

En la educación superior, la simulación clínica se entiende como una estrategia didáctica, la cual permite en los estudiantes el desarrollo de habilidades y la experimentación con el fin de acercarlos a escenarios similares y generar mayor confianza y seguridad en sí mismos, para que puedan enfrentar diferentes tipos de experiencias y logren comprender y absorber el conocimiento en distintas situaciones prácticas por medio de un trabajo sistemático en la formación y el desempeño. Siempre es de suma importancia la utilización de este método educativo durante la enseñanza y el aprendizaje, así como en la evaluación en cuanto a educación médica media o superior.

Cuando el docente comienza a utilizar la simulación para la enseñanza, esta requiere de organización y conexión entre el plan de estudios, todo lo cual se puede realizar mediante un programa analítico de las materias, puesto que es muy importante considerar los requisitos y momentos claves para su empleo con la finalidad de que los alumnos adquieran experiencia en el manejo de los problemas de la vida real. Por otro lado, los profesores lo consideran sumamente útil cuando los pacientes no están disponibles o cuando no es adecuado experimentar soluciones alternativas en un paciente, ya que es importante que siempre consideren el riesgo o las consecuencias de la experiencia, así como la precisión que poseen al desarrollar habilidades sensoriales e intelectuales previos a su contacto y práctica con personas sanas y enfermas<sup>70</sup>.

### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación para este estudio es descriptivo, ya que tiene como objetivo recopilar información acerca de las aplicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de medicina y cirugía la Universidad Internacional de las Américas, basado en las experiencias de los profesionales en el campo de la enseñanza de la medicina que serán entrevistadas<sup>71</sup>.

El estudio descriptivo se enfoca en comprender la realidad tal como se presenta en un contexto espacio-temporal específico, centrándose en la descripción detallada de las características del fenómeno en análisis. Esta modalidad tiene como propósito la presentación detallada de la realidad investigada y su evolución, sin buscar explicar las causas subyacentes<sup>72</sup>.

Según Pineda Gonzales.<sup>72</sup>, “Un estudio descriptivo, como su nombre sugiere, se dedica a exponer con cierto nivel de detalle la realidad objeto de investigación y su progresión, sin profundizar en la explicación de las causas que la motivan”. Su enfoque radica en identificar y especificar propiedades fundamentales de personas u otros fenómenos sometidos a análisis, midiendo y evaluando diversos aspectos, así como conceptos o variables relacionados.

La investigación descriptiva busca responder a preguntas sobre cómo es el fenómeno y cuáles son sus características actuales. En este enfoque, las preguntas son similares a las de la investigación exploratoria, pero se centran en el objeto de estudio con mayor precisión, evitando una generalidad excesiva.

Este tipo de estudio requiere un mayor conocimiento en el área de investigación, ya que suele contar con una mayor disponibilidad de fuentes de información en comparación con el estudio exploratorio. Esto proporciona la posibilidad de realizar predicciones o establecer relaciones, aunque puedan ser incipientes o poco elaboradas<sup>73</sup>.

### **3.3 Participantes del estudio**

Según Barrantes.<sup>74</sup>, la población es un “conjunto de elementos que tienen características en común... pueden ser finitas o infinitas”

Por otra parte, según Hernández, Fernández y Baptista.<sup>73</sup> la muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta.

Según explican Hernández, Fernández y Baptista

En los estudios cualitativos el tamaño de la muestra *no* es importante desde una perspectiva probabilística, pues el interés del investigador *no* es generalizar los resultados de su estudio a una población más amplia. Lo que se busca en la indagación cualitativa es profundidad. Nos conciernen casos (participantes, personas, organizaciones, eventos, animales, hechos, etc.) que nos ayuden a entender el fenómeno de estudio y a responder a las preguntas de investigación<sup>73</sup>.

En el caso del enfoque Hernández, Fernández y Baptista,<sup>73</sup> hacen referencia a clases de muestras que, aunque no son exclusivas de la investigación cualitativa, se utilizan frecuentemente en esta: la muestra de participantes voluntarios, la muestra de expertos, la muestra de casos-tipo, la muestra por cuotas. Por otra parte, la muestra se determina por conveniencia, tomando en cuenta la relación con el objeto de estudio y experiencia en el tema desde la enseñanza a futuros médicos.

De acuerdo con Mata.<sup>75</sup>, los sujetos de estudio: “son aquellas personas o grupos de personas que forman parte de los colectivos cuyas características, opiniones, experiencias, condiciones de vida, entre otros rasgos y atributos cobran interés particular para investigaciones con enfoque cuantitativo o cualitativo”.

En esta investigación del análisis de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de Medicina y Cirugía se trabaja con una muestra no probabilística, la cual establece una forma más contextualizada de seleccionar la unidad de estudio, sin embargo, para este caso no existe relación estadística con el procedimiento empleado, es decir, no es necesario. De acuerdo con Pimienta

En este tipo de muestreo, denominado también muestreo de modelos, las muestras no son representativas por el tipo de selección, son informales o arbitrarias y se basan en supuestos generales sobre la distribución de las

variables en la población; por ejemplo: se juzga una canasta de uvas probando sólo una de ellas; un distribuidor de cierto tipo de artículos acepta un envío después de probar algunos de ellos, que selecciona en forma casual; en física, biología o psicología los elementos que se estudian se seleccionan en forma casual, o bien porque reúnen ciertas características, como sería seleccionar al animal más gordo para estudiarlo <sup>76</sup>.

Por lo tanto, se seleccionan la muestra de los 7 participantes, a conveniencia de la investigación, de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión:

- Experiencia profesional de más de 3 años.
- Tener doctorado académico universitario.
- Amplia experiencia en el objeto de estudio.

En la tabla uno se establecen los participantes del estudio, de acuerdo con los criterios mencionados.

**Tabla 4. Participantes del estudio**

Sujetos	Caracterización
Docente del curso de Anatomía humana	<p>Docente antigua del curso de natomía I y II en la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico de empresa en Psicoméd servicios de salud.</p>
Docente del curso de Histología	<p>Docente encargado del curso de Histología de la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico general.</p>
Docente del curso de Fisiología	Docente de Fisiología de la Universidad Internacional de las Américas.

	<p>Coordinadora de campos clínicos de la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico general.</p>
<p>Docente del curso de Fisiopatología</p>	<p>Docente de Fisiopatología de la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico en Caja Costarricense de Seguro Social, en el Hospital Calderón Guardia.</p> <p>Graduado como médico general de la Universidad Santa Clara Cuba.</p>
<p>Docente del curso de Cirugía</p>	<p>Docente antiguo de cirugía en la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico especialista en cirugía general, trabaja en la Caja Costarricense del Seguro Social, en el Hospital Dr Maximiliano Peralta Jiménez.</p>
<p>Docente del curso de Emergencias médicas</p>	<p>Docente de emergencias médicas en la Universidad Internacional de las Américas.</p> <p>Médico especialista en emergencias y desastres Caja Costarricense del Seguro Social,</p>

	en el Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.  Coordinador del curso ECOM.
Total de participantes	6

Fuente: elaboración propia.

### 3. 4 Fuentes de información

De acuerdo con Maranto. <sup>77</sup>, “las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Encontraremos diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda que hagamos”. Hay tres tipos de fuentes de información, que a continuación se detallan.

#### 3.4.1 Fuentes primarias

Con respecto a las fuentes primarias se reconoce que son todas las áreas de conocimiento y mayormente consultadas para la realización de marcos teóricos como por ejemplo lo son los libros, artículos de revistas científicas, trabajos presentados en congresos, simposios o cualquier otro evento de la misma índole, debido a que, todas estas fuentes con las que mayormente sistematizan en relación con la información, adentran más en el tema que se está desarrollando y son en gran medida especializadas, además de que obtenerlas son de gran facilidad mediante internet <sup>78</sup>.

Para el caso de esta investigación, las fuentes primarias son las respuestas de las entrevistas de las personas sujetas a información, en total de 7 participantes, estos brindarán la información necesaria respecto al método de enseñanza implicado con el uso de la impresión 3D.

### **3.4.2 Fuentes secundarias.**

Seguidamente se presentan las fuentes de información secundarias, tipo de fuentes que no fueron consideradas como primarias, y son utilizadas para buscar datos o para obtener una idea general sobre el objeto de estudio. Estas hacen referencia cuando una empresa o institución utiliza datos de tipo estadísticos recogidos por otra persona para su estudio, los cuales generalmente son de tipo primaria que luego se publican y se distribuyen. Siempre es importante a la hora de realizar una investigación la diferencia entre estos dos tipos de fuentes, puesto que debe de ser determinado de manera clara para el marco metodológico del estudio <sup>79</sup>.

Para este estudio las fuentes secundarias serán las revisiones bibliográficas y artículos científicos que han sido publicados a nivel académico con el fin de la utilización de la impresión en 3D para métodos educativos

### **3.4.3 Fuentes terciarias.**

Las fuentes terciarias forman parte de un grado menor que las fuentes primarias y secundarias, puesto que tienen información de tercera mano en la que se logra demostrar el desarrollo de la revisión documental relacionado a los objetivos de la investigación. Este tipo de fuentes se han definido como una descripción del estudio realizado por una persona que no participó en la investigación o que el investigador fue distinto al original, que se obtiene mediante información de otra persona, libro o material. Con este tipo de fuentes se sintetiza la información, tanto de las primarias como secundarias con el fin de maximizar la facilitación del acceso a los contenidos de ambas, es por esto que, en la presente investigación se pretende utilizar sitios web, tesis nacionales e internacionales, entre otros <sup>80</sup>.

## **3.5 Técnicas de recolección de datos**

A continuación, se establecen las técnicas de recolección de datos, para dar cumplimiento con los objetivos de la investigación.

### **3.5.1 Revisión documental**

Para el caso de la investigación, en la revisión documental, se realizará en función del análisis de métodos de enseñanza en la medicina con impresión 3D. De acuerdo con Vidal

Mediante el uso de la impresión 3D, los estudiantes elaboran las piezas de disipación de energía en función de las situaciones que se quieren analizar en laboratorio. Los materiales plásticos tienen rigidez suficiente para ser mecanizados, lo que facilita el análisis de infinidad de combinaciones en el canal de laboratorio. De este modo, los estudiantes ponen en uso los conceptos de diseño y dimensionamiento que se enseñan en la parte teórica de las asignaturas <sup>70</sup>.

Por lo tanto, a la luz del objeto de estudio, se realizará un análisis de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía de la Universidad Internacional de las Américas, lo cual nos indica que la impresión en 3D es de gran utilidad para los estudiantes.

### **3.5.2 Entrevista a profundidad**

A diferencia del cuestionario, las entrevistas ofrecen una perspectiva única que permite explorar y debatir la investigación, ya que recopila datos, eventos y perspectivas sin preguntas abiertas, lo que mejora la eficacia de la investigación cualitativa. Este tipo de entrevista tiene fundamento en el seguimiento de un guion de entrevista en el que se abarcan todos los temas que se desean abordar a lo largo de los encuentros, y en el que antes de cada encuentro se deben de preparar los temas a discutir con la finalidad de poder tener un control mayor de los tiempos, diferenciar los temas de importancia y evitar dispersiones por parte del entrevistador <sup>78</sup>.

Para esta investigación, la entrevista a profundidad se aplicará a las 5 personas profesionales, para que, desde su experticia en medicina, se brinde una opinión personal, en relación al uso de la impresión en 3D, con base a los siguientes elementos:

1. Implicaciones académicas del uso de la impresión en 3D
2. Evolución en la enseñanza de los estudiantes de medicina
3. Alcance y límites de la enseñanza por medio del uso de la impresión en 3D en los estudiantes de medicina.

La aplicación de esta técnica se realizará de manera presencial y estará sujeto como instrumento de recolección de datos la guía de entrevista.

### **3.6 Tratamiento de la información**

A continuación, se describe cómo se va a tratar la información una vez aplicados los instrumentos de investigación. De acuerdo con Barrantes,<sup>74</sup>. “La recolección de datos es un proceso tan importante y requiere de prudencia, paciencia y orden. Esto implica la necesidad de utilizar instrumentos capaces de captarlos tal cual son, con sus medidas apropiadas y su exacto valor”

Los datos serán categorizados de acuerdo con las respuestas proporcionadas por los expertos durante la entrevista y la información obtenida del análisis documental. La investigadora es responsable de etiquetar y categorizar los materiales de manera que permitan codificarlos de acuerdo con la fase de investigación y descripción. Los datos se categorizarán de acuerdo con: los objetivos propuestos, para ello se derivan las categorías de las variables de investigación. Se expondrán de esta forma los hallazgos encontrados en la investigación, en relación con los objetivos, las variables, y los resultados que se extraen de las fuentes de información primarias, con el contraste teórico que permita el análisis de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía de la Universidad Internacional de las Américas.

Además, para este objeto de estudio se selecciona la triangulación como la técnica de recolección de datos. La triangulación es entendida por Hernández y Mendoza.<sup>78</sup>. como “la utilización de diferentes fuentes y métodos de recolección”. Para Okuda y Gómez:

Dentro del marco de una investigación cualitativa, la triangulación comprende el uso de varias estrategias al estudiar un mismo fenómeno, por ejemplo, el uso de varios métodos (entrevistas individuales, grupos focales o

talleres investigativos). Al hacer esto, se cree que las debilidades de cada estrategia en particular no se superponen con las de las otras y que en cambio sus fortalezas sí se suman. Se supone que al utilizar una sola estrategia, los estudios son más vulnerables a sesgos y a fallas metodológicas inherentes a cada estrategia y que la triangulación ofrece la alternativa de poder visualizar un problema desde diferentes ángulos (sea cual sea el tipo de triangulación) y de esta manera aumentar la validez y consistencia de los hallazgos <sup>81</sup>.

En la sistematización de datos se representa la información con base en la matriz de la información realizada previamente, en esta se logra confrontar la teoría descrita en el marco conceptual presentada en esta investigación, con las respuestas obtenidas en la aplicación de instrumentos a los sujetos de información.

Así mismo, para que el proceso de análisis de datos sea exitoso se requiere utilizar herramientas como la triangulación de datos, pues es la técnica que permite confrontar la información que surge de las diferentes fuentes de información, lo que permite darle sentido a los datos que tiene, tomar en cuenta diversas perspectivas y enfoques del problema e incluso tomar en cuenta diferentes disciplinas con el fin de lograr los objetivos del estudio, además dichos resultados permitirán desarrollar las conclusiones así como las recomendaciones que serán valiosas para diferentes sujetos que participan en la misma, así como para futuras líneas de investigación en el campo educativo <sup>81</sup>.

### **3.7 Categorías de análisis**

Rivas (2015) explica que en una investigación cuantitativa, las variables se pueden equiparar a las categorías de análisis. Estas categorías son estrategias metodológicas utilizadas para describir un fenómeno en estudio, y se sugiere que no sean más de cinco para evitar confusiones y dispersión en el análisis. Es crucial ser claro en la explicación y evitar la creación de demasiadas categorías, ya que esto puede dificultar la comprensión del estudio y la interpretación de los resultados<sup>82</sup>.

**Tabla 5.** *Sistematización de las categorías de análisis*

<b>Objetivo específico</b>	<b>Categoría</b>	<b>Definición procedimental</b>
Describir las estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía.	Estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía	Revisión documental Entrevista pregunta 1 y 2
Identificar los usos académicos de la impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud.	Usos académicos de la impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud.	Revisión documental Entrevista preguntas 3 a la 6.
Determinar las estrategias metodológicas y académicas con base en la impresión 3D aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y cirugía.	Estrategias metodológicas y académicas basadas en la impresión 3D aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y Cirugía.	Revisión documental Entrevista preguntas 7 a la 12

## **CAPÍTULO IV – ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo, se realiza un análisis detallado de las implicaciones metodológicas y académicas del uso de la impresión 3D en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía en la Universidad Internacional de las Américas. Los objetivos principales son describir las estrategias metodológicas y académicas implementadas, identificar los usos académicos de la impresión 3D en las ciencias de la salud, y determinar estrategias aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y Cirugía. Este análisis se basa en la revisión crítica de la literatura y en datos recopilados de entrevistas al personal docente en el contexto universitario, con el fin de mejorar la calidad y eficacia de la educación médica mediante la implementación estratégica de la tecnología de impresión 3D.

#### **4.1 Análisis del objetivo 1 describir las estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Medicina y Cirugía.**

Con respecto al primer objetivo se estableció la categoría de análisis: estrategias metodológicas y académicas implementadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la carrera de Medicina y Cirugía. En cuanto a esto, en la carrera de Medicina y Cirugía, las estrategias metodológicas y académicas desempeñan un papel fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estas estrategias se diseñan cuidadosamente para garantizar una formación integral de los estudiantes, que abarca tanto el conocimiento teórico como las habilidades prácticas necesarias para ejercer la medicina de manera efectiva.

Estas estrategias están diseñadas para proporcionar no solo un conocimiento profundo de los aspectos científicos y prácticos de la medicina, sino también para desarrollar habilidades esenciales en comunicación, diagnóstico y tratamiento.

Con respecto a lo determinado en la literatura en relación con la enseñanza de la medicina, las clases magistrales siguen siendo un pilar fundamental en la enseñanza de la medicina. A pesar de su formato aparentemente tradicional, estas clases han evolucionado para integrar tecnologías y recursos didácticos que mejoran la interacción y la retención de información. Utilizan esquemas, diagramas y presentaciones multimedia para desglosar y clarificar conceptos complejos, facilitando así la comprensión y la memorización de la información. Por ejemplo, en una clase sobre fisiopatología cardiovascular, los diagramas del corazón y sus funciones no solo ilustran la teoría, sino

que también preparan a los estudiantes para entender cómo estas condiciones podrían presentarse en escenarios clínicos reales. La estructura de estas clases también es crucial, comenzando con una visión general que establece el marco y objetivos del tema, seguido por una exploración detallada de los contenidos, y culminando con un resumen que sintetiza los puntos clave, asegurando así que los estudiantes adquieran una base sólida sobre la cual puedan construir conocimientos más avanzados.<sup>88</sup>

Por otro lado, las clases participativas promueven un ambiente donde los estudiantes no solo reciben información, sino que también interactúan con ella de manera significativa. Esta modalidad incluye debates, estudios de caso, y trabajos en grupo que fomentan la discusión y el análisis crítico. Los estudiantes son alentados a prepararse con antelación, lo que les permite participar de manera más efectiva y contribuir a la construcción colectiva del conocimiento. Esta estrategia no solo mejora la comprensión de la materia, sino que también desarrolla habilidades de comunicación y colaboración que son vitales en la práctica médica.<sup>88</sup>

Igualmente, las demostraciones en el aula son herramientas efectivas para conectar teoría y práctica. Mediante la realización de procedimientos o la demostración de técnicas específicas, los estudiantes pueden observar directamente la aplicación de conocimientos teóricos en prácticas médicas. Estas sesiones, a menudo dramatizadas para resaltar resultados inesperados o casos complicados, no solo capturan la atención de los estudiantes, sino que también les proporcionan un aprendizaje memorable que es crucial para su futura práctica clínica. Las demostraciones facilitan una comprensión profunda de los conceptos al mostrarlos en acción, lo que enriquece significativamente el proceso de aprendizaje.<sup>88</sup>

Las discusiones de casos clínicos son extremadamente valiosas en la educación médica, ya que simulan la toma de decisiones médicas en un entorno controlado. Los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar su conocimiento teórico a problemas de salud reales o simulados, lo que fomenta tanto la aplicación práctica de la medicina como el desarrollo de habilidades de razonamiento clínico. Estas sesiones permiten a los estudiantes explorar diferentes enfoques diagnósticos y terapéuticos, mejorar su capacidad de tomar decisiones informadas y prepararse para el manejo de pacientes en el mundo real.<sup>88</sup>

Finalmente, las prácticas en laboratorios y entornos clínicos son indispensables. Estas sesiones permiten a los estudiantes llevar a cabo procedimientos médicos bajo supervisión, donde pueden practicar y perfeccionar técnicas específicas. La práctica regular en entornos controlados es fundamental para el desarrollo de la destreza manual y la confianza, componentes esenciales de la práctica médica efectiva.<sup>83</sup>

En este contexto, a efectos de conocer las metodologías implementadas de forma específica en la carrera de Medicina y Cirugía de la Universidad Internacional de las Américas, se buscó criterio experto por parte de miembros del cuerpo académico y administrativo de la universidad. En la tabla siguiente se exponen sus respuestas a las preguntas planteadas.

**Tabla 6. Criterio experto**

Pregunta	Respuesta
1. ¿Podría detallar las metodologías de enseñanza empleadas en la carrera de Medicina y Cirugía a lo largo de todo el plan de estudios?	<p>Para la escuela de Medicina el propósito es orientar y apoyar la labor pedagógica del profesorado entregándole algunas herramientas que les permitan seleccionar la metodología más adecuada para sus objetivos de aprendizaje considerando el tamaño del grupo con el que se va a trabajar.</p> <p>La clase expositiva es una herramienta metodológica que consiste, principalmente, en la presentación oral de un tema. Su propósito es transmitir información, propiciando la comprensión de un tópico. Para ello el docente puede apoyarse en esquemas, ejemplos, analogías o algún tipo de apoyo visual. Lo que define una clase expositiva es que la comunicación es unidireccional y el contenido entregado está altamente organizado, jerarquizado, destacando los aspectos centrales. Generalmente, incluye un temario al comienzo y una síntesis al final. El apoyo de esquemas y audiovisuales es central y está siempre al servicio de la comprensión del tema que se presenta, por lo tanto, es una clase “muy pensada” y debe contener lo esencial.</p> <p>Según la temática se podría mencionar como ejemplos:</p> <p>Clase expositiva (tipo conferencia)</p> <p>Clase expositiva con participación de los estudiantes</p> <p>Panel de expertos</p> <p>Mesa redonda y debate</p> <p>Foro con preguntas</p> <p>Demostraciones</p> <p>Discusión de caso</p> <p>Trabajo práctico/taller</p> <p>Seminario</p> <p>Medicina basada en la evidencia</p>

2. ¿Cómo se evalúan estas metodologías para cada área del programa?
- Según la temática de cada curso se puede emplear una o varias metodologías. Las discusiones de caso se realizan habitualmente en los hospitales, clínicas, policlínicos consultorios o en aulas que posean la infraestructura adecuada para realizar discusiones diagnósticas. En una primera aproximación, los estudios de casos pueden ser imaginarios y abstractos, para luego pasar a discutir problemas reales de pacientes hospitalizados, en donde se desempeña prácticamente. En ellas participan los estudiantes y los médicos becados, todos ellos bajo la guía del profesor y el especialista de mayor nivel y experiencia. Un estudiante debe presentar y discutir el caso que se le ha asignado para la solución individual del problema de salud de un paciente. Los otros estudiantes también preparan el ejercicio. El profesor finalmente evaluará la participación de los estudiantes y otros a su cargo, corregirá errores, introducirá nuevos conceptos y realizará el juicio final sobre el caso. Para lograr los ejercicios es fundamental la realización de una buena historia clínica, donde sea practicada una buena anamnesis o interrogatorio y un buen examen físico.

Recomendaciones:

Es importante que el instructor no exprese sus opiniones personales de manera adelantada del caso.

Considerar que en algunos casos no existe una solución única.

Señalar puntos débiles del análisis de los grupos.

Propiciar un ambiente adecuado para la discusión.

Registrar comentarios y discusiones.

Guiar el proceso de enseñanza con discusiones y preguntas hacia el objetivo.

Evitar casos ficticios, muy simplificados o en su defecto, muy extensos.

Definir contenidos que se quiere transmitir

Investigar qué es lo que saben los estudiantes de los contenidos definidos

Ajustar los contenidos a lo que saben los estudiantes

Determinar los objetivos de la actividad

Organizar los contenidos en función de los objetivos

Discriminar entre lo central y lo periférico

Preparar esquemas que ayuden a la organización de los contenidos

Preparar gráficas que permitan clarificar las ideas centrales

Ajustar la exposición a no más de 50 min.

Utilizar no más de 15 diapositivas, con pocas palabras y de preferencia incluir esquemas o figuras más que textos.

Ventajas:

Se entrega mucha información en poco tiempo .  
Se puede impactar a muchas personas simultáneamente  
Es económica.

Permite interactuar con los estudiantes en cuanto a su comprensión e interés por determinados temas.

Desventajas:

Los temas pueden tender a desviarse del asunto central

El manejo de los temas no implica el dominio del auditorio

El profesor desconoce si el nivel de conocimiento es el mismo entre los que participan y los que sólo observan.

Requiere entrenamiento del profesor en estrategias metodológicas para incluir dentro de la clase expositiva, con el objeto de promover que los alumnos estén activos mentalmente durante la clase.

3. ¿Cuáles son las fortalezas y limitaciones de las metodologías de enseñanza actuales? ¿Hay áreas donde los estudiantes muestran una comprensión excepcionalmente alta o baja que podrían ser atribuidas a las técnicas de enseñanza empleadas?

La metodología se fortalece o se limita si el docente no está bien preparado o bien, si no cuenta con los recursos necesarios, sin embargo, la clase con participación de los alumnos es una herramienta metodológica que consiste principalmente en la presentación y desarrollo oral y participativa de un tema. Su propósito es transmitir y compartir información, propiciando la participación de la audiencia. Para ello el docente integra la opinión y comentarios de los estudiantes, ya sea otorgándoles un espacio de la clase, o a través del diálogo y la opinión durante el desarrollo de la misma. Lo que define una clase con participación de los estudiantes es que la comunicación es interactiva y los contenidos desarrollados permiten que el estudiante pueda resolver sus dudas y aportar conocimientos, entregando mayores elementos para la comprensión. Para diseñar este tipo de clases el docente debe tener en cuenta que el desarrollo del tema debe llevarlo hacia las conclusiones previstas o al menos permitir cerrar la clase con una síntesis que esté acorde al tema presentado y cumpla los objetivos del curso. Es importante que una clase de tal naturaleza sea previamente anunciada, con el temario y textos disponibles con anticipación. De este modo se garantiza que los estudiantes no sólo puedan resolver sus dudas sobre la materia tratada, sino también realizar aportes de su propia investigación o conocimientos al respecto.

Esta intención se traduce en objetivos. Los objetivos se construyen partiendo con un verbo que indica el tipo de operación que se espera que los alumnos realicen con el contenido, por ejemplo: describir las causas, identificar los atributos, relacionar un sistema con otro o una función con otra, conectar dos situaciones aparentemente desconectadas, inferir las causas, inventar un modelo que permita evaluar, etc.

Los objetivos debieran mostrarse a los alumnos al comienzo y ojalá también al final de la clase, para verificar junto con ellos su cumplimiento. Con base en estos mismos objetivos se debieran construir los ítemes de las evaluaciones y, al mismo tiempo, la planificación de la clase. Cuidar este factor ayuda a reducir el número de preguntas, porque en las pruebas suele ocurrir que varias preguntas miden lo mismo y otras veces algunos objetivos no son evaluados.

Si se busca evaluar con un alto estándar, entonces los objetivos también debieran tener un alto estándar y la clase debiera planearse para cumplir ese estándar, pues la coherencia entre enseñanza y evaluación es un elemento central para la docencia de calidad.

7. ¿Qué *feedback* han recibido de los estudiantes sobre las metodologías de enseñanza actuales? El *feedback* de los estudiantes sobre las metodologías de enseñanza actuales varía. Algunos aprecian enfoques más interactivos y participativos, mientras que otros pueden preferir métodos más tradicionales. En general, muchos estudiantes valoran la flexibilidad, la adaptación tecnológica y la inclusión de recursos multimedia en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, es importante considerar que las opiniones pueden diferir según las preferencias individuales y las experiencias de aprendizaje. La escuela de Medicina vela por el mejor desarrollo y desempeño académico, incentivando al cuerpo docente.

---

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la primera pregunta, el criterio de experto consultado evidencia que la carrera de Medicina y Cirugía en la Universidad Internacional de las Américas se caracteriza por la implementación de una serie de metodologías pedagógicas que están diseñadas para optimizar la enseñanza y el aprendizaje, teniendo en cuenta tanto los objetivos académicos como las necesidades específicas del tamaño de grupo con el que se trabaja.

El corazón de este enfoque está en las clases expositivas, las cuales sirven como base para la transmisión de conocimiento. Estas clases no son simples lecturas; están cuidadosamente estructuradas para facilitar la comprensión y la retención de información. Utilizando una variedad de recursos didácticos como esquemas, ejemplos prácticos, analogías y apoyos visuales, los profesores presentan los temas de manera que sean accesibles y comprensibles para todos los estudiantes. Este método está particularmente orientado a asegurar que los conceptos clave no solo se presenten, sino que también se entiendan profundamente y se puedan aplicar en contextos clínicos.

Para complementar las clases expositivas, la UIA incorpora varias formas de enseñanza interactiva. Las clases expositivas con participación de los estudiantes, los paneles de expertos, las mesas redondas, los debates y los foros con preguntas son ejemplos de cómo se fomenta la participación activa de los estudiantes. Estas sesiones permiten a los estudiantes no solo escuchar y aprender, sino también discutir, cuestionar y aplicar el conocimiento en un formato más dinámico y colaborativo. Esta interacción enriquece su experiencia educativa, desarrollando habilidades críticas como el pensamiento crítico y la comunicación efectiva, esenciales para cualquier profesional médico.

Además, la aplicación práctica de conocimientos es un pilar de la educación en medicina en la UIA. A través de demostraciones, discusiones de casos, trabajos prácticos y talleres, los estudiantes tienen la oportunidad de ver la teoría en acción. Estas metodologías prácticas son esenciales para entender la complejidad y la naturaleza a menudo impredecible de la práctica médica. Los estudiantes aprenden a aplicar su conocimiento teórico en situaciones reales, mejorando sus habilidades diagnósticas y terapéuticas bajo la supervisión de profesores y especialistas.

El enfoque hacia la medicina basada en la evidencia y el uso de seminarios también juega un rol crucial en el currículo. Estos elementos enseñan a los estudiantes a investigar, evaluar y aplicar la evidencia científica de manera efectiva, preparándolos para una práctica basada en la mejor información disponible. Este enfoque no solo fortalece su capacidad de toma de decisiones clínicas, sino que también subraya la importancia de la actualización continua en su futura carrera profesional.

Con respecto a la segunda pregunta, la perspectiva del experto en relación con la evaluación de las metodologías implementadas para cada curso plantea lo siguiente, la evaluación de las metodologías se articula cuidadosamente alrededor de la complejidad y la diversidad de las competencias que los futuros médicos deben adquirir. Esta evaluación no sólo busca verificar la retención de conocimientos, sino también evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar estos conocimientos en escenarios prácticos y bajo presión, condiciones que simulan el entorno real de la medicina.

Las discusiones de caso, que a menudo se llevan a cabo en hospitales y clínicas, son fundamentales para esta evaluación práctica. Aquí, los estudiantes se enfrentan a

escenarios que replican los desafíos diagnósticos y terapéuticos que encontrarán en su práctica diaria. Estas discusiones no sólo prueban el conocimiento médico en sí, sino también la capacidad de los estudiantes para integrar este conocimiento en la evaluación y manejo de pacientes. Los casos comienzan a menudo con situaciones hipotéticas o simplificadas, progresando hacia casos más complejos y matizados, lo que permite a los estudiantes desarrollar su pensamiento crítico y habilidades diagnósticas de manera progresiva.

La función del instructor en este contexto es crítica, no solo para proporcionar retroalimentación y guía, sino también para evaluar cómo los estudiantes manejan la información, interactúan con colegas y especialistas, y cómo adaptan sus enfoques cuando se presentan con nuevos datos o perspectivas durante la discusión. Esta evaluación es continua y dinámica, con un enfoque en fomentar un enfoque reflexivo y analítico en los estudiantes.

Paralelamente, las clases expositivas son evaluadas de manera que se asegure la comprensión profunda de los conceptos. En estas sesiones, más tradicionales, pero igualmente fundamentales, se emplean exámenes escritos y orales que requieren de los estudiantes no sólo la reproducción de conocimientos, sino su habilidad para sintetizar y aplicar estos conocimientos a preguntas y problemas nuevos. El uso de recursos visuales y esquemáticos, junto con la limitación en la cantidad de diapositivas y la duración de las presentaciones, se diseñan para optimizar la atención y la retención de información, permitiendo también que los estudiantes se involucren más activamente durante la clase.

Además, se hace énfasis en la creación de un ambiente de aprendizaje que promueva la discusión crítica y el análisis, donde los errores se ven como oportunidades para el aprendizaje y donde se valora la diversidad de opiniones y enfoques. En este ambiente, los instructores guían a los estudiantes no solo hacia la respuesta correcta, sino también hacia la comprensión de por qué ciertas respuestas podrían ser más adecuadas, dadas las circunstancias específicas, enseñando así la flexibilidad y el pensamiento adaptativo que son cruciales en la práctica médica.

Desde esta perspectiva, la evaluación de las metodologías en Medicina y Cirugía se caracteriza por su enfoque integrado y su adaptabilidad, buscando no solo medir el conocimiento y la competencia técnica, sino también desarrollar en los estudiantes la

capacidad de pensamiento crítico, adaptabilidad y comprensión ética necesarias para la práctica médica moderna. Este enfoque no solo prepara a los estudiantes para exámenes y calificaciones, sino para una carrera de aprendizaje continuo y adaptación en el cambiante campo de la medicina.

En la pregunta 3, con respecto a las fortalezas y limitaciones de las metodologías de enseñanza actuales, y las áreas donde los estudiantes muestran una comprensión excepcionalmente alta o baja que podrían ser atribuidas a las técnicas de enseñanza empleadas, el experto evidencia que mientras que las clases participativas en la educación médica ofrecen numerosas ventajas en términos de involucrar a los estudiantes y mejorar su comprensión y habilidades analíticas, su éxito depende en gran medida de la capacidad de los educadores para diseñar e implementar estas sesiones de manera efectiva. Un enfoque bien estructurado y recursos adecuados son imperativos para cultivar un ambiente de aprendizaje que no solo informe, sino que también inspire y prepare a los futuros médicos para los desafíos del campo médico.

En la educación médica, las clases participativas son un pilar esencial de la metodología de enseñanza. Estas sesiones permiten a los estudiantes no solo escuchar y absorber información, sino también participar activamente en el desarrollo del contenido, lo que promueve un aprendizaje más profundo y personalizado. La interacción continua entre estudiantes y profesores durante estas clases ayuda a aclarar dudas inmediatas y permite que los estudiantes contribuyan con sus propios conocimientos y perspectivas, enriqueciendo así la discusión general. Esta dinámica no solo mejora la comprensión del material de estudio, sino que también desarrolla habilidades críticas de pensamiento y análisis.

Una fortaleza destacada de esta metodología interactiva es que motiva a los estudiantes a involucrarse directamente con el material, lo que puede llevar a una comprensión más profunda de los temas tratados. Los estudiantes a menudo muestran un alto nivel de comprensión en áreas donde pueden aplicar directamente lo que han aprendido en escenarios que simulan situaciones reales, como en las discusiones de caso. Sin embargo, la efectividad de estas metodologías puede verse comprometida si los profesores no están adecuadamente preparados o si la clase carece de los recursos necesarios para implementar tales enfoques interactivos de manera efectiva.

Por otro lado, una limitación de estas metodologías interactivas puede surgir cuando los objetivos de la clase no están claramente definidos o comunicados a los estudiantes. Si los objetivos no se presentan claramente al inicio y al final de cada sesión, los estudiantes pueden no estar completamente conscientes de lo que se espera de ellos, lo que puede conducir a discrepancias en la evaluación y a una comprensión inconsistente de los temas clave. Además, la eficacia de las evaluaciones puede verse afectada si los ítems de prueba no están alineados con los objetivos declarados de la clase, lo que a veces puede resultar en una medición redundante o insuficiente de ciertas competencias.

Para maximizar el impacto de las metodologías participativas, es crucial que los instructores estén bien capacitados en técnicas pedagógicas que fomenten la participación y que cuenten con los recursos necesarios para implementar estas técnicas efectivamente. Además, los contenidos de la clase deben ser meticulosamente planificados para asegurar que cada sesión no solo cubra aspectos esenciales del tema, sino que también promueva un diálogo constructivo y crítico entre los estudiantes. Esto incluye tener un número limitado de diapositivas y asegurar que el material presentado sea claro y conciso para mantener la atención de los estudiantes y fomentar su interacción.

En relación con la pregunta 7, sobre qué *feedback* han recibido de los estudiantes sobre las metodologías de enseñanza actuales, el criterio experto, plantea lo siguiente, la realimentación de los estudiantes sobre las metodologías de enseñanza en la carrera de Medicina y Cirugía es un aspecto crucial que influye directamente la forma en que se implementan y se ajustan dichas estrategias pedagógicas. El abanico de opiniones estudiantiles sobre estas metodologías varía considerablemente, reflejando la diversidad en estilos de aprendizaje y preferencias pedagógicas. Esta variedad de percepciones y experiencias ofrece una valiosa perspectiva que puede ser utilizada para mejorar y personalizar la enseñanza, garantizando que se atiendan de manera más efectiva las necesidades educativas de los futuros médicos.

Una tendencia clara es la apreciación por parte de muchos estudiantes hacia los enfoques más interactivos y participativos. Estas metodologías, como las discusiones de caso, las simulaciones y los talleres prácticos, son altamente valoradas porque implican a los estudiantes de manera activa en su propio proceso de aprendizaje. La participación directa en estas actividades no solo facilita una comprensión más profunda de los temas tratados, sino que también permite a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas y de

toma de decisiones críticas que son indispensables en su futura práctica médica. Este tipo de *feedback* positivo sobre las metodologías interactivas refuerza la idea de que el aprendizaje activo puede ser más efectivo para internalizar conocimientos complejos y competencias clínicas.

Por otro lado, existe un segmento de la población estudiantil que todavía prefiere los métodos de enseñanza más tradicionales, como las conferencias y la instrucción directa. Estos estudiantes pueden encontrar valor en la estructura y el formato más predecible de las clases expositivas, donde la información se presenta de manera clara y metódica. Este método puede ser especialmente beneficioso para los temas que requieren una comprensión detallada de conceptos teóricos complejos, donde la claridad y el detalle son primordiales.

La inclusión de tecnología y recursos multimedia también ha sido un punto de énfasis positivo en las opiniones estudiantiles. La capacidad de integrar diferentes medios, como videos, simulaciones interactivas y plataformas en línea, en el proceso educativo, ha demostrado ser una herramienta poderosa para enriquecer la experiencia de aprendizaje. Estos recursos no solo hacen las clases más atractivas y variadas, sino que también ofrecen a los estudiantes la oportunidad de explorar y aprender a su propio ritmo, lo cual es crucial en un campo tan vasto y rápidamente cambiante como la medicina.

Sin embargo, es importante reconocer que no todos los estudiantes responden de la misma manera a estas innovaciones pedagógicas. Las diferencias en las preferencias de aprendizaje y las experiencias previas pueden hacer que algunos encuentren ciertas metodologías menos efectivas que otras. Esta variabilidad en las opiniones subraya la necesidad de un enfoque pedagógico versátil y adaptativo que pueda personalizarse para satisfacer las necesidades educativas de cada estudiante.

#### **4.2 Análisis del objetivo 2: Identificar los usos académicos de la impresión 3D en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud.**

La tecnología de impresión 3D ha revolucionado numerosos campos, incluyendo la educación y el entrenamiento médico, así como diversas áreas de la medicina y la cirugía. En este capítulo se analizan detalladamente las aplicaciones de la impresión 3D en la educación y el entrenamiento médico, así como en diversas ramas de la medicina.

Esta tecnología permite una exploración detallada y táctil de la complejidad del cuerpo humano a través de modelos anatómicos impresos en 3D. Estos modelos, que representan con precisión órganos y sistemas, son manipulables y permiten a los estudiantes obtener una comprensión profunda de las relaciones espaciales y la variabilidad anatómica, características que raramente pueden apreciarse en los especímenes de cadáveres tradicionales utilizados en las aulas. Además, los modelos impresos en 3D pueden demostrar patologías específicas o variaciones anatómicas que son esenciales para la formación médica pero difíciles de encontrar en condiciones naturales.<sup>89</sup>

En los cursos de cirugía, la impresión 3D ofrece posibilidades aún más específicas y aplicadas. Al imprimir réplicas exactas de partes del cuerpo basadas en datos de imágenes médicas reales, los estudiantes pueden practicar intervenciones quirúrgicas en modelos que simulan condiciones específicas de los pacientes. Esta práctica no solo mejora la precisión técnica, sino que también ayuda a reducir la ansiedad de los estudiantes al enfrentarse a procedimientos reales, proporcionando una transición más suave y confiada hacia situaciones de vida real. La impresión 3D también se emplea en la planificación de cirugías complejas, permitiendo a los cirujanos y estudiantes visualizar y ensayar procedimientos quirúrgicos, lo cual es crucial para el éxito de operaciones delicadas y complejas.<sup>89</sup>

Además, en el curso de fisiología, los modelos impresos en 3D ilustran de manera eficaz procesos biológicos complejos como el flujo sanguíneo o el movimiento articular. Modelos específicos, como los corazones con defectos cardíacos impresos en 3D, se utilizan para estudiar cómo dichas condiciones afectan la fisiología cardiovascular, proporcionando a los estudiantes una comprensión tangible y visual de cómo las anomalías físicas impactan la función corporal.

La impresión 3D también se integra en la enseñanza de habilidades clínicas específicas. Los modelos pueden diseñarse para simular diferentes tipos de tejido, desde piel hasta órganos internos, permitiendo a los estudiantes practicar y perfeccionar habilidades como la colocación de catéteres o técnicas de sutura en un entorno controlado y seguro antes de aplicarlas en pacientes reales. Esta aplicación de la impresión 3D asegura que los estudiantes puedan repetir procedimientos hasta alcanzar un nivel de

competencia sin precedentes, mejorando la calidad de la atención que serán capaces de proporcionar en el futuro.<sup>89</sup>

En cursos especializados como cardiología intervencionista o neurocirugía, la impresión 3D adquiere un rol aún más crítico. La tecnología permite la creación de modelos que replican condiciones médicas muy específicas, como arterias con estenosis o tumores cerebrales. Estos modelos avanzados permiten a los estudiantes y profesionales experimentar con diferentes enfoques y técnicas quirúrgicas, facilitando un entrenamiento exhaustivo en procedimientos de alta complejidad que requieren una precisión y un entendimiento profundo de la anatomía y patología involucradas.<sup>89</sup>

En el plan de estudios de medicina comienza con el curso básico de anatomía humana, donde los modelos impresos en 3D pueden reemplazar o complementar métodos tradicionales como los atlas y las disecciones cadavéricas. Se explora el uso de modelos detallados de órganos, sistemas vasculares y estructuras óseas, diseñados para mostrar variaciones anatómicas cruciales para entender la diversidad humana. La manipulación física de estas estructuras anatómicas facilita una comprensión más profunda de las relaciones espaciales complejas en un contexto humano real.<sup>89</sup>

En la enseñanza de la patología, tanto general como especializada, se utiliza la impresión 3D para ilustrar patologías específicas como tumores, malformaciones congénitas o daños traumáticos en órganos y tejidos. Se proporciona una visión tridimensional de la enfermedad, fundamental para entender cómo las alteraciones estructurales afectan la función del cuerpo humano. Al permitir la visualización y manipulación de réplicas de lesiones patológicas, la impresión 3D mejora significativamente la educación en patología.<sup>89</sup>

Para los cursos de cirugía, la impresión 3D es invaluable, especialmente en la formación de habilidades quirúrgicas básicas y avanzadas. Se practican intervenciones en réplicas precisas de partes del cuerpo humano que pueden incluir patologías específicas o condiciones anatómicas raras. Esto ayuda a mejorar la precisión técnica y ofrece una experiencia práctica sin riesgos, preparando mejor para el quirófano.

La impresión 3D también tiene aplicaciones valiosas en cursos especializados como la cardiología y la neurocirugía, donde se utilizan modelos específicos para simular condiciones médicas complejas y permitir la práctica de procedimientos delicados. Esto

prepara para intervenciones reales, reduciendo la posibilidad de errores en situaciones de alta presión.<sup>89</sup>

En los cursos de radiología, los modelos impresos en 3D pueden derivarse de imágenes de diagnóstico del paciente, proporcionando una comprensión más concreta de cómo interpretar diversas modalidades de imágenes médicas. Al convertir imágenes bidimensionales en modelos tridimensionales, se aprecia mejor la anatomía y las patologías en un contexto más realista y tangible.

Finalmente, en los cursos de obstetricia y ginecología, se utiliza la impresión 3D para ilustrar el desarrollo fetal y las condiciones anómalas asociadas al embarazo. Se imprimen modelos de fetos en diferentes etapas de desarrollo, incluyendo aquellos con condiciones congénitas, para ofrecer una perspectiva realista de los desafíos y complicaciones que se pueden enfrentar en el campo.<sup>89</sup>

En el contexto del entrenamiento quirúrgico, los modelos 3D se han vuelto esenciales, ya sea en hospitales de enseñanza o centros educativos que preparan a futuros cirujanos. Estos modelos son valiosos desde las escuelas de medicina hasta el posgrado, permitiendo prácticas más realistas y precisas para mejorar las habilidades de los estudiantes y residentes en formación.

Los modelos anatómicos impresos en 3D han encontrado aplicaciones educativas en varias carreras universitarias, proporcionando herramientas visuales y táctiles que mejoran la comprensión de la anatomía humana. Además, los modelos 3D han demostrado ser útiles en la reconstrucción de casos quirúrgicos complejos, facilitando la planificación y ejecución de intervenciones médicas y quirúrgicas.

En el ámbito de los implantes y prótesis, la impresión 3D ha permitido avances significativos. Desde implantes craneofaciales y de rodilla hasta prótesis de miembros superiores e inferiores, la tecnología 3D ha mejorado la personalización y precisión de estos dispositivos, brindando soluciones más efectivas y cómodas para los pacientes.

Otra área destacada es la bioimpresión en 3D, que ha abierto nuevas posibilidades en la medicina regenerativa. Se han logrado avances en la creación de tejidos y órganos artificiales, como mini corazones, córneas, hígados y hasta órganos reproductores como

ovarios y páncreas, lo que promete tratamientos más efectivos y personalizados para diversas enfermedades y condiciones médicas.

En la ortopedia y traumatología, la impresión 3D ha facilitado la planificación preoperatoria, la fabricación de guías quirúrgicas y férulas personalizadas, así como la simulación de procedimientos complejos. Esto ha conducido a una mejoría en la precisión y eficiencia de las intervenciones ortopédicas y traumatológicas, reduciendo los tiempos quirúrgicos y mejorando los resultados para los pacientes.

En el campo oncológico, la impresión 3D ha sido utilizada para la planificación quirúrgica en casos de cáncer renal y de próstata, proporcionando una visualización detallada de las estructuras anatómicas y tumorales para una cirugía más precisa y menos invasiva. También ha mejorado la comunicación con los pacientes al explicar de manera más visual y comprensible sus condiciones y tratamientos.

La inclusión de la impresión 3D en estos cursos no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también introduce en tecnologías avanzadas que serán parte integral de la futura práctica médica. Esta integración ofrece una forma dinámica y visual de entender la medicina, haciendo que el aprendizaje sea más interactivo y aplicado.<sup>89</sup>

Considerando las características del plan de estudios de la carrera de licenciatura en Medicina y Cirugía de la Universidad Internacional de las Américas<sup>87</sup>, se abre una nueva dimensión en la formación médica, especialmente en cursos como Anatomía y Patología, donde la visualización detallada y la manipulación de estructuras complejas son cruciales. En los cursos de Anatomía, la impresión 3D trasciende la tradicional enseñanza con cadáveres al permitir a los estudiantes examinar variaciones anatómicas específicas que rara vez se encuentran en los laboratorios. Estos modelos no solo destacan por su precisión sino también por la capacidad de ser manipulados, lo que enriquece la experiencia de aprendizaje con una comprensión más profunda de las relaciones espaciales en el cuerpo humano.

En el ámbito de la patología, los modelos en 3D transforman el estudio de enfermedades al proporcionar representaciones físicas de condiciones patológicas como tumores o malformaciones, que son difíciles de entender completamente a través de imágenes bidimensionales o descripciones textuales. Este enfoque no solo mejora la comprensión de cómo dichas patologías afectan la anatomía y la fisiología, sino que

también prepara a los estudiantes para diagnósticos más precisos y tratamientos efectivos en su futura práctica médica.<sup>87</sup>

Además, la impresión 3D encuentra aplicaciones significativas en cursos como la Radiología Humana, donde la capacidad de convertir imágenes diagnósticas en modelos tridimensionales permite a los estudiantes una mejor correlación entre la teoría y la práctica clínica. Esta técnica también es particularmente valiosa en la enseñanza de la Embriología y la Obstetricia, donde los modelos detallados del desarrollo fetal y los procesos reproductivos ofrecen una perspectiva tangible que es difícil de lograr con métodos de enseñanza más tradicionales.

La cirugía es otro campo donde los modelos impresos en 3D son de inestimable valor, facilitando no solo la planificación de procedimientos complejos sino también permitiendo la práctica quirúrgica en un entorno sin riesgos. Esto es crucial para desarrollar la confianza y la competencia técnica antes de enfrentarse a situaciones reales en el quirófano, asegurando que los futuros cirujanos estén bien preparados para los desafíos que encontrarán.<sup>87</sup>

En cuanto a la perspectiva a futuro con respecto al desarrollo de la impresión 3D en la educación médica, en particular, la *bioprinting* 3D está emergiendo como una herramienta educativa transformadora al permitir la creación de tejidos y estructuras orgánicas que imitan la funcionalidad de los órganos humanos. Los estudiantes pueden observar y manipular estos modelos, que son capaces de replicar las condiciones fisiológicas reales, lo que enriquece enormemente su comprensión de la anatomía humana y la patología. Este enfoque es especialmente valioso en un contexto donde la disponibilidad de cadáveres para la disección está en declive, y los modelos anatómicos tradicionales no reflejan la variabilidad y la complejidad del cuerpo humano.<sup>90</sup>

La capacidad de imprimir órganos y tejidos en 3D en el aula no solo facilita el aprendizaje de la anatomía normal y patológica, sino que también prepara a los estudiantes para futuras intervenciones quirúrgicas. Al imprimir estructuras que simulan condiciones específicas, como vasculaturas complicadas o patologías orgánicas específicas, los futuros médicos pueden planificar y practicar procedimientos quirúrgicos en un entorno controlado y seguro. Esto es crucial para desarrollar la confianza y la competencia antes de enfrentarse a situaciones reales en el quirófano.<sup>90</sup>

Además, la impresión 3D se utiliza para fabricar prótesis y órganos artificiales personalizados, lo que no solo tiene aplicaciones terapéuticas directas, sino que también ofrece oportunidades educativas únicas. Los estudiantes pueden participar en el diseño y la creación de estas soluciones, aprendiendo sobre los materiales y técnicas involucrados, así como sobre los desafíos éticos y prácticos de implementar tecnologías médicas personalizadas.<sup>90</sup>

Por otro lado, los implantes impresos en 3D y las prótesis personalizadas proporcionan ejemplos prácticos de cómo la ingeniería y la medicina pueden trabajar juntas para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Estos proyectos no solo mejoran las habilidades técnicas de los estudiantes, sino que también fortalecen su capacidad para pensar críticamente y resolver problemas complejos.<sup>90</sup>

#### **4.3 Análisis del objetivo 3: Determinar las estrategias metodológicas y académicas con base en la impresión 3D aplicables a los cursos de la carrera de Medicina y cirugía**

El uso de la impresión 3D en traumatología y ortopedia ha marcado un hito significativo en la medicina, permitiendo la creación de modelos precisos de tejido óseo que facilitan la planificación quirúrgica y la comunicación con los pacientes. Ejemplos como el implante de mandíbula impresa en titanio en 2011 demuestran el potencial revolucionario de esta tecnología en la reconstrucción y corrección de estructuras anatómicas complejas. Además, estudios como el realizado en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón en Madrid evidencian cómo los modelos impresos en 3D se utilizan para guiar intervenciones quirúrgicas, reduciendo el tiempo quirúrgico y mejorando la precisión en la corrección de deformidades.

En el ámbito de la cirugía, la impresión 3D se ha convertido en una herramienta invaluable para el desarrollo de guías funcionales y modelos prequirúrgicos. Desde la planificación de procedimientos hasta la creación de instrumental quirúrgico personalizado, esta tecnología ofrece ventajas significativas en términos de precisión y eficacia. Ejemplos como el diseño de guías quirúrgicas para operaciones de ligamento cruzado anterior en la Universidad Politécnica de Valencia destacan cómo la impresión

3D está revolucionando los enfoques quirúrgicos, mejorando la precisión y reduciendo las posibilidades de error durante las intervenciones.

A efectos de determinar cuáles son las acciones necesarias para la incorporación de la impresión 3D en los cursos de la carrera de licenciatura en Medicina y Cirugía, se realizaron consultas a los docentes. En esta línea se les realizaron dos preguntas centradas en valorar el conocimiento sobre la aplicación de la impresión 3D en los cursos de la carrera de Medicina y Cirugía, en la tabla 7 se exponen sus respuestas.

**Tabla 7. Respuestas a preguntas 1 y 2**

Pregunta	Docente anatomía	Docente histología	Docente fisiología	Docente fisiopatología	Docente cirugía	Docente emergencias
1. ¿Está familiarizado/a con la tecnología de impresión 3D?	Sí	Sí	Sí sé lo que es, pero no como utilizarla	No	Sí sé que es, pero no sé cómo funciona	Sí sé que existe pero no sé cómo utilizarlo
2. En caso afirmativo, ¿ha tenido experiencia previa utilizando modelos impresos en 3D en el ámbito de la medicina?	Sí	No	No	No	No	No

Fuente: elaboración propia con base en respuestas de los docentes.

Dentro del cuerpo docente que enseña diversas áreas relacionadas con la medicina, se observa una gama amplia de niveles de conocimiento y experiencia en lo que respecta a la tecnología de impresión 3D. El docente de anatomía se destaca por su amplia familiaridad con esta tecnología, lo que implica un entendimiento profundo de su funcionamiento y beneficios. Además, ha tenido la oportunidad de utilizar modelos impresos en 3D en su enseñanza, lo que sugiere una aplicación práctica y un dominio considerable en el uso de esta herramienta para la ilustración y comprensión de la anatomía humana.

En contraste, el docente de histología muestra un conocimiento teórico sobre la tecnología de impresión 3D, pero no ha tenido experiencia previa en su aplicación directa en el contexto de la enseñanza de la histología. Esta situación revela una brecha entre el conocimiento conceptual y la implementación práctica de la tecnología, lo que sugiere la necesidad de explorar formas de integrar modelos impresos en 3D de manera más efectiva en sus métodos de enseñanza.

El docente de fisiología demuestra un nivel básico de familiaridad con la tecnología de impresión 3D al reconocer su existencia, pero carece de conocimientos prácticos sobre cómo utilizarla en su enseñanza. Esta situación indica la importancia de programas de capacitación y desarrollo profesional que le permitan aprovechar al máximo el potencial de los modelos impresos en 3D para mejorar la comprensión de los conceptos fisiológicos por parte de los estudiantes.

Por otro lado, los docentes de fisiopatología, cirugía y emergencias muestran un conocimiento general sobre la existencia de la tecnología de impresión 3D, pero no están familiarizados con su funcionamiento ni han tenido experiencia previa en su uso en el ámbito médico. Esta falta de experiencia práctica sugiere una oportunidad para explorar cómo la tecnología de impresión 3D podría aplicarse de manera efectiva en estas áreas de enseñanza, brindando nuevas oportunidades para la visualización y comprensión de conceptos complejos en la medicina.

**Tabla 8.** *Respuestas a preguntas 7 a la 12*

Pregunta	Docente anatomía	Docente histología	Docente fisiología	Docente fisiopatología	Docente cirugía	Docente emergencias
7. ¿Considera que la falta de conocimientos previos sobre impresión 3D podría ser un obstáculo para su implementación en sus cursos?	Sí	Sí	Sí claro, creo que debe de informarse acerca de sus diferentes usos para una adecuada implementación.	Sí	Claro que sí	Sí claro, porque al no tener ningún conocimiento no se puede utilizar

8. ¿Qué aspectos cree que podrían dificultar la integración de la impresión 3D en sus clases de medicina?	Falta de capacitaciones constantes	Falta de conocimiento sobre la impresora 3D	La falta de conocimiento al manipular la impresora.	Resistencia al uso de nuevas tecnologías	La falta de conocimiento a la hora de crear los modelos e imprimirlos además de que se deben tener los recursos para poder imprimir y los diferentes insumos, tanto la materia prima como la impresora.	La falta de conocimiento a la hora de realizar e imprimir distintos modelos.
9. A. ¿Estaría dispuesto/a a aprender más sobre la impresión 3D si se ofreciera capacitación o recursos disponibles?	Sí	Sí	Sí	Sí	Claro que sí.	Sí claro
10. ¿Considera que la implementación de modelos impresos en 3D podría ser una oportunidad interesante para enriquecer la experiencia de aprendizaje en sus cursos?	Sí	Sí	Sí, puesto que el aprendizaje podría ser más fácil para ciertos estudiantes al poder visualizar los modelos anatómicos	Sí	Sí, es muy interesante porque así uno puede ir sumergiéndose en los avances tecnológicos.	Sí claro, ya que la medicina requiere de mucha práctica y con distintos modelos se puede ayudar a desarrollar mayores habilidades

<p>11. ¿Tiene alguna idea o sugerencia simple que pueda hacer que la implementación de la impresión 3D sea más accesible en el contexto de sus clases de medicina?</p>	<p>Elaborar un curso de carácter obligatorio para todos los estudiantes en el transcurso de la carrera y así todos tengan un conocimiento sobre ello.</p>	<p>Obtención de puntos extra al realizar un trabajo impreso</p>	<p>Capacitación docente</p>	<p>Que la administración de la universidad nos facilite los modelos</p>	<p>Se puede realizar como un curso que fuera complementario en la utilización de impresoras 3D</p>	<p>Mediante la implementación de diversos modelos anatómicos se pueden explicar diversos temas en las clases magistrales, por ejemplo a la hora de dar la clase de electrocardiograma si uno tiene un corazón en 3D se pueden explicar diversas patologías cardiacas y como se ven reflejadas en el electrocardiograma.</p>
<p>12. ¿Existe algún tipo de apoyo o recurso específico que consideraría fundamental para iniciar la integración de la impresión 3D en la enseñanza médica?</p>	<p>La capacitación</p>	<p>Capacitación a los docentes</p>	<p>Una guía metodológica para la aplicación.</p>	<p>Capacitación</p>	<p>Algún tipo de modelo digital en 3D que uno pudiera utilizar cómo imagen en la computadora y que por medio de esa imagen se pueda imprimir en 3D, que en vez de solo ver la imagen en</p>	<p>Pienso que lo más importante sería la capacitación para poder aprender a utilizarla</p>

					la computad ora también se pueda tocar.	
--	--	--	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia con base en respuestas de los docentes.

Con base en la tabla anterior, con respecto a la pregunta 7, se evidencia que los docentes tienen diferentes perspectivas respecto de la integración de la impresión 3D en sus cursos, particularmente en relación con la falta de conocimientos previos sobre esta tecnología. Mientras que algunos docentes, como los de anatomía, histología, fisiología, fisiopatología y cirugía, reconocen la importancia de tener un entendimiento sólido de la impresión 3D para su implementación efectiva, otros, como el docente de emergencias, resaltan de manera explícita que la carencia de conocimientos previos constituye un obstáculo directo para el uso de esta tecnología en sus clases.

En el primer grupo, los docentes expresan una predisposición positiva hacia la necesidad de adquirir conocimientos y habilidades relacionados con la impresión 3D. Reconocen que la falta de comprensión y destrezas en este ámbito podría limitar significativamente la integración exitosa de la impresión 3D en el proceso educativo. Por otro lado, el docente de emergencias adopta una postura más contundente al afirmar que la ausencia de conocimientos previos representa un impedimento claro para la utilización de la impresión 3D en su área de enseñanza, indicando así la importancia crítica de estar debidamente informado y capacitado antes de implementar esta tecnología.

Con respecto a la pregunta 8, los docentes revelan varios aspectos que podrían dificultar la integración de la impresión 3D en sus clases de medicina. En primer lugar, la falta de capacitaciones constantes se destaca como un factor limitante, ya que implica que los docentes pueden no estar actualizados en cuanto a las últimas técnicas y metodologías relacionadas con la impresión 3D. Esto podría dificultar su capacidad para enseñar efectivamente el uso de esta tecnología a sus estudiantes.

Asimismo, la falta de conocimiento sobre la impresora 3D y la manipulación de esta se mencionan como barreras potenciales. Esto sugiere que algunos docentes pueden

carecer de la experiencia técnica necesaria para operar y aprovechar al máximo las capacidades de una impresora 3D en el contexto educativo. Además, la resistencia al uso de nuevas tecnologías también se presenta como un obstáculo, ya que algunos docentes pueden mostrar reticencia o escepticismo hacia la implementación de herramientas tecnológicas en sus clases.

Otro aspecto mencionado es la falta de conocimiento específico en la creación y producción de modelos en 3D, así como la necesidad de contar con los recursos adecuados, tanto en términos de materia prima como de la propia impresora 3D. Esta falta de conocimiento técnico y logístico podría limitar la capacidad de los docentes para diseñar y desarrollar modelos impresos en 3D para su uso educativo.

Respecto a la pregunta 9, demuestra una clara disposición del personal docente a aprender más sobre la impresión 3D si se les ofreciera capacitación o se dispusiera de recursos. Este enfoque positivo refleja un genuino interés en la adopción de nuevas tecnologías dentro del ámbito educativo y profesional de la medicina. La variedad de respuestas refleja distintas perspectivas y actitudes hacia la tecnología, lo cual es crucial para garantizar una integración efectiva de la impresión 3D en el campo de la salud.

En esta línea la disposición del personal docente a aprender más sobre la impresión 3D muestra un compromiso con la mejora continua y la adaptación a los avances tecnológicos en el campo de la medicina. Esta actitud positiva es esencial para garantizar una integración efectiva de la impresión 3D en el ámbito educativo y profesional de la salud, lo que puede traducirse en beneficios significativos para los estudiantes y pacientes.

En relación con la pregunta 10, se evidencia que la mayoría de los docentes están de acuerdo con esta idea, señalando que la tecnología 3D puede hacer que el aprendizaje sea más accesible y comprensible al permitir la visualización detallada de modelos anatómicos. Además, se destaca que esta implementación puede fomentar el desarrollo de habilidades prácticas y mantenerse al tanto de los avances tecnológicos en el campo médico.

Es importante resaltar que la actitud positiva hacia la integración de modelos impresos en 3D refleja una apertura hacia la innovación tecnológica en la enseñanza. Esto podría tener un impacto significativo en la calidad de la educación al proporcionar

herramientas visuales y prácticas que mejoren la comprensión y las habilidades clínicas de los estudiantes.

Respecto a la pregunta 11, uno de los docentes plantea como propuesta la elaboración de un curso obligatorio para todos los estudiantes durante su carrera, lo cual aseguraría que todos tengan un conocimiento básico sobre esta tecnología. Esta sugerencia apunta a la integración de la impresión 3D como parte integral del programa educativo.

Otra idea sugerida es otorgar puntos extra a los estudiantes que realicen trabajos impresos utilizando la tecnología 3D. Esto podría motivar a los estudiantes a explorar y utilizar activamente la impresión 3D como herramienta educativa. Además, la propuesta de capacitación docente indica la importancia de preparar al personal docente para poder implementar de manera efectiva esta tecnología en sus clases.

Por otro lado, la solicitud de que la administración de la universidad facilite los modelos impresos es una sugerencia práctica que puede eliminar barreras financieras y logísticas para la adopción de la impresión 3D en el ámbito educativo. También se menciona la posibilidad de ofrecer la impresión 3D como un curso complementario, lo cual podría brindar a los estudiantes una experiencia práctica adicional y fomentar un mayor uso de esta tecnología.

De igual manera, la idea de utilizar diversos modelos anatómicos en las clases magistrales para explicar diferentes temas médicos muestra cómo la impresión 3D puede enriquecer la enseñanza al proporcionar herramientas visuales y prácticas para la comprensión de conceptos complejos.

Finalmente, en relación con la pregunta 12, las respuestas de los docentes enfatizan la importancia de contar con apoyos específicos como capacitación, guías metodológicas y recursos digitales para iniciar exitosamente la integración de la impresión 3D en la enseñanza médica. Estos elementos son considerados como fundamentales para aprovechar al máximo el potencial educativo de esta tecnología innovadora.

Este apoyo en forma de capacitación es mencionado repetidamente por varios docentes, lo que indica su reconocimiento de que adquirir habilidades técnicas específicas es crucial para el éxito de esta implementación. Además, algunos docentes enfatizan la

importancia de capacitar tanto a los docentes como a los estudiantes, lo cual sugiere un enfoque integral para asegurar una adopción efectiva de la tecnología en el currículo educativo.

La sugerencia de una guía metodológica para la aplicación de la impresión 3D también es relevante, ya que proporcionaría un marco estructurado para la implementación de esta tecnología en el contexto de la enseñanza médica. Esta guía podría abordar aspectos como la selección de modelos adecuados, el proceso de impresión, y las estrategias pedagógicas para integrar los modelos impresos en las clases.

Además, un docente menciona la necesidad de tener acceso a modelos digitales en 3D que puedan ser utilizados como imágenes en la computadora y luego impresos en 3D. Esta sugerencia resalta la importancia de contar con recursos digitales que faciliten la creación y la impresión de modelos anatómicos y otros recursos educativos en 3D, lo cual sería de gran utilidad para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Con base en las respuestas anteriores, el panorama general evidencia que los docentes en su mayoría carecen de conocimientos sobre la implementación de la impresión 3D en sus cursos, sin embargo, de existir una posibilidad y tuvieran la formación correspondiente sí estarían dispuestos a incorporarlas.

A efectos de profundizar y establecer una vinculación más directa con el proceso educativo, y sabiendo que existe en el cuerpo docente un interés particular en el uso de la impresión 3D, se solicitó criterio experto sobre este tema. En la tabla 9 se presentan las preguntas y las respuestas brindadas.

*Tabla 9. Criterio experto*

Pregunta	Respuesta
4. Analizando todas las metodologías implementadas en la carrera, ¿cuáles identifica que podrían beneficiarse inmediatamente de la incorporación de la impresión 3D? ¿Qué características de estas metodologías hacen que sean	En la actualidad las llamadas “tecnologías de fabricación por adición” o impresión 3D también llamado prototipado rápido, han trascendido las fronteras de casi todos los campos de la ciencia, y su incursión en la medicina es cada vez mayor. Es justamente en el campo médico que esta tecnología de impresión por adición ha evolucionado a la bioimpresión, que incluye un proceso de cultivo celular en laboratorio haciendo posible la formación de órganos y/o tejidos personalizados. Para la impresión tridimensional de órganos en humanos se toman muestras de un tejido o células madre del paciente, para ser cultivadas y expandidas en laboratorio para su posterior diferenciación a una línea

compatibles con esta tecnología?

celular específica. Para este proceso se utiliza un material sólido como andamio a temperatura ambiente con un punto de fusión conocido. En la creación de un modelo para la fabricación de un órgano o tejido en impresión 3D, se utilizan los estudios de imágenes médicas de los pacientes intentando preservar al máximo la anatomía de las estructuras que se desean reproducir.

Actualmente existe una amplia variedad de programas de cómputo especializados, la impresión 3D abre nuevas oportunidades para las actividades de investigación científica, pudiendo ayudar a elucidar los procesos fisiológicos que aún no se entienden completamente. La importancia de la aplicación de las impresiones y demás tecnologías 3D en medicina radica en permitir la reproducción de un tejido u órgano mediante el uso de la bioimpresión, con lo que se espera un impacto trascendente en múltiples especialidades médicas (cirugía plástica reconstructiva, cirugía maxilofacial, ortopedia, cirugía de columna, artroscopía, cirugía de trasplantes, entre muchas otras). La expectativa de estas tecnologías es que sean un campo emergente en beneficio de los pacientes con la generación de implantes u órganos personalizados que favorezcan el pronóstico y la evolución de los tratamientos otorgados.

A nivel del estudiantado de medicina sería un gran apoyo académico.

5. ¿Qué tecnologías se han integrado previamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje? ¿Cómo fue el proceso de integración y cuál fue la respuesta tanto de estudiantes como de docentes?

El área médica y la educación médica constantemente se están actualizando. Con el paso del tiempo diferentes herramientas se han propuesto y utilizado en el estudio y la enseñanza de la medicina. En épocas anteriores, el aprendizaje médico se realizaba casi con exclusividad por medio de la disección anatómica del cadáver, la atención del paciente, el recurso del microscopio y el libro físico como herramienta fundamental para adquirir el conocimiento teórico. En la actualidad, nuevas exigencias y condiciones de atención en salud amplían esos patrones de enseñanza y aprendizaje. La informática y la virtualidad de amplio desarrollo en las últimas tres décadas parecerían ofrecer nuevos escenarios académicos.

Hoy en día la enseñanza de la medicina no se puede limitar únicamente al salón de clases, al laboratorio y a examinar pacientes. Los docentes tienen la posibilidad de grabar videos tutoriales temáticos y estimular en el estudiante la creación de propios álbumes fotográficos documentales de imágenes semiológicas y de ayudas diagnósticas. Por medio de foros, blogs, chats, podcast, microblogging, agregadores, redes sociales y otros, se puede fomentar la discusión, el debate y la argumentación entre estudiantes y docentes

sobre un tema propuesto, una fotografía, un video o la complejidad de una historia clínica.

Existe abundante información que sustenta que la enseñanza y aprendizaje de la medicina se pueden enriquecer con las nuevas tecnologías de la comunicación y la informática. Todas ellas, complementan a las bibliotecas con sus libros en físico, a la estructuración que se adquiere en los laboratorios y aulas de clases universitarias y a la experiencia que se moldea en los escenarios de práctica clínica. Docentes y estudiantes deben estar abiertos a las nuevas herramientas y permanecer dispuestos a utilizarlas para buscar un mejor nivel de formación académica y profesional médica.

El nivel de respuesta y aceptación siempre va a ser diverso, debido a las diferencias entre las generaciones actuales y las anteriores, ya que el avance tecnológico debe ir de la mano de la modernización y la educación, por lo tanto, siempre existen brechas, tanto en los docentes como en el estudiantado.

6. Según su experiencia, ¿qué aspectos de la enseñanza actual podrían mejorarse mediante nuevas herramientas o metodologías, como la impresión 3D? ¿Hay desafíos específicos que estas nuevas tecnologías podrían ayudar a superar?
- Las ventajas de la impresión 3D en la educación son muchas, entre ellas:
- Ayudar a mantener a los estudiantes comprometidos.
  - Simplificar temas y conceptos complicados.
  - Dar vida a las ideas teóricas.
  - Fomentar la colaboración.
  - Introducir a los estudiantes en los procesos de fabricación modernos.
  - Preparar a los estudiantes para el futuro lugar de trabajo y las carreras profesionales.
  - Producir materiales didácticos asequibles y totalmente personalizables.
- En sólo unas décadas, los ordenadores han transformado radicalmente la experiencia de la enseñanza y el aprendizaje. La impresión 3D en la educación tendrá un impacto igualmente profundo y positivo, pero en mucho menos tiempo.
- La impresión 3D se ha convertido en una herramienta fundamental para mejorar el proceso de aprendizaje de escolares, aprendices, estudiantes universitarios, investigadores y profesores. La tecnología perfecciona las habilidades creativas y prácticas, da vida a conceptos y teorías y proporciona un entorno de aprendizaje activo.
- Gracias a la impresión 3D, los alumnos tienen la libertad de diseñar, pensar, crear y relacionarse con el mundo de formas nuevas y significativas. Además, la emoción y el interés que rodean a la impresión 3D impulsan el compromiso de los

alumnos, especialmente de aquellos que prefieren las experiencias prácticas.

La impresión 3D permite a los estudiantes de todos los niveles producir objetos únicos y muy complejos que serían difíciles, si no imposibles, de fabricar de otra manera. Además, estos diseños pueden realizarse de forma rápida, sencilla y personalizada.

Otra ventaja es la oportunidad de familiarizarse con una tecnología que se utiliza en una amplia gama de sectores y profesiones.

Hay varios factores que explican el rápido crecimiento de la impresión 3D en la educación, como una mayor apreciación de la tecnología y sus beneficios y la base de datos en constante expansión de recursos y guías de enseñanza de código abierto.

Las impresoras 3D también se han vuelto más accesibles y asequibles, así como más intuitivas y fáciles de usar, algo importante para los usuarios principiantes y los más jóvenes.

Aunque la impresión 3D en la educación se centró inicialmente en las clases de ciencia, tecnología y arte, la tecnología se utiliza cada vez más en casi todas las asignaturas, desde historia y matemáticas hasta geografía y teatro. Nuevamente se reitera la importancia de su uso en el sector de la salud y especialmente en la educación de los estudiantes de Medicina.

Sin embargo, el uso de la impresión 3D en la educación dista mucho de ser omnipresente. No todos los centros educativos tienen una, y los que la tienen tienden a utilizarla para un número limitado de aplicaciones. Esto puede cambiar a medida que la tecnología se abarate y más personas conozcan y comprendan sus ventajas.

8. ¿Hay alguna sugerencia recurrente sobre cómo mejorar la experiencia de aprendizaje que podría vincularse con la impresión 3D?
- Una sugerencia recurrente para mejorar la experiencia de aprendizaje vinculada con la impresión 3D, es integrar proyectos prácticos que permitan a los estudiantes diseñar y crear objetos físicos utilizando esta tecnología. Esto proporciona una experiencia más tangible y práctica, lo que puede aumentar la comprensión y el compromiso de los estudiantes con el material. Además, la impresión 3D puede utilizarse para visualizar conceptos abstractos, crear modelos tridimensionales para estudiar anatomía, fisiología, fisiopatología o cualquier otro curso o tema específico, lo que hace que el aprendizaje sea más interactivo y memorable.
- La impresión 3D ofrece varias formas de mejorar la educación:
- Aprendizaje práctico: Permite a los estudiantes crear objetos físicos que representen conceptos abstractos, lo que facilita la comprensión y la retención del conocimiento.
-

**Personalización:** Los profesores pueden adaptar los proyectos de impresión 3D según el nivel de habilidad y los intereses de los estudiantes, lo que fomenta un aprendizaje más individualizado.

**Interdisciplinariedad:** La impresión 3D se puede integrar en múltiples áreas curriculares, desde ciencias y matemáticas hasta arte y diseño, promoviendo un enfoque interdisciplinario del aprendizaje.

**Estimulación de la creatividad:** Al permitir a los estudiantes diseñar y crear sus propios objetos, la impresión 3D fomenta la creatividad y el pensamiento innovador.

**Accesibilidad:** La tecnología de impresión 3D está volviéndose más asequible, lo que significa que más escuelas y estudiantes pueden acceder a ella, democratizando el aprendizaje.

---

Con base en la respuesta a la pregunta 4, se evidencia que los cursos de anatomía, por ejemplo, se benefician enormemente de la impresión 3D. Tradicionalmente dependientes de modelos plásticos o disecciones cadavéricas, estos cursos pueden incorporar modelos impresos en 3D para ofrecer a los estudiantes visualizaciones precisas de la anatomía humana, incluyendo variaciones que son difíciles de encontrar en los cadáveres disponibles. La posibilidad de manipular estos modelos ofrece una experiencia de aprendizaje más rica y ayuda a los estudiantes a entender complejidades que son difíciles de comunicar a través de métodos más tradicionales.

En los cursos de cirugía, la impresión 3D permite a los estudiantes practicar procedimientos en modelos que replican condiciones médicas específicas del paciente. Esto no solo mejora la seguridad y eficacia de los futuros cirujanos, sino que también reduce la ansiedad de los estudiantes al enfrentarse a procedimientos reales. La capacidad de imprimir órganos y tejidos personalizados facilita una preparación preoperatoria más detallada y una comprensión más profunda de la intervención quirúrgica necesaria.

La fisiopatología atología es otra área que se beneficia significativamente de la impresión 3D. Los modelos impresos pueden representar enfermedades y condiciones con una precisión increíble, lo que permite a los estudiantes estudiar patologías en un contexto tridimensional. Esto es particularmente útil para entender cómo una enfermedad puede afectar la estructura de un órgano y cómo esos cambios estructurales impactan la función del mismo.

Más allá de estas aplicaciones directas, la impresión 3D también promueve un enfoque más interdisciplinario en la educación médica. Los estudiantes pueden colaborar con sus pares en ingeniería y tecnología para diseñar soluciones personalizadas, desde prótesis hasta órganos artificiales, que luego se pueden implementar en entornos clínicos reales. Esta experiencia no solo enriquece su aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para un futuro en el que la medicina personalizada y la tecnología avanzada desempeñarán roles aún más cruciales.

Con base en la pregunta 5, se destaca que la integración de nuevas tecnologías en la enseñanza de la medicina ha sido un proceso continuo y evolutivo, marcado por una constante adaptación a las nuevas demandas y posibilidades tecnológicas. Históricamente, la educación médica ha dependido en gran medida de técnicas tradicionales como la disección anatómica y el uso de microscopios, complementadas con libros y la interacción directa con pacientes. Sin embargo, con el avance de la informática y la virtualidad, se han integrado nuevas herramientas que han ampliado y enriquecido los patrones de enseñanza y aprendizaje.

En las últimas décadas, se ha observado una transición hacia la incorporación de recursos digitales como videos tutoriales, fotografías clínicas, y plataformas interactivas como foros, blogs y redes sociales. Estos medios no solo han permitido extender el aprendizaje más allá de las aulas y los laboratorios tradicionales, sino que también han fomentado un ambiente de interacción más dinámico entre estudiantes y docentes. La posibilidad de discutir, debatir y argumentar en línea sobre diversos temas médicos ha contribuido a una formación más integral y participativa.

La respuesta de estudiantes y docentes a estas nuevas herramientas ha sido variada, reflejando en parte la brecha generacional en la familiaridad y comodidad con las tecnologías emergentes. Mientras que muchos estudiantes, generalmente más adeptos a la tecnología, han adoptado con entusiasmo estas herramientas, algunos docentes han enfrentado desafíos al adaptarse a los nuevos métodos de enseñanza. Sin embargo, la tendencia general indica una aceptación creciente, ya que las ventajas de estos recursos tecnológicos en términos de accesibilidad y flexibilidad son evidentes.

La experiencia acumulada en la integración de estas tecnologías puede servir como un valioso precedente para la adopción de la impresión 3D en la educación médica. La

impresión 3D, en particular, ofrece oportunidades únicas para mejorar aún más la enseñanza de la medicina, especialmente en áreas como la anatomía, la cirugía y la creación de prótesis personalizadas. Al igual que con las tecnologías anteriores, la clave para una integración exitosa de la impresión 3D radica en la capacitación adecuada de docentes y estudiantes, asegurando que todos los participantes estén familiarizados y cómodos con la nueva tecnología.

Estratégicamente, la impresión 3D podría ser introducida a través de módulos específicos que enseñen no solo el uso de la tecnología, sino también su aplicación en el diseño y la creación de modelos anatómicos y simulaciones de procedimientos quirúrgicos. Además, proyectos interdisciplinarios que involucren estudiantes de medicina, ingeniería y diseño podrían fomentar una comprensión más profunda de la potencialidad de esta tecnología. Esto no solo enriquecería el proceso de aprendizaje, sino que también prepararía a los estudiantes para futuros avances en el campo médico, donde la personalización y la precisión serán cada vez más cruciales.

La pregunta 6, en este caso particular pretendía evidenciar desde el criterio experto cuáles son los beneficios en la formación de los profesionales en medicina, al respecto indica lo siguiente: la tecnología no solo revitaliza la interacción de los estudiantes con el material de aprendizaje, sino que también simplifica conceptos complejos y convierte teorías abstractas en experiencias tangibles. En el ámbito de la medicina, estas características son especialmente valiosas debido a la complejidad y la naturaleza práctica del campo.

Uno de los desafíos más significativos en la educación contemporánea es mantener a los estudiantes comprometidos, especialmente en áreas técnicas y complejas como la medicina. La impresión 3D captura el interés de los estudiantes al permitirles interactuar con modelos físicos que representan estructuras anatómicas o patológicas, lo que a menudo es más atractivo que los métodos de enseñanza tradicionales. Esta tecnología fomenta un aprendizaje activo, donde los estudiantes pueden ver y tocar lo que están aprendiendo, lo que mejora su compromiso y facilita una comprensión más profunda.

Muchos temas en medicina, como la estructura tridimensional del corazón humano o los sistemas vasculares complejos, son intrínsecamente difíciles de visualizar y comprender a través de libros de texto o imágenes bidimensionales. La impresión 3D

permite a los educadores presentar estos conceptos de manera más intuitiva, haciendo que conceptos complicados sean más accesibles y más fáciles de entender para los estudiantes.

La capacidad de crear modelos anatómicos personalizados y asequibles es otra ventaja significativa de la impresión 3D. Antes, los modelos anatómicos eran caros y no siempre reflejaban la diversidad de condiciones médicas que los médicos encuentran en la práctica. Con la impresión 3D, los instructores pueden diseñar y producir recursos educativos que son específicos para el currículo y que reflejan los escenarios clínicos reales que los estudiantes eventualmente manejarán.

La impresión 3D también prepara a los estudiantes para un mercado laboral que cada vez valora más la capacidad de interactuar con tecnologías avanzadas. En medicina, esto incluye desde la planificación quirúrgica personalizada hasta la creación de prótesis a medida. Familiarizarse con la impresión 3D puede dar a los futuros médicos una ventaja significativa en su carrera profesional.

Originalmente limitada a áreas como la ingeniería o el diseño, la impresión 3D ahora se extiende a casi todos los campos académicos. En medicina, esta expansión es particularmente relevante, permitiendo aplicaciones que van desde la bioimpresión de tejidos hasta la creación de implantes personalizados, ofreciendo así una gama mucho más amplia de experiencias educativas.

Los desafíos incluyen el costo de la tecnología, la necesidad de capacitación especializada para docentes y estudiantes, y la integración efectiva de la impresión 3D en los planes de estudio existentes. A medida que la tecnología se vuelva más accesible y su valor en la educación sea más ampliamente reconocido, es probable que su adopción se expanda, llevando los beneficios de esta herramienta innovadora a más estudiantes y educadores en el campo de la medicina.

Finalmente, en relación con la pregunta 8, la impresión 3D, como herramienta educativa, ha sido reconocida por sus múltiples beneficios en la mejora de la experiencia de aprendizaje, especialmente en campos técnicos y científicos como la medicina. Su capacidad para convertir conceptos abstractos en objetos físicos tridimensionales representa una revolución en la manera en que los estudiantes interactúan y comprenden materias complejas.

Una de las sugerencias más recurrentes para mejorar la educación a través de la impresión 3D es fomentar la participación de los estudiantes en proyectos prácticos. Al diseñar y crear objetos físicos, los estudiantes no solo aplican teorías y principios aprendidos en clases teóricas, sino que también enfrentan y resuelven problemas prácticos que surgen durante la creación de modelos. Esta experiencia práctica es invaluable, ya que no solo mejora la retención de conocimientos sino que también prepara a los estudiantes para aplicaciones reales en el futuro, especialmente en disciplinas como la medicina, donde la comprensión detallada de la anatomía humana y la fisiología es crucial.

La impresión 3D permite a los educadores personalizar los proyectos según las necesidades y habilidades de cada estudiante, lo que puede aumentar significativamente la motivación y el compromiso de los alumnos. En medicina, por ejemplo, los instructores pueden diseñar modelos que se ajusten específicamente a los temas que están cubriendo, como estructuras anatómicas particulares o patologías específicas, proporcionando una herramienta de estudio a medida que es mucho más relevante y útil para el estudiante.

Al integrarse fácilmente en diferentes áreas del currículo, la impresión 3D promueve un enfoque de aprendizaje más holístico. Los estudiantes de medicina, por ejemplo, pueden trabajar en proyectos que no solo involucran aspectos de anatomía y fisiología, sino también elementos de diseño, ingeniería y tecnología. Esta experiencia interdisciplinaria enriquece su educación, preparándolos para un entorno profesional donde la colaboración entre diversas disciplinas es a menudo necesaria.

A medida que la tecnología de impresión 3D se vuelve más asequible y accesible, más instituciones educativas pueden incorporarla en sus programas. Esto democratiza el acceso a herramientas de alta tecnología, permitiendo que una mayor cantidad de estudiantes experimenten los beneficios de este tipo de aprendizaje activo y práctico.

Desde esta perspectiva, la impresión 3D tiene el potencial de transformar significativamente la educación médica, ofreciendo una plataforma para un aprendizaje más interactivo, personalizado y práctico. Al adoptar esta tecnología, las instituciones educativas no solo están mejorando la forma en que los estudiantes aprenden y comprenden material complejo, sino que también están preparándolos para ser profesionales más efectivos y creativos en sus futuras carreras.

## **CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



En el contexto dinámico y exigente de la enseñanza médica, la implementación de estrategias metodológicas y el uso de tecnologías avanzadas son aspectos cruciales para garantizar una formación integral y efectiva de los estudiantes. Tras analizar en profundidad las estrategias utilizadas en la carrera de Medicina y Cirugía, así como la percepción y conocimiento del cuerpo docente respecto a la tecnología de impresión 3D, se han extraído conclusiones y se han planteado recomendaciones fundamentales para mejorar y optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en esta área tan vital de la educación. En esta sección, se presentarán las principales conclusiones derivadas del análisis realizado, seguidas de las recomendaciones pertinentes para abordar los desafíos identificados y potenciar el uso efectivo de la tecnología de impresión 3D en la enseñanza médica.

## **5.1 Conclusiones**

### **5.1.1 Conclusiones del primer objetivo**

Las metodologías pedagógicas en la enseñanza de la medicina y cirugía han evolucionado para incorporar un enfoque más interactivo y participativo, reflejando un cambio significativo desde las clases tradicionalmente expositivas hacia modalidades que promueven la discusión activa y el aprendizaje basado en casos. Esto no solo ha mejorado la comprensión y retención de información compleja por parte de los estudiantes, sino que también ha facilitado el desarrollo de habilidades críticas necesarias en la práctica médica, como el diagnóstico y la toma de decisiones.

Las estrategias metodológicas en la enseñanza de Medicina y Cirugía en la Universidad Internacional de las Américas son variadas y abarcan desde métodos tradicionales como clases magistrales, hasta enfoques más modernos como la enseñanza interactiva y práctica. Esta diversidad asegura que se aborden múltiples estilos de aprendizaje y se prepare a los estudiantes de manera integral, equipándolos no solo con conocimientos teóricos, sino también con habilidades prácticas y de toma de decisiones críticas.

La adopción de tecnologías avanzadas, incluida la impresión 3D, puede enriquecer significativamente el proceso educativo al proporcionar herramientas que facilitan la visualización y comprensión de estructuras complejas y procedimientos médicos. Esta

integración no solo mejora la interactividad y el *engagement* de los estudiantes, sino que también los prepara para un entorno profesional que cada vez depende más de soluciones tecnológicas avanzadas.

Los métodos implementados fomentan una fuerte colaboración y habilidades comunicativas entre los estudiantes a través de discusiones en clase, trabajos en grupo y estudios de caso. Estas habilidades son vitales en la práctica médica, donde el trabajo en equipo y la comunicación eficaz son esenciales para proporcionar una atención al paciente de alta calidad.

Asimismo, la necesidad de integrar tecnologías educativas avanzadas ha surgido como una prioridad. La inclusión de herramientas como simuladores médicos de alta fidelidad y la realidad virtual proporciona a los estudiantes experiencias prácticas controladas que enriquecen su aprendizaje. Estas tecnologías ofrecen retroalimentación instantánea y oportunidades para mejorar habilidades clínicas esenciales.

### **5.1.2 Conclusiones del segundo objetivo**

Las diversas aplicaciones de la tecnología de impresión 3D en la educación y el entrenamiento médico han demostrado un potencial significativo para mejorar la comprensión y las habilidades de los estudiantes en el campo de la medicina.

La impresión 3D ha revolucionado significativamente la enseñanza y el aprendizaje en las ciencias de la salud, proporcionando herramientas tangibles para explorar complejidades anatómicas y patológicas que antes eran difíciles de visualizar y comprender completamente. Esto ha mejorado la calidad educativa, permitiendo a los estudiantes y profesionales médicos obtener una comprensión más profunda y práctica de la anatomía humana y las condiciones médicas específicas.

La impresión 3D es especialmente valiosa en la educación médica por su capacidad para simular condiciones médicas específicas y permitir la práctica de procedimientos quirúrgicos sin riesgos. Esto prepara mejor a los estudiantes para intervenciones reales y mejora su confianza y precisión técnica, lo cual es crucial en un entorno quirúrgico real.

La tecnología de impresión 3D integra varios aspectos de la educación médica, desde la anatomía y patología hasta la radiología y la cirugía, facilitando un enfoque

interdisciplinario que enriquece el aprendizaje y prepara a los estudiantes para una práctica médica más integrada y holística.

### **5.1.3 Conclusiones del tercer objetivo**

La impresión 3D ha demostrado ser una herramienta revolucionaria en la enseñanza de la medicina, particularmente en áreas como anatomía y cirugía. Los modelos anatómicos impresos en 3D ofrecen una representación precisa y manipulable de las estructuras del cuerpo humano, lo que facilita una comprensión más profunda de las relaciones espaciales y variaciones anatómicas. En cirugía, estos modelos permiten a los estudiantes practicar y perfeccionar técnicas quirúrgicas en un entorno sin riesgos, preparándolos eficazmente para procedimientos reales.

La impresión 3D fomenta un enfoque interdisciplinario, integrando conocimientos de medicina, ingeniería y tecnología. Esto no solo enriquece el aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para una práctica médica que cada vez depende más de la tecnología avanzada. Además, la capacidad de personalizar herramientas y modelos según las necesidades específicas del curso o del estudiante potencia la enseñanza personalizada y adaptativa.

Los modelos impresos en 3D también son extremadamente útiles en la enseñanza de la patología y otras especialidades médicas, como la radiología y la obstetricia. Permiten a los estudiantes explorar en detalle patologías y condiciones anormales, mejorando la comprensión de cómo las enfermedades afectan el cuerpo humano y cómo se deben abordar estas condiciones en la práctica clínica.

Esta tecnología ha permitido la creación de modelos precisos de tejido óseo, lo que facilita la planificación quirúrgica, mejora la comunicación con los pacientes y ha revolucionado enfoques quirúrgicos tradicionales, como en el caso de implantes de mandíbula en titanio. Además, su potencial en el desarrollo de medicamentos personalizados abre nuevas posibilidades terapéuticas.

## **5.2 Recomendaciones**

### **5.2.1 Recomendaciones con respecto al primer objetivo**

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de las estrategias metodológicas empleadas para asegurar que sigan siendo efectivas y pertinentes a medida que evolucionan las necesidades educativas y los avances tecnológicos. Esto podría incluir encuestas regulares a estudiantes y profesores, así como la revisión de los resultados académicos para ajustar y mejorar los métodos de enseñanza.

Dado el éxito de las simulaciones en la mejora del aprendizaje práctico, se sugiere una mayor inversión en estas tecnologías para expandir su uso en más cursos dentro del currículo de Medicina y Cirugía. Esto ayudaría a los estudiantes a ganar más experiencia práctica en un entorno controlado y seguro antes de enfrentarse a situaciones reales en sus prácticas clínicas. Además de incorporar en estas acciones la impresión 3D en los cursos que por su naturaleza puedan vincularse.

Para maximizar la eficacia de las estrategias pedagógicas implementadas, se debería ofrecer a los docentes oportunidades continuas de formación profesional en las últimas técnicas educativas y tecnologías. Esto incluiría talleres sobre la integración de la impresión 3D en el aula, así como capacitaciones sobre métodos pedagógicos activos y colaborativos que podrían enriquecer aún más la experiencia educativa de los estudiantes.

### **5.2.2 Recomendaciones con respecto al segundo objetivo**

Se recomienda aumentar la inversión en recursos de impresión 3D dentro de las instituciones educativas para garantizar que más estudiantes y profesionales puedan beneficiarse de esta tecnología. Esto incluye no solo la adquisición de más impresoras 3D, sino también la formación en su uso efectivo y la creación de más materiales educativos relacionados.

Integrar formalmente la impresión 3D en los currículos de las ciencias de la salud para fomentar su uso sistemático en la formación médica. Esto debería incluir la implementación de módulos específicos que enseñen, tanto el manejo técnico de la impresión 3D como sus aplicaciones clínicas y éticas en la medicina.

Apoyar y promover la investigación en bioimpresión 3D como un campo emergente que tiene el potencial de revolucionar, no solo la educación médica sino también las prácticas clínicas a través de la creación de tejidos y órganos artificiales. Esto podría

incluir colaboraciones entre instituciones educativas, hospitales y la industria para explorar nuevas aplicaciones y mejorar las tecnologías existentes.

### **5.2.3 Recomendaciones con respecto al tercer objetivo**

Es crucial implementar programas de capacitación para docentes y estudiantes que abarquen tanto el uso técnico de la impresión 3D como sus aplicaciones pedagógicas en la medicina. Esto asegurará que la comunidad educativa pueda aprovechar al máximo las capacidades de esta tecnología. Estos programas deben incluir talleres prácticos, recursos didácticos y acceso a modelos precisos para integrar adecuadamente la impresión 3D en el currículo educativo. Al ofrecer oportunidades de aprendizaje práctico y teórico, se busca fortalecer las habilidades necesarias para aprovechar al máximo esta tecnología en el contexto educativo.

Incorporar la impresión 3D en el currículo de manera formal, estableciendo módulos específicos que cubran desde la creación de modelos anatómicos hasta la simulación de procedimientos quirúrgicos. Esto debería complementarse con proyectos interdisciplinarios que involucren estudiantes de diferentes especialidades para fomentar un enfoque colaborativo del aprendizaje.

Fomentar la investigación en impresión 3D dentro de las instituciones educativas para explorar nuevas aplicaciones y mejorar las tecnologías existentes. Esto podría incluir el desarrollo de nuevos materiales de impresión más realistas o modelos que imiten mejor las condiciones fisiológicas humanas, ampliando así las posibilidades educativas y clínicas de esta tecnología.

Por último, se recomienda proporcionar acceso a modelos digitales en 3D y recursos tecnológicos necesarios para la creación e impresión de modelos anatómicos. Esto permitirá a los docentes y estudiantes utilizar activamente herramientas visuales y prácticas para mejorar la comprensión y el aprendizaje en la educación médica y cirugía. Al garantizar el acceso a estos recursos, se facilitará la implementación de la tecnología de impresión 3D en el ámbito educativo y se fomentará la innovación en la enseñanza.

## **CAPÍTULO VI – PROPUESTA**

## **PROPUESTA**

A continuación se presenta una propuesta para la implementación de la impresión tridimensional de modelos anatómicos con la impresora en 3D de la Universidad Internacional de las Américas para el área de ciencias de la salud. Esta tiene como principal alcance la fabricación de diferentes modelos, permitiendo a los estudiantes un mejor aprendizaje en diferentes materias de la malla académica.

### **Nombre de la propuesta**

Propuesta para la implementación de la impresión 3D en la Universidad Internacional de las Américas

### **Problema**

El principal problema que se encuentra a la hora del desarrollo de la propuesta para la implementación de la impresión 3D en la Universidad Internacional de las Américas se basa en la falta de conocimiento que tiene la gran mayoría de docentes y personal acerca de cómo utilizar la impresora 3D, debido a que existe gran disparidad entre las inconsistencias de diferentes aspectos fundamentales como el manejo, creación digital y luego impresión del diseño realizado.

Para poder empezar con la impresión tridimensional, lo primero es partir de una idea, tener en mente qué es lo que se quiere llegar a realizar y para qué fin, se puede realizar un boceto del croquis y seguidamente se hace la creación del diseño a nivel digital mediante los distintos programas para impresión 3D. Próximamente se exportará el modelo con el archivo STL que es el formato estándar para las tecnologías de fabricación aditiva para luego abrir el archivo con un programa laminador, exportar nuevamente el archivo y próximamente cargar el archivo a la impresora 3D para que sea fabricado. Dicho esto, a nivel de la Universidad Internacional de las Américas existen muy pocas personas que poseen este conocimiento.

Hoy en día el uso de la tecnología va en aumento, hay muchos docentes que se acoplan al avance tecnológico, sin embargo, hay otros que se quedan rezagados en este tema, es por esto que, aunque muchos tengan la capacidad de manejar este tipo de tecnología se necesita una capacitación adecuada para enseñar la correcta manipulación para la formación y creación de distintos modelos anatómicos.

Otra de las problemáticas que se tiene en la universidad consiste en la falta de conocimiento a la hora de la utilización de los diferentes materiales que se pueden emplear, así como la calidad, disponibilidad y costo de ellos, todo esto presenta un gran obstáculo a la hora de imprimir, puesto que se ha demostrado que hay materiales que simulan de mejor manera diferentes partes del cuerpo humano. Es por todo esto que la propuesta tiene el objetivo de lograr en un futuro la capacitación y orientación a los docentes en cuanto a los elementos esenciales para la implementación de la impresión en 3D y así generar una mayor eficiencia con respecto a la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.

### **6.1.1 Justificación**

La disparidad en la implementación de la impresión 3D en la Universidad Internacional de las Américas revela la importancia del uso de las impresoras en distintas instituciones educativas.

Uno de los principales desafíos identificados es la falta de conocimiento en la utilidad de la impresora 3D y falta de promoción de buenos usos de la impresora y sus materiales, así como los diseños que se pueden realizar.

Otro aspecto crucial que justifica la propuesta para la implementación de la impresión 3D en la Universidad Internacional de las Américas es la necesidad de brindar capacitación y orientación a los docentes en cuanto a técnicas esenciales para la enseñanza. Es necesario establecer estándares claros y proporcionar apoyo continuo a los educadores para asegurar la coherencia y calidad en la implementación del método.

La ausencia de un proceso estructurado y de formación y actualización por parte de un profesional no permite dar uso a las herramientas obtenidas. La capacitación constante y la actualización de conocimientos son fundamentales para garantizar que los docentes

estén preparados para abordar las necesidades cambiantes de los estudiantes y el entorno educativo.

La brecha en el conocimiento y la capacitación de los docentes en cuanto a los elementos fundamentales de la impresión 3D puede generar dificultades para adaptar las estrategias de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. La formación en impresión tridimensional es crucial para empoderar a los educadores y mejorar su capacidad para facilitar un aprendizaje significativo y personalizado.

El desarrollo de una propuesta de capacitaciones de formación en la impresión 3D busca fortalecer el aprendizaje de los docentes y los estudiantes con su compromiso y con la práctica. La formación continua es una inversión en la calidad educativa y el bienestar de los estudiantes, promoviendo un ambiente de aprendizaje enriquecedor y estimulante.

## ***6.2 Objetivos***

A continuación, se presentan los objetivos de la propuesta de implementación, una vez analizado el objeto de estudio.

### ***6.2.1 Objetivo general:***

1. Desarrollar una propuesta de implementación para el uso de la impresión en 3D en la Universidad Internacional de las Américas.

### ***6.2.3 Objetivos específicos***

1. Promover las buenas prácticas en modelos anatómicos para la correcta aplicación de la impresión tridimensional.
2. Realizar un proceso de capacitación para los docentes en cuanto a la impresora y materiales para su adecuado uso.
3. Determinar el manejo apropiado del proceso de capacitación.

## **6.2 Delimitación**

La propuesta de capacitación de formación en impresión en 3D delimita a la Universidad Internacional de las Américas, está siendo el enfoque principal de la propuesta, considerando sus características individuales y las necesidades identificadas en cada uno de ellos.

El alcance de la propuesta abarca objetivos específicos claramente definidos.

1. Promover las buenas prácticas en temas relacionados con materiales e instrumentos para la correcta utilización de la impresora 3D. Esto incluirá la evaluación de los recursos disponibles en la Universidad Internacional de las Américas, identificación de posibles utilidades y mejoras en la impresión.
2. Realizar un proceso de capacitación para los docentes, centrándose en los elementos más importantes del uso de la impresora 3D. Las capacitaciones se realizarán de manera que los docentes puedan participar para mejor aprendizaje, abordando desde las técnicas de la impresora hasta los materiales utilizables, la gestión de conflictos en la práctica y la promoción de la colaboración entre estudiantes. Se considerará la participación activa de los docentes en la planificación y desarrollo de la capacitación para garantizar su relevancia y efectividad.
3. Evaluar la pertinencia del proceso de capacitaciones mediante la retroalimentación de los participantes y el análisis de los resultados en términos de mejoras observadas en la práctica docente y el impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Esta evaluación será continua y se utilizarán indicadores específicos para medir el progreso y la efectividad de la formación de la impresión en 3D.

La delimitación de la propuesta a la Universidad Internacional de las Américas permitirá un enfoque más detallado y personalizado, atendiendo a las necesidades y particularidades de la institución.

## 6.3 Marco teórico

### 6.3.1 La impresora tridimensional

Según Hiemenz Stratasys<sup>34</sup>, una impresora 3D es una máquina que crea objetos de plástico u otros materiales utilizando un proceso de fabricación de aditivos. La fabricación aditiva produce objetos en una sucesión de capas de la parte inferior, hacia arriba. Esto es lo contrario de los tradicionales procesos sustractivos de fabricación, que producen objetos de material de corte partiendo de un bloque para crear la forma deseada.

Simplifica y acelera el proceso de elaboración de prototipos y productos terminados.

Existen distintos tipos de máquinas las cuales trabajan de manera distinta, sin embargo, con cierta similitud y mismos pasos a seguir, los pasos comunes son los siguientes explicados de manera general.

### 6.3.2 Proceso de producción en la impresión en 3D

Se describen los procesos y pasos necesarios para la realización de un diseño digital y obtener una pieza real impresa. Se describen pasos que deberán ser adaptados al tipo de pieza, la tecnología seleccionada, al tipo de máquina e incluso al *software* usado. La descripción siguiente describe principalmente a la técnica con filamento fundido (FDM), sin embargo, el procedimiento de impresión para otras impresoras y materiales suele ser de manera muy similar<sup>39</sup>.

Por lo tanto, los consejos que se describen a continuación son orientativos y tienen carácter general, de manera que no deben ser tomados al pie de la letra, este proceso de impresión influye mucho en la experiencias de las personas que realizan el proyecto, las características de la pieza y de la máquina utilizada, esto nos traduce que una persona con poca o sin experiencia puede hacer impresiones con fallos, a diferencia de una persona que tiene más experiencia lo cual le facilita el trabajo de los diseños. Pasos a realizar para la fabricación de piezas<sup>40</sup>.

- Obtener el modelo digital.
- Explotar y reparar el archivo STL.

- Test, orientación, distribución y G code.
- Impresión 3D.
- Extracción de piezas.
- Post proceso cita.
- Obtener el modelo digital.

### **6.3.3 Empleos de impresión en 3D en distintas universidades**

#### ***6.3.3.1 Universidad Hasselt, Bélgica.***

En el año 2011, un equipo de investigadores e ingenieros de las Universidades de Bélgica y Holanda realizaron el primer implante de mandíbula impresa de titanio en una paciente de 83 años. La empresa belga LayerWise NV se encargó de imprimir este nuevo implante maxilar con polvo de titanio derretido y moldearlo con un láser aditivo de fabricación rápida. Los creadores de la mandíbula la construyeron prácticamente de la nada. Lo primero que se pensó fue para una reconstrucción con microcirugía con el objetivo de reparar el daño que la paciente había sufrido debido a una infección constante que le había causado una herida visible en su rostro, por lo que ellos optaron por eliminar la parte infectada y reemplazarla con un implante de titanio<sup>57</sup>.

#### ***6.3.3.2 Hospital General Universitario Gregorio Marañón***

Mediante diversos programas de acceso libre se logró obtener una malla en 3D con posibilidad de editar y seguidamente imprimir en distintos tipos de materiales como el termoplástico, con el fin de lograr un modelo muy similar a la anatomía del paciente<sup>8</sup>. La metodología se basó en un estudio analítico con 63 casos de pacientes atendidos en el Hospital Gregorio Marañón, en los que en todos se utilizaron diferentes modelos impresos tridimensionalmente dependiendo de la localización anatómica, incluso se lograron premoldear placas de osteosíntesis en el caso de fracturas<sup>7</sup>.

#### **6.3.3.3 Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González.**

Se utilizó la tecnología de la impresión en 3D con el fin de ayudar en la educación mediante la planeación preoperatoria utilizando un modelo de hemipelvis en un caso de una fractura de acetábulo con indicación de cirugía. Este tipo de fracturas, por lo general, suelen ser de gran adversidad a la hora del tratamiento para el cirujano, puesto que esa región contiene una anatomía muy compleja debido a las variaciones morfológicas y el limitado acceso quirúrgico en el lugar de la fractura. Generalmente tienen como objetivo reconstruir de manera quirúrgica la superficie acetabular y con ello poder permitir una movilización temprana del paciente con el fin de proveer un mejor pronóstico articular y más funcional a largo plazo. Mediante la impresión en 3D se puede mejorar el entendimiento visoespacial, la planeación quirúrgica y el pronóstico del paciente<sup>60</sup>.

#### **6.3.3.4 Universidad Mayor de San Andrés**

En esta universidad se realizó una investigación basada en el análisis de confiabilidad de biomodelos construidos con tecnología 3D con métodos de adición comparados por medio de estudios tomográficos. Utilizaron materiales como resinas, acrilonitrilo butadieno estireno y ácido poli láctico y realizaron una fabricación aditiva en el cual se usan modelos virtuales a partir de una tomografía axial computarizada<sup>62</sup>.

#### **6.3.3.5 Universidad Nacional de Colombia**

En esta universidad se formó una investigación acerca de la anatomía ósea de la cara y la implementación de imágenes diagnósticas e impresión 3D como estrategia en el aprendizaje básico y clínico en áreas de la salud. Utilizaron un tomógrafo Toshiba Aquilion Modelo TSX-303A, un *software* libre que permitiera la exportación de imágenes en formato DICOM, un programa denominado 3D Slicer que cuenta con licencia de código abierto y con estilo BSD lo que significa que este no cuenta con restricciones sobre los usos legales del *software* y la impresora Makerbot-Replicator 2X

El primer modelo impreso fue una pieza de viscerocráneo sin la mandíbula y fue hecho a escala menor con el objetivo de conocer los equipos y ver qué tanto se pierden ciertos detalles por lo que tuvieron que probar con diferentes tipos de materiales y alternativas, todo con el fin de tener una aproximación más real de las estructuras. Luego de haber realizado las pruebas digitales se comenzaron a desarrollar a partir de las imágenes diagnósticas el diseño de la cara ósea completa en una sola pieza, logrando

crear una pieza de tamaño real de la anatomía de una persona adulta y con conservación de ciertos detalles anatómicos<sup>66</sup>.

#### 6.4 Etapas de la propuesta

**Tabla 1. Procesos de cumplimiento para el desarrollo de la propuesta**

<b>Actividad</b>	<b>Persona Encargada</b>
Análisis de la propuesta en capacitaciones	Gerencia de la institución
Implementación de la propuesta en capacitaciones	Personas funcionarias de la institución
Participación de la propuesta en las capacitaciones	Personas participantes, institución educativa
Evaluación del proceso de capacitaciones.	Gerencia y personal, institución educativa.

**Fuente:** elaboración propia

#### 6.5 Descripción detallada de los talleres.

**Tabla 2. Generalidades de las capacitaciones**

Técnicas de impresión en 3D
Modalidad: presencial
Población meta: Docentes en ciencias de la salud de la Universidad Internacional de las Américas

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 3.** Capacitación de Docentes

<b>Temática</b>	<b>Personal</b>
Desarrollo académico desde una perspectiva en la impresión en 3D	Docentes universitarios de ciencias de las salud
Fundamentos de la práctica educativa con la impresora 3D	Docentes universitarios de ciencias de las salud
Diseño de materiales impresos en 3D	Docentes universitarios de ciencias de las salud

**Fuente:** elaboración propia (2024).

### 6.6 Cronograma de la propuesta

**Tabla 4. Cronograma de la propuesta**

<b>Plan de la propuesta para la implementación de la impresión 3D en la Universidad Internacional de las Américas en el año 2024.</b>					
<b>Actividad</b>	<b>Mes Junio</b>	<b>Mes Julio</b>	<b>Mes Agosto</b>	<b>Mes Setiembre</b>	<b>Mes Octubre</b>
<b>Valoración de la propuesta</b>					
<b>Divulgación de la capacitación</b>					
<b>Capacitación a los colaboradores</b>					
<b>Evaluación de las capacitaciones</b>					

**Fuente:** elaboración propia.

## **Evaluación del proceso de los talleres**

Una vez finalizado el proceso de capacitación se procederá a realizar una corta encuesta para evaluar:

1. El impacto de las competencias adquiridas.
2. El perfil de los profesionales que impartieron las capacitaciones.
3. La aplicabilidad de lo aprendido.
4. Sugerencias para futuros procesos de capacitación.



3. ¿Considera que el recurso de aprendizaje será de utilidad en mejorar la implementación del uso de la impresora 3D en la Universidad Internacional de las Américas.

(        ) Muy de acuerdo

(        ) Desacuerdo.

(        ) En desacuerdo.

4. ¿Cómo evalúa las estrategias implementadas en las capacitaciones brindadas en cuanto al manejo de la impresora en 3D?

(        ) Excelente.

(        ) Muy buena.

(        ) Buena.

(        ) Regular

(        ) Deficiente

5. ¿Considera que las estrategias implantadas son pertinentes para evaluar la eficiencia y eficacia a la hora de realizar los modelos anatómicos?

(        ) Muy efectivas

(        ) Efectivas

(        ) Poco efectivas

(        ) No aplicables a contexto actual

6. ¿Las actividades del proceso de formación le parecieron atractivas y motivadoras para su formación profesional?

(        ) Siempre.

(        ) Algunas veces.

(        ) Nunca.

7. ¿Considera vinculante el proceso de capacitación en relación con las necesidades de la universidad?

(        ) Siempre.

(        ) Casi siempre.

(        ) Algunas veces.

(        ) Nunca.

8. ¿Considera que existió un adecuado proceso de gestión en el planteamiento del proceso de formación?

(        ) Siempre.

(        ) Casi siempre.

(        ) Algunas veces.

(        ) Nunca.

9. ¿Mediante la capacitación se logró imprimir algún modelo anatómico o algún objeto funcional para el aprendizaje de los estudiantes en ciencias de la salud?

(        ) Sí

(        ) No.

## ANEXOS

### Empleos de impresión en 3D en distintas universidades

#### Universidad Hasselt, Bélgica.

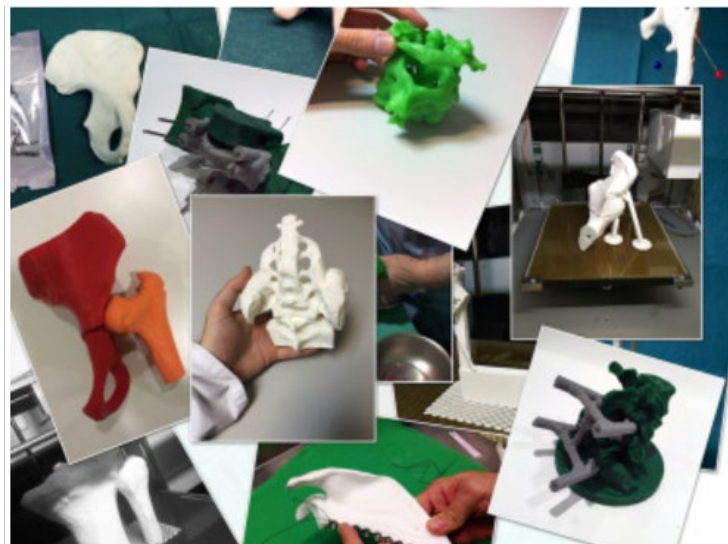
**Figura 13.** *Mandíbula de titanio totalmente impresa en 3D*



Fuente: imagen tomada de la referencia 57.

#### Hospital General Universitario Gregorio Marañón

**Figura 14.** *Modelos 3D de casos clínicos tratados en el centro.*



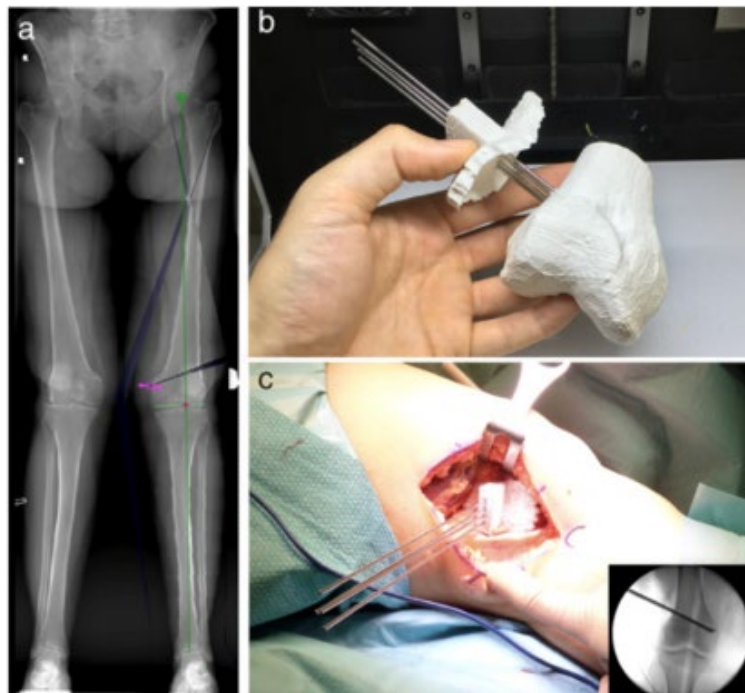
Fuente: imagen tomada de la referencia 7.

Figura 15. Modelos 3D como herramientas comunicativas, fractura de escápula, comunicación entre profesionales.



Fuente: tomada de la referencia 7.

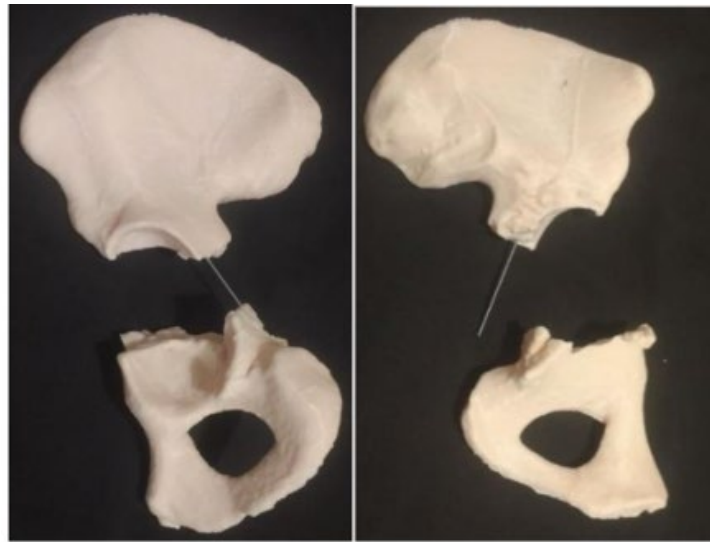
Figura 20. a) Planificación. b) Simulación. c) Ejecución.



Fuente: imagen tomada de la referencia 7.

**Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González.**

**Figura 26.** *Modelo hemipélvico evidenciando fractura de acetábulo transverso con trazo en pared posterior incompleto*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia 60.

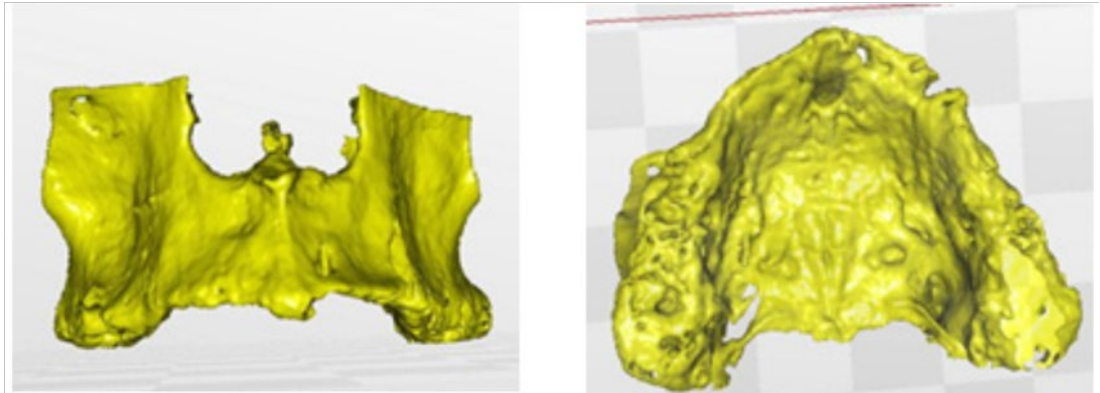
**Figura 27.** *Modelo hemipélvico de fractura transversa de acetábulo post reducción anatómica*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia 60.

**Universidad Mayor de San Andrés**

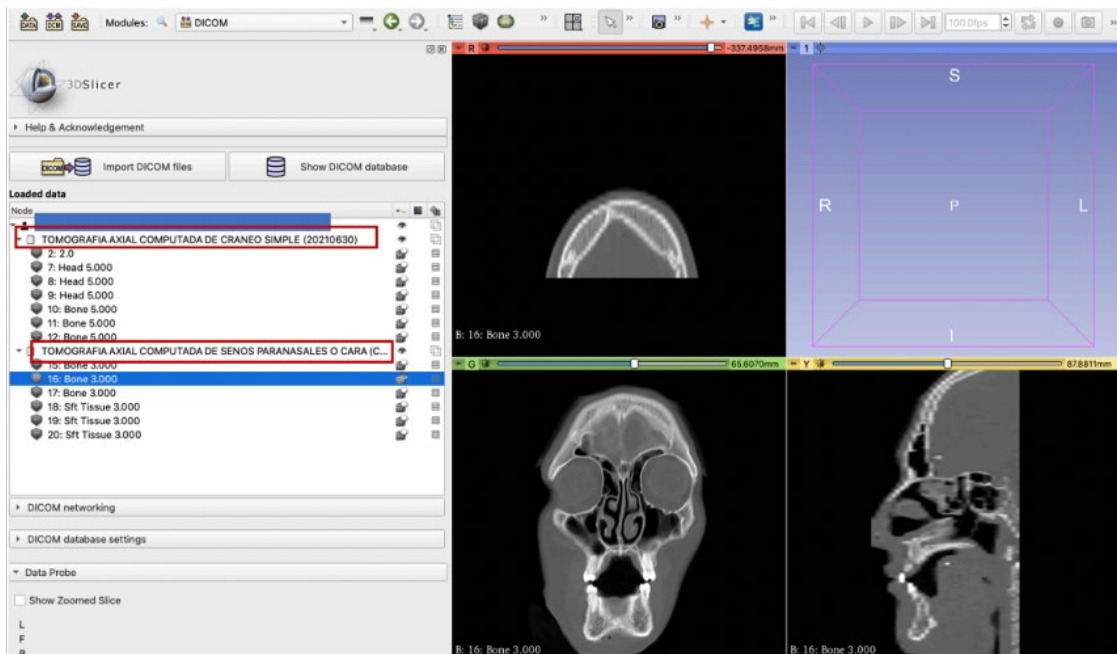
**Figura 30.** *Modelo virtual terminado en formato STL listo para la exportación e impresión 3D.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia 62.

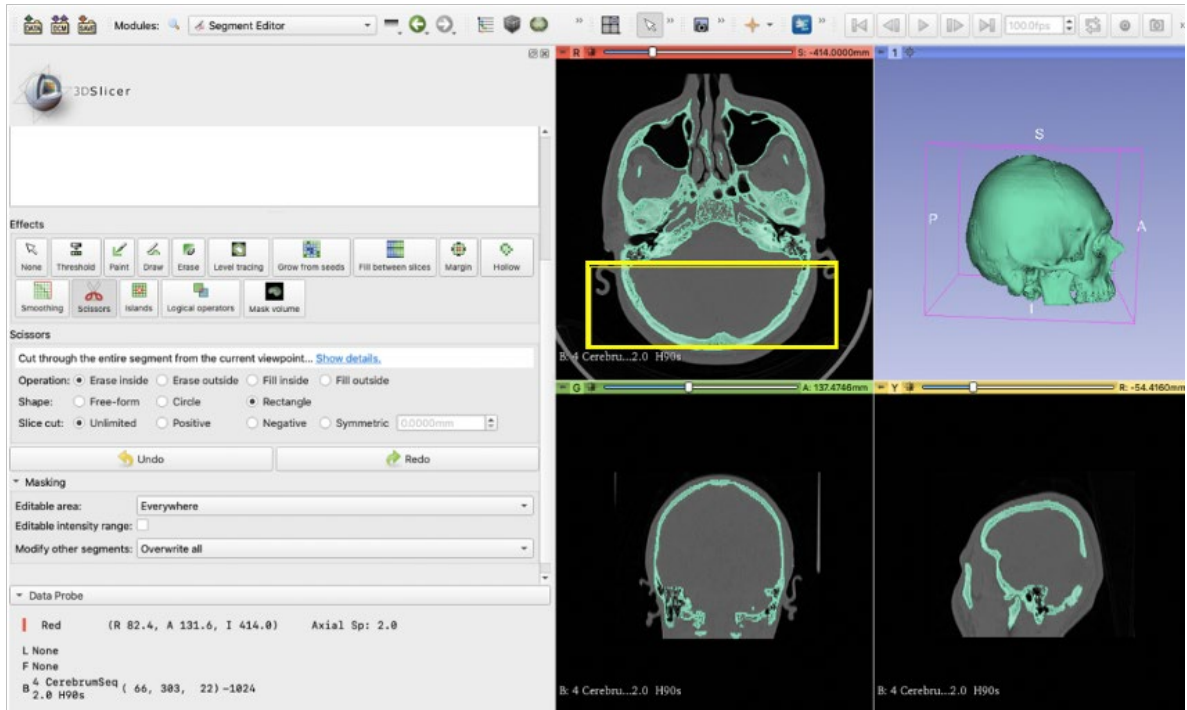
**Universidad Nacional de Colombia**

**Figura 36.** *Proceso en 3D Slicer. A la izquierda se encuentra la serie de cortes disponibles en TC cara y cráneo y a la derecha se visualizan los planos axial, sagital y coronal en ventana ósea.*



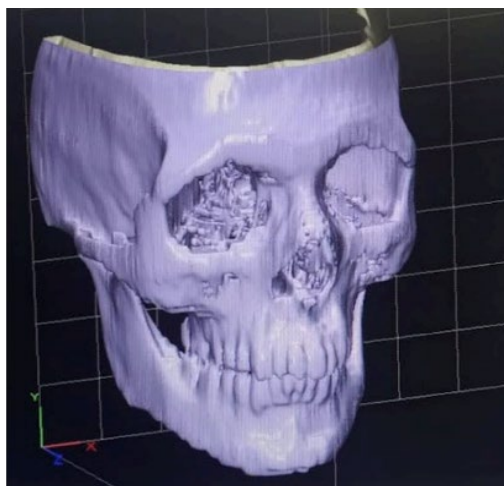
**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente 66.

**Figura 38.** *Imágenes de tomografía computarizada obtenidas del hospital: análisis, edición y desarrollo de modelo 3D por la autora en software 3D Slicer.*



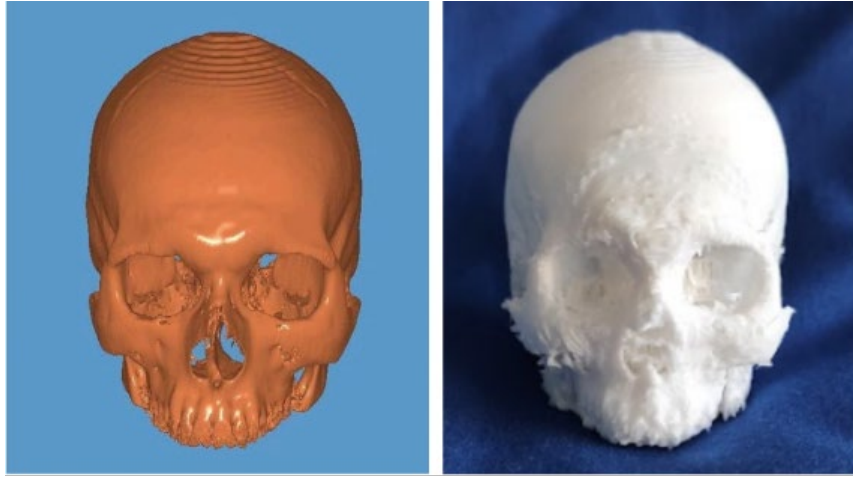
**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente 66.

**Figura 40.** *Imagen en formato STL enviado a software impresora.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente 66.

**Figura 41.** *Primer modelo impreso cara ósea.*



**Fuente:** imagen tomada de la referencia de la fuente 66.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Macias, Esther A, Escob V, Díaz Quiñones JA, Gonzalez EL, Cabrera EL, et al. Habilidades de aprender a aprender en los estudiantes de medicina desde la percepción de los profesores Skills of learning to learn in medical students from the professor's perception [Internet]. Medigraphic.com. [citado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2020/msu2041.pdf>
2. Matzumura-Kasano JP, Gutiérrez-Crespo H, Pastor-García C, Ruiz-Arias RA. Valoración del trabajo colaborativo y rendimiento académico en el proceso de enseñanza de un curso de investigación en estudiantes de medicina. An Fac Med (Lima Peru : 1990) [Internet]. 2019 [citado el 15 de octubre de 2023];80(4):457–64. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832019000400008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832019000400008&script=sci_arttext)
3. Heredia Martínez CA, Franco Rubio JP. Tecnologías de fabricación aditiva. La impresora 3D, antecedentes y funcionamiento. Ignis [Internet]. 2014 [citado el 30 de octubre de 2023];(7):24–30. Disponible en: <https://revistas.cun.edu.co/index.php/ignis/article/view/92>
4. Inzunza O, Caro I, Mondragón G, Baeza F, Burdiles Á, Salgado G. Impresiones 3D, Nueva Tecnología que Apoya la Docencia Anatómica. Int J Morphol [Internet]. 2015 [citado el 26 de octubre de 2023];33(3):1176–82. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022015000300059&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022015000300059&script=sci_arttext)
5. Expandido R. Arquivos Catarinenses de Medicina ISSN (impresso) 0004- 2773 [Internet]. Org.br. [citado el 26 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.acm.org.br/revista/pdf/artigos/1393.pdf>

6. Bucco M. La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos) [Internet]. [Argentina]: universidad de san Andrés; 2016. Disponible en: <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/11878/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.M.%20Ges.%20Bucco,%20Mariano.pdf>
7. Pérez-Mañanes R, Calvo-Haro J, Arnal-Burró J, Chana-Rodríguez F, Sanz-Ruiz P, Vaquero-Martín J. Nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hazlo tú mismo. Rev Latinoam Cir Ortop [Internet]. 2016;1(2):47–53. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2444972516300092>
8. Heredia Martínez CA, Franco Rubio JP. Tecnologías de fabricación aditiva. La impresora 3D, antecedentes y funcionamiento. Ignis [Internet]. 2014 [citado el 26 de octubre de 2023];(7):24–30. Disponible en: <https://revistas.cun.edu.co/index.php/ignis/article/view/92>
9. Montt D, Caro I, Neyem A, Inzunza O. Impresiones 3D de Cortes Transversales de un Cuerpo Humano: Un Recurso Didáctico para el Estudio de la Anatomía Seccional. Int J Morphol [Internet]. 2020 [citado el 26 de octubre de 2023];38(3):578–84. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022020000300578](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022020000300578)
10. Osorio-Toro S. Práctica Experimental de Disección y Modelación 3D de Oído Medio e Interno para la Construcción Significativa de Conocimiento en el Área de Anatomía Humana. Int J Morphol [Internet]. 2020 [citado el 26 de octubre de 2023];38(4):997–1002. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022020000400997&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022020000400997&script=sci_abstract)
11. Toledo-Ordoñez I, Oneto N, Concha M, Sanhueza S, Osses M, Padilla-Meza J, et al. Diseño y Fabricación de Modelos Impresos en 3D como Complemento para las Clases Prácticas de Histología Médica. Int J Morphol [Internet]. 2022 [citado

- el 26 de octubre de 2023];40(2):355–9. Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022022000200355](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022022000200355)
12. Prototyping and 3D printing of computed tomography images with an emphasis on soft tissues, especially muscles, for teaching human anatomy [Internet]. Usp.br. [citado el 26 de octubre de 2023]. Disponible en:  
[https://repositorio.usp.br/directbitstream/28004379-b38d-458b-a418-f3776cfe970f/ALN\\_156\\_3135371\\_R.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/28004379-b38d-458b-a418-f3776cfe970f/ALN_156_3135371_R.pdf)
  13. M. MV, C. VS, F. AR, V. AL. Temporal bone surgery simulation-training models [Internet]. Scielo.cl. [citado el 26 de octubre de 2023]. Disponible en:  
<https://www.scielo.cl/pdf/orl/v82n4/0718-4816-orl-82-04-0509.pdf>
  14. Meszaros E. N, Cortés F. I, Zelada B. Ú, Cardemil M. F. Biomateriales y tecnologías de impresión 3D en entrenamiento quirúrgico en otorrinolaringología: una revisión. Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello [Internet]. 2023 [citado el 26 de octubre de 2023];83(1):92–9. Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-48162023000100092&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-48162023000100092&script=sci_arttext)
  15. Bolgiani A, Hermida E. Biimpresión 3D de piel. Cir plást ibero-latinoam [Internet]. 2020 [citado el 26 de octubre de 2023];46:85–90. Disponible en:  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0376-78922020000200014](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0376-78922020000200014)
  16. Mata Abdelnour, Vista de Propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D para la enseñanza de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica [Internet]. Ucr.ac.cr. [citado el 26 de octubre de 2023]. Disponible en:  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/51675/54353>
  17. Gutiérrez-Sandí W, Lemos-Pires T, Galiano-Murillo GC, Madrigal-Lobo JA. Aplicaciones de las Impresoras 3D en el desarrollo de prótesis para cirugía de reemplazo protésico (artroplastias). Uso en caninos. Rev Tecnol Marcha

- [Internet]. 2018 [citado el 26 de octubre de 2023];31(3):131–42. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822018000300131](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000300131)
18. Zúñiga-Morales MJ, Vargas-Sancho S, Villalobos-Acosta ME, Arias-Rodríguez E. Uso de realidad virtual, realidad aumentada, impresión 3d y otras tecnologías como apoyo a necesidades educativas especiales: caso particular reducción del deterioro cognitivo en pacientes con ciertos niveles de demencia, Hospital Nacional Psiquiátrico. Instituto Tecnológico de Costa Rica; 2020.
19. María A, Poveda S, Blanco Benamburg R. TALLER DE IMPRESIÓN 3D PARA TRABAJO CON SÓLIDOS GEOMÉTRICOS [Internet]. Uned.ac.cr. [citado el 26 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.uned.ac.cr/actividades/encuentros/2017/vencuentro/archivos/Taller es/5.%20Mediaci%C3%B3n%20pedag%C3%B3gica%20en%20la%20ense%C3%B1anza%20y%20el%20aprendizaje%20de%20la%20matem%C3%A1tica%20utilizando%20tecnolog%C3%ADa/Impresi%C3%B3n%203d%20trabajo%20s%C3%B3lidos%20geom%C3%A9tricos.p](https://www.uned.ac.cr/actividades/encuentros/2017/vencuentro/archivos/Taller%20es/5.%20Mediaci%C3%B3n%20pedag%C3%B3gica%20en%20la%20ense%C3%B1anza%20y%20el%20aprendizaje%20de%20la%20matem%C3%A1tica%20utilizando%20tecnolog%C3%ADa/Impresi%C3%B3n%203d%20trabajo%20s%C3%B3lidos%20geom%C3%A9tricos.p)
20. Izaguirre M. Importancia de la formación ética de los estudiantes de medicina. An Fac Med (Lima Peru: 1990) [Internet]. 2019 [citado el 3 de noviembre de 2023];80(4):507–10. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832019000400017](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832019000400017)
21. Villavicencio Gallego S, Hernández Nodarse T, Abrahantes Gallego Y, de la Torre Alfonso Á, Consuegra D. Un acercamiento a los trastornos del sueño en estudiantes de Medicina. Medicentro (Villa CI) [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];24(3):682–90. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1029-30432020000300682&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1029-30432020000300682&script=sci_arttext&tlng=en)
22. Vidal F. USO DE PSICOESTIMULANTES Y CALIDAD DE SUEÑO EN ESTUDIANTES DE MEDICINA HUMANA DE LA UNIVERSIDAD

- RICARDO PALMA, 2021 [Internet]. [Lima, Perú]: Universidad Ricardo Palma; 2023. Disponible en: [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6422/T030\\_71927830\\_T%20%20%20VIDAL%20DOMINGUEZ%20FRANCISCO%20ANDRE E%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6422/T030_71927830_T%20%20%20VIDAL%20DOMINGUEZ%20FRANCISCO%20ANDRE E%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
23. Arrieta-Reales N, Arnedo-Franco G. Sustancias inhibidoras de sueño, hábitos de estudio y rendimiento académico en estudiantes de medicina y enfermería de universidades de la ciudad de Barranquilla, Colombia. *Educ médica* [Internet]. 2020;21(5):306–12. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181318303267>
24. Obregón-Morales B, Montalván-Romero JC, Segama-Fabian E, Dámaso-Mata B, Panduro-Correa V, Arteaga-Livias K. Factores asociados a la depresión en estudiantes de medicina de una universidad peruana. *Educ médica super (Impresa)* [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];34(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412020000200013&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412020000200013&script=sci_arttext&tlng=en)
25. Renzo Aquino-Canchari C, Medina-Quispe CI. COVID-19 y la educación en estudiantes de medicina. *Rev cuba investig bioméd* [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];39(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002020000200010&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002020000200010&script=sci_arttext)
26. Cabrera Mora MN, Alegría Hoyos CA, Villaquiran Hurtado AF, Jácome SJ. Salud Mental, hábitos de sueño y nivel de actividad física en estudiantes de medicina en la educación virtual. *CES Med* [Internet]. 2022 [citado el 3 de noviembre de 2023];36(2):17–35. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-87052022000200017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-87052022000200017&script=sci_arttext)
27. Sucari León A, Terán Dianderas AG, Ticona Arapa HC, Chambi Condori N. Clima familiar y rendimiento académico en estudiantes universitarios durante la

- educación virtual en tiempos de Covid-19. *revistahorizontes* [Internet]. 2021 [citado el 3 de noviembre de 2023];5(20):1060–73. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642021000400112&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642021000400112&script=sci_arttext)
28. Arroyo-Ramirez FA, Rojas-Bolivar D. Internado médico durante la pandemia del COVID-19: la problemática de los practicantes preprofesionales de medicina ante la legislación peruana. *Acta médica peru* [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];37(4):562–4. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-59172020000400562&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-59172020000400562&script=sci_arttext&tlng=pt)
29. Ballart M, González J, Larraín S, Muñoz F. Experiencia del internado de medicina durante la pandemia por Covid-19. *ARS MEDICA*. 2020; 45 (3).
30. Herrera-Añazco P, Toro-Huamanchumo CJ. Educación médica durante la pandemia del COVID -19: iniciativas mundiales para el pregrado, internado y el residentado médico COVID -19: iniciativas mundiales para el pregrado, internado y el residentado médico. *Acta médica peru* [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];37(2):169–75. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-59172020000200169&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1728-59172020000200169&script=sci_arttext&tlng=pt)
31. Castillo-Montes M, Ramírez-Santana M. Experiencia de enseñanza usando metodologías activas, y tecnologías de información y comunicación en estudiantes de medicina del ciclo clínico. *Form Univ* [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];13(3):65–76. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062020000300065&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062020000300065&script=sci_arttext)
32. Matzumura-Kasano JP, Gutiérrez-Crespo HF. Utilización de Telegram y aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la investigación científica en estudiantes de medicina. *An Fac Med (Lima Peru : 1990)* [Internet]. 2022 [citado el 3 de noviembre de 2023];82(4):314–21. Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832021000400314&script=sci\\_arttext&tIng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832021000400314&script=sci_arttext&tIng=pt)

33. Blázquez Tobías PJ, Orcos Palma L, Mainz Salvador J, Sáez Benito D. Propuesta metodológica para la mejora del aprendizaje de los alumnos a través de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en el aprendizaje basado en proyectos. *Psicol Conoc Soc* [Internet]. 2018 [citado el 31 de enero de 2024];8(1):139–66. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-70262018000100139](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-70262018000100139)
34. Hiemenz J, Stratasys I. LA IMPRESION 3D CON FDM: ¿Cómo funciona? [Internet]. Upc.edu. [citado el 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://caminstech.upc.edu/sites/default/files/FDM%20I%20-%20Tecnologia.pdf>
35. Galbiati PIA, del cual se pueden pro- LI 3D es un PPM. Impresión 3D, tecnología y polímeros [Internet]. Com.ar. [citado el 31 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.editores.com.ar/sites/default/files/aa12\\_galbiati\\_impresion\\_3d\\_tecnologia\\_y\\_polimeros.pdf](https://www.editores.com.ar/sites/default/files/aa12_galbiati_impresion_3d_tecnologia_y_polimeros.pdf)
36. Berchon M, de consultoría y comunicación. Ha trabajado A. Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales [Internet]. Editorialgg.com. [citado el 31 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425228544\\_inside.pdf](https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425228544_inside.pdf)
37. Martín Morlanes JL. OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE IMPRESIÓN 3D. [España]: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ; 2020.

38. Talayero C, Ait-Salem O, Hazeu M. IMPRESIÓN 3D REVOLUCIONANDO LA FABRICACIÓN [Internet]. Universidad europea.com. [citado el 2 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://universidadeuropea.com/resources/media/documents/465\\_06\\_SteamUE\\_I MPRESION3D\\_RZ.pdf](https://universidadeuropea.com/resources/media/documents/465_06_SteamUE_I MPRESION3D_RZ.pdf)
39. De Licenciatura en Sistemas y Computación T. Metodologías de desarrollo de software [Internet]. Edu.ar. [citado el 25 de enero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/522/1/metodologias-desarrollo-software.pdf>
40. De VET. -O1a1- Transferencia de Conocimiento Sobre Conceptos Básicos de Impresión 3D a. Profesores. GUIA TÉCNICA DE IMPRESIÓN 3D - RESUMEN - [Internet]. E3dplusvet.eu. [citado el 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.e3dplusvet.eu/wp-content/docs/O1A1-ES-RES.pdf>
41. Avances significativos y expectativas de la manufactura aditiva para 2024 - 3D Printing & Design. [citado el 6 de enero de 2024]; Disponible en: <http://www.3dprintin gdesign.es/es/noticia/avances-significativos-y-expectativas-de-la-manufactura-aditiva-para-2024>
42. Hurtado T, Sanchez M, Weyler Pérez R, Memoria M. Upc.edu. [citado el 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342534/REPORT\\_fitxer%20de%20consulta.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342534/REPORT_fitxer%20de%20consulta.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
43. Suárez-Ibarrola AHMB-M, editor. Impresión 3D y sus beneficios en el campo de la educación médica, entrenamiento y asesoría del paciente. <https://revistas.um.es/edumed>; 2020.

44. Adrián César-Juárez A-C Á, Olivos-Meza A, Landa-Solís C, Cárdenas-Soria H, Suriel P, -Bermúdez S, et al. Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina [Internet]. Medigraphic.com. [citado el 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2018/un186g.pdf>
45. K. S. Valenzuela-Villela, P. E. García-Casillas, C. Chapa-González, editor. Progreso de la Impresión 3D de Dispositivos Médicos [Internet]. Vol. 41. 2020. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmib/v41n1/2395-9126-rmib-41-01-151.pdf>
46. Yang N, Chen H, Han H, Shen Y, Gu S, He Y, et al. 3D printing and coating to fabricate a hollow bullet-shaped implant with porous surface for controlled cytoxan release. Int J Pharm [Internet]. 2018;552(1–2):91–8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517318307014>
47. Evia-Cabral RG, Hermida-Ochoa EH, Benavides-Rodríguez D, Cuevas-Andrade JL, Uribe-Cortés TB, Hermida-Ochoa JC. Tratamiento de deformidad severa de la columna vertebral con modelos de impresión 3D. Acta Ortop Mex [Internet]. 2022;36(1):58–63. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/aom/v36n1/2306-4102-aom-36-01-58.pdf>
48. Alicia M. Proyectos de bioimpresión: órganos y tejidos impresos en 3D [Internet]. 3Dnatives. 2023 [citado el 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/proyectos-bioimpresion-organos-tejidos-impresos-3d>
49. Andrés-Cano P, Calvo-Haro JA, Fillat-Gomà F, Andrés-Cano I, Perez-Mañanes R. Papel del cirujano ortopédico y traumatólogo en la impresión 3D: aplicaciones actuales y aspectos legales para una medicina personalizada. Rev Esp Cir Ortop

Traumatol [Internet]. 2021;65(2):138–51. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888441520301223>

50. Moya D, Gobbato B, Valente S, Roca R. Uso de planificación preoperatoria e impresión 3D en ortopedia y traumatología: ingresando en una nueva era. Acta Ortop Mex [Internet]. 2022 [citado el 26 de enero de 2024];36(1):39–47. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2306-41022022000100039&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2306-41022022000100039&script=sci_arttext)
51. Rivero Belenchón I. Ensayo clínico multicéntrico NCT03738488: modelos anatómicos 3D versus imágenes radiológicas para planificación quirúrgica en pacientes con cáncer de células renales y trombo tumoral vascular. 2023.
52. Docencia [Internet]. Hospital Sant Joan de Déu. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.sjdhospitalbarcelona.org/es/profesionales/docencia>
53. El Hospital Infantil Barcelona SJD adopta la impresión 3D - Caso de Exito [Internet]. Stratasys.com. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.stratasys.com/mx/resources/case-studies/sjd-childrens-hospital-embraces-3d-printing/>
54. Pérez M, Gómez J, Dieguez R. Características clínico-epidemiológicas de la COVID-19 [Internet]. Medigraphic.com. 2020. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revhabciemed/hcm-2020/hcm202e.pdf>
55. Varela J. Vista de Impresión 3D y COVID-19 [Internet]. 222.118. [citado el 1 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://201.159.222.118/openjournal/index.php/uti/article/view/292/439>
56. Pedraja J, Maestre JM, Rabanal JM, Morales C, Aparicio J, del Moral I. Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y

- críticos en la pandemia de COVID-19. Rev Esp Anesthesiol Reanim [Internet]. 2020;67(8):417–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2020.07.011>
57. Unocero.com[Internet]. “Se realiza primer trasplante de mandíbula impresa en 3D”. Consultado el día 24 de mayo de 2018.Disponible en: [www.unocero.com/noticias/ciencia/se-realiza-primer-trasplante-de-mandibula-impresa-en-3d/](http://www.unocero.com/noticias/ciencia/se-realiza-primer-trasplante-de-mandibula-impresa-en-3d/)
58. Pérez-Mañanes R, Calvo-Haro J, Arnal-Burró J, Chana-Rodríguez F, Sanz-Ruiz P, Vaquero-Martín J. Nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hazlo tú mismo. Rev Latinoam Cir Ortop [Internet]. 2016;1(2):47–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rslaot.2016.06.004>
59. Unidad 3D (UPAM3D) [Internet]. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. 2022 [citado el 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.comunidad.madrid/hospital/gregoriomaranon/profesionales/unidades-multidisciplinares/unidad-3d-upam3d>
60. Utilidad y aplicación Del modelado e impresión 3d en fracturas complejas DE acetábulo. Reporte DE Un Caso [Internet]. Docplayer.es. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://docplayer.es/95191192-Utilidad-y-aplicacion-del-modelado-e-impresion-3d-en-fracturas-complejas-de-acetabulo-reporte-de-un-caso.html>
61. Lorea IEA, Uresti AS, Gámez CEB, Barrón REL, Arizpe AFT, Rodríguez MEP, et al. PROYECTO E-NABLE SOBRE EL DESARROLLO DE PRÓTESIS MECÁNICAS POR IMPRESIÓN 3D [Internet]. Inaoep.mx. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: [https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia\\_salud/2015/memorias/pdf\\_c/Eric\\_Alberto\\_Perez\\_Lorea.pdf](https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2015/memorias/pdf_c/Eric_Alberto_Perez_Lorea.pdf)

62. VISTA DE ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE BIOMODELOS CONSTRUIDOS CON TECNOLOGÍA 3D MÉTODO POR ADICIÓN COMPARADOS CON ESTUDIOS TOMOGRÁFICOS [Internet]. Edu.bo. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/odontologia/article/view/1183/1188>
63. FIHGUV - El Hospital General de València pone en marcha una unidad piloto dedicada al procesamiento y creación de modelos anatómicos realistas - Noticia [Internet]. Gva.es. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://fihgu.general-valencia.san.gva.es/-/el-hospital-general-de-valencia-pone-en-marcha-una-unidad-piloto-dedicada-al-procesamiento-y-creacion-de-modelos-anatomicos-realist-1>
64. Marta G. El Hospital Torrecárdenas crea su unidad de impresión 3D [Internet]. 3Dnatives. 2022 [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/hospital-torrecardenas-unidad-impresion-3d-01072022/>
65. El Hospital Universitario Torrecárdenas crea una unidad de Biomodelado e Impresión 3D [Internet]. Juntadeandalucia.es. [citado el 21 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.sspa.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/ayudadigital/novedades/noticia/el-hospital-universitario-torrecardenas-crea-una-unidad-de-biomodelado-e>
66. Moreno M, Natalia L. Anatomía ósea de la cara: implementación de imágenes diagnósticas e impresión 3D como estrategia en el aprendizaje básico y clínico en áreas de la salud. Universidad Nacional de Colombia; 2021.
67. Ayala M. Marco metodológico: cómo redactarlo, estructura, ejemplos [Internet]. Lifeder. 2020 [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/marco-metodologico/>

68. LIDEFER ENFOQUES CUANTITATIVO, CUALITATIVO Y MIXTO [Internet]. Eumed.net. [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo\\_cuantitativo\\_mixto.html](https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo_cuantitativo_mixto.html)
69. Sánchez Flores FA. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. Rev Digit Investig Docencia Univ [Internet]. 2019;101–22. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>
70. Vidal Ledo MJ, Avello Martínez R, Rodríguez Monteagudo MA, Menéndez Bravo JA. Simuladores como medios de enseñanza. Educ médica super (Impresa) [Internet]. 2019 [citado el 4 de noviembre de 2023];33(4). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412019000400008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000400008)
71. Blasnilo Rúa R, Jiménez D, Andrés Gutiérrez A, Villamizar. Impresión 3D como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de Algunos Conceptos de Ingeniería y Diseño [Internet]. Redalyc.org. 2018 [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4988/498858053005/html/>
72. Urbe.edu. [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0102350/cap03.pdf>
73. Hernández R, Fernández C, Baptista M. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN [Internet]. 6 edición. McGraw Hill Education; Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1Fjufmi0oGY4Zs8EajFiAJYNT2qoecH4k/view>
74. Echavarría B. Investigación un camino al conocimiento - Barrantes Echavarría. UNED; 2002.

75. Mata L. Los sujetos de estudio [Internet]. Investigalia. 2021 [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/los-sujetos-de-estudio/>
76. Pimienta R. Encuestas probabilísticas vs no probabilísticas. [Internet]. Redalyc.org. 2000 [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/267/26701313.pdf>
77. Maranto M, González M. Fuentes de información [Internet]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2015 [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
78. Hernández R, Mendoza C. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. McGraw Hill [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf)
79. Miranda Soberón UE, Zully AE. FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA [Internet]. Bvsalud.org. [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>
80. Monge C. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guía didáctica [Internet]. Www.uv.mx. [citado el 4 de noviembre de 2023]. Disponible en:

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

81. Okuda M, Gómez C. Métodos en investigación cualitativa: triangulación. Revista Colombiana de Psiquiatría [Internet]. 2005 [citado el 4 de noviembre de 2023];34(1):118–24. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502005000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000100008)
82. Antoni LR. Impresión 3D y sus aplicaciones en Medicina [Internet]. Edu.ar. [citado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: [https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos\\_digitales/13174/17-ciencia-tecnologia-e-innovacion-lopez-roberto-unt.pdf](https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/13174/17-ciencia-tecnologia-e-innovacion-lopez-roberto-unt.pdf)
83. De Miguel Díaz M. Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo; 2005.
84. Riquelme Pérez M.. Metodología de educación para la salud. Rev Pediatr Aten Primaria [Internet]. 2012 Jun [citado 2024 Mayo 13] ; 14( Suppl 22 ): 77-82. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322012000200011&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322012000200011&lng=es). <https://dx.doi.org/10.4321/S1139-76322012000200011>.
85. Silva-Velasco E, López-Aballe M, Mayedo-Nuñez Y. Metodología para contribuir a la formación clínica de los estudiantes de la carrera de Medicina. Correo Científico Médico [Internet]. 2023 [citado 13 May 2024]; 27 (2) Disponible en: <https://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/4845>

86. Pérez Jarauta MJ, Echauri Ozcoidi M, Ancizu Irure E, Chocarro San Martín J. Manual de Educación para la Salud. Pamplona: Instituto de Salud Pública; 2006. Disponible en: <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/A7EBFCE1-89F0-4406-81A7-7786919A25F7/260756/MANUALdeeducacionparalasalud.pdf>
87. Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada. Acta de la Sesión Nª866-2019, Art. 13; 25 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://ws.mep.go.cr/CONSULTAS/Acuerdos/02-866-13%20UIA.pdf>
88. Li KHC, Kui C, Lee EKM, Ho CS, Wong SH, Wu W, Wong WT, Voll J, Li G, Liu T, Yan B, Chan J, Tse G, Keenan ID. The role of 3D printing in anatomy education and surgical training: A narrative review. *MedEdPublish* (2016). 2017 Jun 6;6:92. doi: 10.15694/mep.2017.000092. PMID: 38406430; PMCID: PMC10885259.
89. Aslan A., Celik Y., “A Literature Review on 3D Printing Technologies In Education” *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 6(3): 592-613, (2022). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2512085>
90. Eddous, S., Lamé, G., Decante, B., Yannou, B., Agathon, A., Aubrège, L., Talon, V., Dacosta-Noble, É. (2023) ‘Current and Potential Applications of 3D Printing in a General Hospital’, in *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED23)*, Bordeaux, France, 24-28 July 2023. DOI:10.1017/pds.2023.112

## **ANEXOS**

- b. En caso afirmativo, ¿ha tenido experiencia previa utilizando modelos impresos en 3D en el ámbito de la medicina?
- 2. Identificación de cursos y áreas temáticas:**
- a. ¿Podría mencionar los cursos específicos que usted dicta en el ámbito de la medicina?
- b. ¿En qué áreas temáticas de estos cursos cree que la implementación de modelos impresos en 3D podría ser funcional o beneficiosa?
- 3. Percepción sobre la utilidad:**
- a. Desde su perspectiva, ¿cree que los modelos impresos en 3D podrían ser útiles en la enseñanza de la medicina?
- b. ¿Puede visualizar algún beneficio específico que estos modelos podrían aportar a la comprensión de los estudiantes en temas médicos?
- 4. Factores limitantes:**
- a. ¿Considera que la falta de conocimientos previos sobre impresión 3D podría ser un obstáculo para su implementación en sus cursos?
- b. ¿Qué aspectos cree que podrían dificultar la integración de la impresión 3D en sus clases de medicina?
- 5. Interés en explorar la tecnología:**
- a. ¿Estaría dispuesto/a aprender más sobre la impresión 3D si se ofreciera capacitación o recursos disponibles?
- b. ¿Considera que la implementación de modelos impresos en 3D podría ser una oportunidad interesante para enriquecer la experiencia de aprendizaje en sus cursos?
- 6. Sugerencias para facilitar la integración:**
- a. ¿Tiene alguna idea o sugerencia simple que pueda hacer que la implementación de la impresión 3D sea más accesible en el contexto de sus clases de medicina?
- b. ¿Existe algún tipo de apoyo o recurso específico que consideraría fundamental para iniciar la integración de la impresión 3D en la enseñanza médica?

#### **Anexo 4. Instrumento subdirección de Carrera de Medicina y Cirugía**

1. ¿Podría detallar las metodologías de enseñanza empleadas en la carrera de Medicina y Cirugía a lo largo de todo el plan de estudios?
2. ¿Cómo se evalúan estas metodologías para cada área del programa?
3. ¿Cuáles son las fortalezas y limitaciones de las metodologías de enseñanza actuales?  
¿Hay áreas donde los estudiantes muestran una comprensión excepcionalmente alta o baja que podrían ser atribuidas a las técnicas de enseñanza empleadas?
4. Analizando todas las metodologías implementadas en la carrera, ¿cuáles identifica que podrían beneficiarse inmediatamente de la incorporación de la impresión 3D?  
¿Qué características de estas metodologías hacen que sean compatibles con esta tecnología?

5. ¿Qué tecnologías se han integrado previamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje? ¿Cómo fue el proceso de integración y cuál fue la respuesta tanto de estudiantes como de docentes?
6. Según su experiencia, ¿qué aspectos de la enseñanza actual podrían mejorarse mediante nuevas herramientas o metodologías, como la impresión 3D? ¿Hay desafíos específicos que estas nuevas tecnologías podrían ayudar a superar?
7. ¿Qué *feedback* han recibido de los estudiantes sobre las metodologías de enseñanza actuales?
8. ¿Hay alguna sugerencia recurrente sobre cómo mejorar la experiencia de aprendizaje que podría vincularse con la impresión 3D?