

## **Trabajo Final de Grado**

**Estudio:** Grado en Ingeniería Biomédica

**Título:** Análisis de diferentes métodos para segmentar estructuras anatómicas de tejido blando y su posterior impresión mediante fabricación aditiva.

**Documento:** Resumen

**Alumne:** Aaron Peñas Cruz

**Tutor:** Inés Ferrer Real

**Departamento:** Ingeniería Mecánica y de la Construcción Industrial

**Área:** Ingeniería de los Procesos de Fabricación

**Convocatoria (mes/año):** Junio 2023

Este trabajo forma parte de un proyecto más amplio dirigido por el Grupo de Investigación de Producto, Proceso y Producción de Girona (GREP). Se cuenta con la colaboración del Dr. Gironès Vila, reputado cirujano en el Hospital Trueta, investigador del Instituto de Investigación Biomédica de Girona (IDIBGI) y docente en la Universidad de Girona. Para la resolución de este trabajo, se han utilizado imágenes adquiridas mediante una Tomografía Axial Computarizada correspondientes a dos pacientes distintos. Los dos casos clínicos fueron presentados y contextualizados clínicamente, indicando que ambos presentaban una patología tiroidea. Concretamente, un hiperdesarrollo de los lóbulos de la glándula tiroidea. Una situación clínica de riesgo, dadas las funciones de regulación metabólica y las relaciones anatómicas que guarda dicha glándula con estructuras vitales. Por ello, en estos casos suele ser necesaria una intervención quirúrgica, que en ocasiones suele resultar un reto debido a la irrigación de arterias y venas tiroideas por la parte anterior y la presencia de tráquea y esófago de forma posterior.

Con tal de aportar la mayor cantidad de información posible al personal médico encargado de planificar la cirugía, se presenta la posibilidad de proporcionar estructuras anatómicas tridimensionales generadas a partir de estos casos clínicos específicos. Los modelos se obtienen a partir de un proceso de segmentación preciso de la anatomía de interés. La segmentación consiste en llevar a cabo una identificación manual de dichas estructuras a lo largo de cada una de las imágenes bidimensionales obtenidas mediante la tomografía computarizada. Antes de comenzar con esta etapa, se decide de forma consensuada con el Dr. Gironès centrar los esfuerzos en las siguientes estructuras: arterias y venas principales, tráquea, esófago, cartílago tiroidea, glándula tiroidea, hueso hioides y epiglotis. Una vez establecido el punto de partida, se lleva a cabo un estudio de cada una de las entidades anatómicas mencionadas. Simultáneamente, se intentan extrapolar los conceptos adquiridos a su correspondiente representación en las imágenes. Para la segmentación manual se cuenta con dos software distintos: ITK-Snap y 3D Slicer. Uno de los objetivos secundarios de este trabajo se basa en realizar un análisis comparativo de los modelos generados digitalmente con cada uno de los programas, aportando la información necesaria para determinar cual de los dos cumple de una forma más eficiente esta tarea. En esta fase de identificación de las estructuras,

el Dr. Gironès se encargó de validar los resultados. Se han de mencionar un factor que incrementó la dificultad a la hora de interpretar las imágenes: la densidad de los tejidos. La región del cuello es una zona anatómica complicada a la hora de segmentar debido a la gran cantidad de estructuras compuestas de tejidos con valores de densidad similares entre ellos. Por eso se decide desarrollar un proceso de identificación metódico, en el que se remarcan los perímetros de las entidades anatómicas en cuestión. Las funcionalidades integradas en ambos programas eran muy similares, pero existían variaciones que obstaculizaban el uso de técnicas y procedimientos adquiridos de un software al otro. Después de obtener los modelos digitales de los dos casos clínicos, se realizaron diferentes análisis comparativos de dos estructuras anatómicas: el hueso hioides y la glándula tiroides. Para garantizar que los resultados obtenidos reflejasen de forma precisa y profesional las diferencias entre los modelos, se determinó que la mejor opción era utilizar Geomagic Control X, un software profesional especializado en metrología.

Previamente a la impresión de los conjuntos, se valoró positivamente imprimir un modelo anatómico concreto, que permitiera obtener datos sobre la precisión y la calidad del proceso y de la eficacia de la impresora empleada. Para llevar a cabo esta comparación inicial, lo más eficiente era seleccionar una estructura de escasa dimensiones que no requiriera de muchos recursos de impresión: el hueso hioides. Para ello se aplicó la tecnología de impresión conocida como modelado por depósito de material fundido (FDM), consistente en depositar un filamento termoplástico fundido, acumulado en sucesivas capas hasta obtener el modelo deseado. Se ha optado por este método de impresión por su eficiencia y bajo coste. Se usan dos tipos de material distintos, el ácido poliláctico (PLA) y el ácido polivinílico (PVA). El primero es aplicado en la construcción de la estructura del hueso, mientras que el segundo va destinado a la generación de los soportes. Tanto el PLA como el PVA son polímeros de origen sostenible, no generan residuos tóxicos y no son perjudiciales para el medio ambiente. En lo que respecta al PVA, es importante destacar que se escoge como material de soporte principalmente debido a su solubilidad en agua. El uso de dos materiales requiere de dos extrusores, dos boquillas que se encargan de depositar el material en la plataforma de

impresión. Para satisfacer este requisito, se utiliza la impresora Sigma R19 que dispone de doble extrusor.

Una vez impreso este primer modelo físico, se lleva a cabo el proceso de escaneo. A nivel de hardware y software se usó el equipamiento EinScan-Pro. Se realizó un posprocesado mediante el software Geomagic Essential para cubrir las zonas que no había logrado captarse de manera adecuada. A continuación, se lleva a cabo un análisis comparativo entre el modelo escaneado y el modelo original. Los resultados y los parámetros utilizados se indican en los anexos de la memoria, donde se recogen tanto histograma como una tabla de valores estadísticos. Los resultados mostraron que la calidad de la impresión lograba cumplir ampliamente con la tolerancia esperada.

Una vez constatada la eficacia de la impresora Sigma R19, la siguiente fase consistía en efectuar la impresión de los conjuntos anatómicos al completo. Debido a una cuestión de tiempo y a la gran complejidad de las estructuras, no ha sido posible incluir en este trabajo la impresión final de los casos clínicos. Sin embargo, se espera que tanto las pruebas de impresión como los análisis comparativos sirvan para ayudar en el proyecto de GREP. A nivel general, se consideran superados la gran mayoría de los objetivos incluidos en la propuesta inicial.