



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Anteproyecto para Trabajo Fin de Grado

*Desarrollo de un framework para la adquisición de vídeo de un
simulador de cirugía laparoscópica y el control de los mandos del
mismo mediante un brazo robótico*

*Development of a framework for video acquisition and instrument control from a
laparoscopic surgery simulator with a robotic arm*

Autor: Juan María Herrera López
DNI: 26514220G

Tutora: Dra. Isabel García Morales
Departamento: Ingeniería de Sistemas y Automática

Co-tutor: —
Departamento: —

March 13, 2022

Índice

1	Antecedentes	2
2	Objetivos	3
3	Metodología y fases de trabajo	3
4	Entregables	4
5	Recursos necesarios	5

1 Antecedentes

La cirugía laparoscópica se trata de un tipo de cirugía mínimamente invasiva, desarrollada por la necesidad de procedimientos que minimizaran las heridas causadas por las aperturas más grandes, utilizadas en la cirugía convencional. En la cirugía laparoscópica las intervenciones se realizan introduciendo instrumentos tubulares especiales y una cámara endoscópica por pequeñas incisiones en el abdomen del paciente, previamente insuflado con dióxido de carbono para poder crear un espacio de trabajo. Es precisamente gracias al desarrollo de los dispositivos de insuflación y de la miniaturización de las cámaras que se ha podido desarrollar la cirugía laparoscópica [2].

Este tipo de cirugía cuenta con las ventajas de, al realizarse la intervención a través de incisiones más pequeñas que en la cirugía convencional, presentar postoperatorios con menos dolor para el paciente, y de duración más corta, además de suponer una mejora estética con cicatrices de menor envergadura. Sin embargo presenta también algunas desventajas. Por ejemplo, la cirugía laparoscópica requiere de una curva de aprendizaje bastante pronunciada, motivo por el cual se han desarrollado dispositivos para el entrenamiento mediante la simulación [2], como el simulador Laparoscopy VR, de CAE Healthcare. Además, también cuenta con otras desventajas para el cirujano como la pérdida de visión 3D, ya que la imagen de la cámara normalmente se proyecta en una pantalla, la falta de ergonomía durante la intervención, o la reducción de la libertad de movimientos del instrumental. Esto resulta en una mayor fatiga para el cirujano durante las operaciones, lo que puede reducir su rendimiento y precisión [4].

Para lidiar con estos problemas hace ya tiempo que se desarrollan sistemas robóticos para ayudar en intervenciones de cirugía mínimamente invasiva. El más conocido de ellos es el sistema Da Vinci. Este se trata de un sistema para operaciones de cirugía laparoscópica general que cuenta con cuatro brazos robóticos, tres de los cuales se utilizan para manejar instrumental, siendo utilizado el cuarto para manejar una cámara. El sistema es controlado por un cirujano mediante una consola que le permite la visualización en 3D de la intervención y el manejo del instrumental mediante dos dispositivos hápticos. Este sistema aporta ventajas como un aumento en la precisión, ya que es posible aplicar un escalado a los movimientos del cirujano, y también es capaz de eliminar los temblores mediante filtrado.

A pesar de todas las ventajas que presenta, el sistema Da Vinci está pensado para la teleoperación. Sin embargo, de un tiempo a esta parte, la robótica quirúrgica está dando el paso de la teleoperación a la robótica colaborativa, donde los robots comparten espacio de trabajo con los cirujanos y sus asistentes en el quirófano, en un escenario de proximidad, a veces sustituyendo a estos últimos, permitiendo ahorrar costes de personal [1]. Por ejemplo, hace tiempo que se viene planteando la sustitución de los operadores de cámara en cirugía laparoscópica por sistemas de brazos robóticos, aunque muchas veces estos sistemas son teleoperados o muy rígidamente programados, y por lo tanto faltos de autonomía. Sin embargo, ya en 2014 había comenzado la investigación en cómo dotar de mayor autonomía a los sistemas robóticos de control de cámara en cirugía laparoscópica [3].

Discutidos estos antecedentes, se pone de manifiesto el interés que hay en la integración de los sistemas robóticos de manejo de instrumental en cirugía laparoscópica con simuladores como el ya comentado Laparoscopy VR. Un setup que combinara estos dos elementos presentaría varias utilidades. Por ejemplo, las imágenes mostradas por el simulador, que presentan un alto grado de realismo, podrían utilizarse para entrenar algoritmos de aprendizaje automático que dotaran de mayor inteligencia y autonomía un sistema de control de robots para este tipo de cirugía. Además, por la integración de un robot en el setup, se podría utilizar como banco de pruebas para estos algoritmos, validando el trabajo de otros proyectos. Es por tanto esta idea la que se pretende desarrollar en este TFG.

2 Objetivos

En líneas generales, el objetivo principal de este TFG es el de diseñar e implantar un framework que permita utilizar el simulador de cirugía laparoscópica Laparoscopy VR, presente en el laboratorio de Robótica Médica del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, manejando los mandos de los instrumentos (en principio el de la cámara) mediante un brazo robótico WAM, de la marca Barrett, también presente en dicho laboratorio. Para desarrollar este framework se propone el desarrollo de los siguientes subsistemas:

- Subsistema de interfaz para la extracción de vídeo del simulador de laparoscopia, que permitirá el posterior tratamiento de las imágenes extraídas.
- Subsistema del brazo robótico WAM para el control del mando de la cámara del simulador de laparoscopia. Para acoplar el robot al mando se diseñará y fabricará una pieza mediante impresión 3D.
- Subsistema integrador, que podrá trabajar con las imágenes extraídas del simulador, y también podrá enviar al robot comandos de movimiento, cerrando el bucle de control. Se propone su desarrollo mediante MATLAB.

Como se puede ver en el diagrama de bloques de la figura 1, la arquitectura propuesta para el framework a desarrollar en este TFG quedaría abierta a la interconexión con otros subsistemas a través del subsistema integrador de MATLAB. También se integrará el uso de ROS donde sea posible para intentar lograr un alto nivel de estandarización que permita utilizar el framework en otros proyectos del grupo de investigación, mediante un desarrollo de componentes modular e incremental.

3 Metodología y fases de trabajo

El trabajo a desarrollar en este TFG se compondrá de los siguientes pasos:

1. Desarrollo e implantación del sistema de adquisición de vídeo del simulador. Se desarrollará este subsistema tanto como un nodo de ROS como en MATLAB.

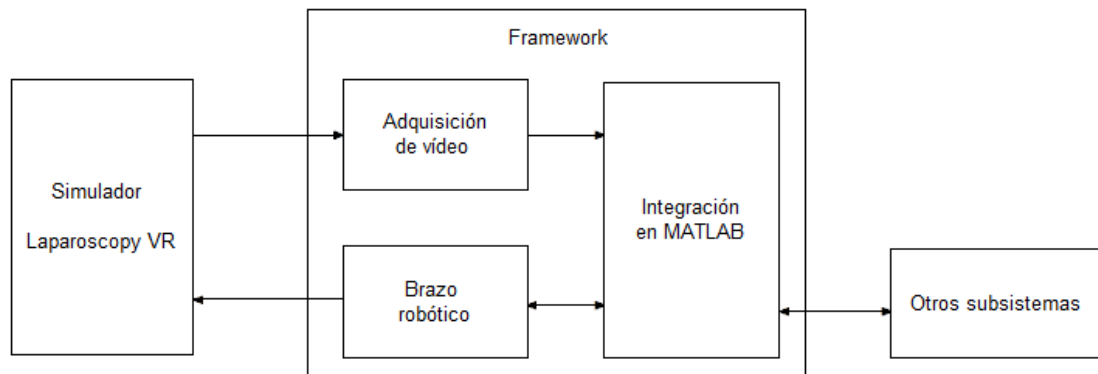


Figura 1: Diagrama de bloques de la arquitectura del framework planteado.

2. Estudio de la ubicación óptima del brazo robótico respecto al simulador de laparoscopia. Se tendrán en cuenta los espacios de trabajo del brazo y de la cámara, así como la no colisión del brazo con ningún elemento y no oclusión de la pantalla del simulador.
3. Construcción del setup físico.
4. Diseño y fabricación de una pieza mediante impresión 3D para el acople del robot al mando de la cámara del simulador.
5. Estudio de trabajos previos en el laboratorio con el brazo robótico WAM de Barrett para agilizar la implantación del mismo.
6. Puesta en marcha del software del PC interno del robot y configuración de la red de trabajo.
7. Diseño y desarrollo de una interfaz software para comandar movimientos al robot.
8. Prueba de funcionamiento mediante la ejecución de un ejemplo.
9. Documentación de la memoria del TFG.

4 Entregables

A continuación se listan los entregables resultantes del desarrollo del TFG planteado.

- Repositorio de GitHub con la historia de desarrollo de todo el proyecto
- Programas desarrollados necesarios para el funcionamiento del framework
- Montaje del setup físico del framework completo
- PDF explicativo con la memoria del TFG

5 Recursos necesarios

Para el desarrollo del TFG se precisará de los recursos que se listan a continuación.

- Ordenador Personal con el siguiente software:
 - Sistema Operativo Ubuntu 18.04
 - ROS Melodic
 - MATLAB 2021b
 - Simulador CoppeliaSim
 - Fusion 360 ó SOLIDWORKS
- Impresora 3D y filamento
- Divisor HDMI
- Capturadora de vídeo
- Simulador de laparoscopia Laparoscopy VR, de CAE Healthcare
- Brazo robótico WAM, de Barrett
- Material para el pedestal del brazo robótico

Referencias

- [1] Florian Beuss, Frederik Schmatz, Marten Stepputat, Fabian Nokodian, Wilko Fluegge, and Bernhard Frerich. Cobots in maxillofacial surgery - Challenges for workplace design and the human-machine-interface. *Procedia CIRP*, 100:488–493, 2021.
- [2] B. Jaffray. Minimally invasive surgery. *Arch Dis Child*, 90:537–542, 2005.
- [3] Abhilash Pandya, Luke A Reisner, Brady King, Nathan Lucas, Anthony Composto, Michael Klein, and Richard Darin Ellis. A Review of Camera Viewpoint Automation in Robotic and Laparoscopic Surgery. *Robotics*, 3:310–329, 2014.
- [4] Francisco Julián Pérez-Duarte, Francisco Miguel Sánchez-Margallo, Idoia Díaz-Güemes Martín-Portugués, Miguel ángel Sánchez-Hurtado, Marcos Lucas-Hernández, and Jesús Usón Gargallo. Ergonomía en cirugía laparoscópica y su importancia en la formación quirúrgica. *Cirugia Espanola*, 90(5):284–291, 5 2012.