
Prototipo de robot controlado vía web para la docencia en cirugía

Web-controlled robot prototype for teaching in surgery

Raúl Villaseca Carrasco

<https://orcid.org/0000-0002-7997-3010>

rvillasecac@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

RECIBIDO: 22/06/2021 - ACEPTADO: 27/07/2021 - PUBLICADO: 28/12/2021

RESUMEN

Un sistema de televigilancia doméstico fue modificado para desarrollar un modelo de utilidad, que permite realizar simulaciones de asistencia telerrobótica en cirugía; mostramos la evolución conceptual y las pruebas realizadas con cirujanos ubicados en otros países así como los resultados obtenidos. Se utilizó material de acceso público tanto en software como hardware. Se comprobó que el tiempo de latencia no fue una limitante para la operación del robot, que es fácil de manipular y que para lograr un mejor desempeño se requiere que el robot tenga un mayor número de grados de libertad.

Palabras clave: Telerrobótica; cirugía robótica; educación universitaria.

ABSTRACT

A domestic televigilance system was modified to develop a utility model, which allows simulations of telerobotic assistance in surgery; We show the conceptual evolution and the tests carried out with surgeons located in other countries as well as the results obtained. Public access material was used in both software and hardware. It was found that the latency time was not a limitation for the operation of the robot, that it is easy to manipulate and that to achieve a better performance it is required that the robot have a greater number of degrees of freedom.

Keywords: Telerobotic; robotic surgery; university education.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a la atención quirúrgica no es considerado un problema de salud (Lubis, 2021), sin embargo en los países en vías de desarrollo el acceso para atención quirúrgica es un problema crónico. Adicionalmente, la dependencia tecnológica en la práctica quirúrgica es un problema que se incrementa debido al poco interés que tenemos médicos e investigadores en áreas tecnológicas.

Adicionalmente a lo antes mencionado, la enseñanza de la cirugía ha variado mucho en los últimos años, en antaño se consideraba de vital importancia el conocimiento de los fundamentos teóricos (Wilkie, 1937) y nadie dudaba que las habilidades motoras eran el pilar para realizar un buen procedimiento quirúrgico.

Sin embargo, desde que se produjo la revolución en la cirugía con la introducción en los años noventa de la técnica denominada “laparoscópica”. Los docentes tuvimos primero que aprender nuevamente y luego replantear los métodos de enseñanza. El nuevo contexto exige disponer de equipos e instrumentos muy costosos. El ingenio siempre será nuestro mejor aliado y empezamos fabricando “simuladores caseros” (Merino, 2011) para que nuestros estudiantes puedan comprender, cómo se introduce una videocámara y como se realiza este tipo de cirugía.

Ya desde el año 1988 (Wolkomir, 1988) respecto a la telecirugía se decía “las técnicas también podrían permitir la telecirugía en un submarino o estación espacial, o permitir que un cirujano opere en un país del Tercer Mundo sin el gasto y el tiempo de viajar allí” (Hodgkinson, 1993), afirmación que no ha llegado a ser verdad por diversos motivos, entre ellos los más difíciles de superar son los de tipo legal, y económico.

En el Perú, la situación es precaria, no contamos con ningún sistema robótico, por lo que la enseñanza en pregrado y a especialistas es a base de videos y relatos anecdóticos. Hoy nosotros presentamos un simulador básico que permite que los alumnos de pregrado y postgrado puedan realizar una práctica real de procedimiento quirúrgico y comprender los principios y limitaciones de la tecnología actual en cirugía robótica y telerrobótica.

II. OBJETIVOS

Desarrollar un simulador robótico, de bajo costo, que permita a un estudiante de medicina de pregrado o postgrado realizar una práctica simulada

de cirugía telerrobótica y comprender los principios tecnológicos que sustentan esta técnica quirúrgica.

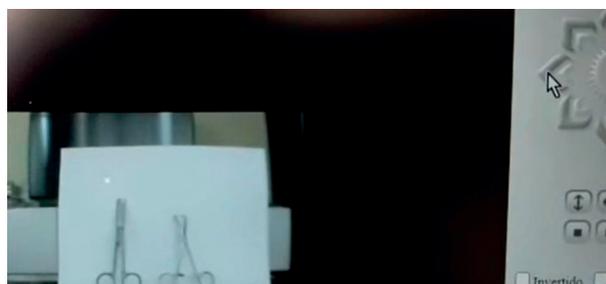
III. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la ciudad de Lima Perú durante el año 2020. se trabajó en varias etapas las que permitieron la evolución a un modelo de utilidad, convirtiendo una cámara de vigilancia en un sistema robótico teleoperado (cámara de vigilancia casera con acceso remoto vía web), también se requirió de una caja de cartón para montar el equipo, un simulador de hook laparoscópico fabricado con alambre, una pinza descartable de cirugía laparoscópica, una lámpara de 500 lúmenes (led 10 Watts) para dar suficiente luminosidad, una conexión a internet, una impresora 3d para el desarrollo de los accionadores y un circuito de interruptor que se adiciona al final para poder abrir y cerrar el efector de la pinza laparoscópica.

Primera etapa: Se pegó sobre la cámara de vigilancia un puntero láser, el que serviría para que el alumno (ubicación remota al robot y ante una pregunta del profesor) pudiera responder manipulando el robot a distancia. En nuestro caso mostramos dos instrumentos de cirugía convencional (una tijera de Mayo Recta y una Pinza de campo o Backhaus) y se le pedía al alumno que identifique y señale con el puntero láser el instrumento quirúrgico. En la figura 1, se muestra la roseta que acciona el control del robot que desplaza el puntero, y sobre la tijera se puede observar la posición del puntero láser, resaltado en la vista fotográfica con un círculo rojo.

Figura 1

En la imagen se muestra el punto de vista del alumno. Al centro dos instrumentos quirúrgicos, en el cuadrante superior derecho una roseta y la flecha del cursor; con eso el alumno dirige el láser hacia uno de los instrumentos, que el profesor le ha pedido identificar.



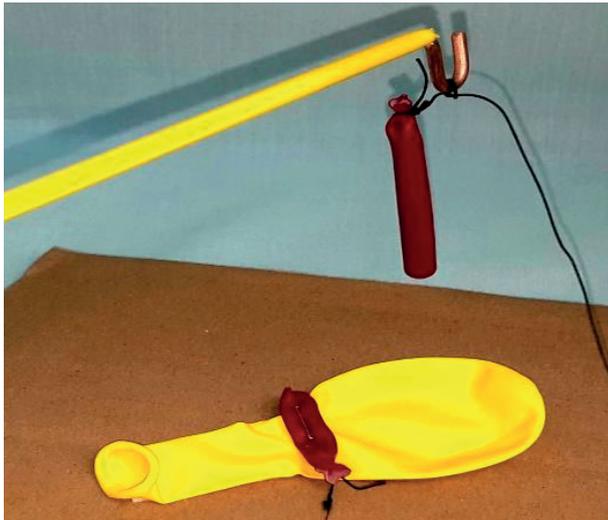
Fuente: Dr. Raúl Villaseca

Segunda etapa, consistió en adicionar un actuador mecánico, la video cámara tiene dos grados de libertad (movimiento en el plano horizontal y en el plano vertical) se montó una simulación de una

“apendilap” (apendicectomía laparoscópica) utilizando globos comerciales de diferentes colores y el alumno en “forma remota” (lejos del robot) manipulaba el Hook ayudando a colocar los endoloops y el profesor en “forma local” (cerca del robot) realizaba el resto de los procedimientos, ver figura 2.

Figura 2

El alumno usando telerrobótica sostiene la pieza operatoria al finalizar la intervención quirúrgica, el globo amarillo representa la unión íleo-cecal y el globo rojo el apéndice cecal.



Fuente: Dr. Raúl Villaseca.

Las pruebas con este segundo prototipo evidenciaron que, se requería implementar un grado más de libertad (grado de libertad en robótica son los ejes de movimiento del brazo, los robots comerciales tienen al menos seis grados de libertad).

Figura 3

Actuador que convierte el movimiento circular del servomotor en un movimiento lineal que abre y cierra una pinza laparoscópica.



Fuente: Dr. Raúl Villaseca.

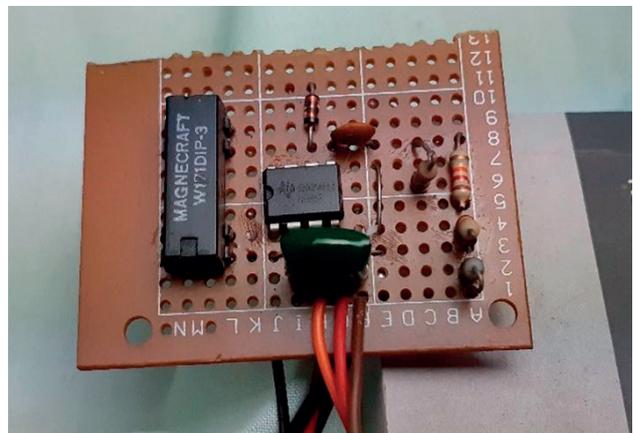
Seguidamente, con la ayuda de una impresora 3D se desarrolló el mecanismo (actuador lineal) para poder reemplazar el gancho de alambre y colocar como brazo una pinza de uso habitual en cirugía laparoscópica (Maryland) modificada, que permitiera al abrir y cerrar sus mandíbulas, tomar y soltar objetos, dicho aditamento lo mostramos en la figura 3.

Debido a que la cámara de vigilancia contaba con un interruptor, tipo rele, que se utiliza para activar una sirena, nosotros lo mejoramos diseñando un sistema de doble interruptor electrónico y con eso logramos controlar en forma remota la acción de apertura y cierre de la pinza laparoscópica. Figura 4.

Implementado el equipo y valiéndonos de la licencia del software adquirida, se procedió a invitar a un grupo de participantes entre médicos y estudiantes de medicina a quienes se les instruyó previamente para la el ingreso a la plataforma web y la manipulación del telerrobot. Con el objeto de comprobar si el tiempo de latencia (retraso en la comunicación) afectaba nuestro modelo experimental, invitamos a un profesional de la salud ubicado en la ciudad de Rio de Janeiro (Brasil) teniendo con nuestra ubicación una separación física de 3,695 kilómetros, al igual a un médico ubicado en la ciudad de Ushuaia, Tierra del Fuego (Argentina) a 4,800 kilómetros aproximadamente y pudimos comprobar que en ambos casos el tiempo de respuesta del actuador era inferior a un segundo, lo que no afectaba el rendimiento del equipo.

Figura 4

Tarjeta que permite la apertura y cierre de la pinza, accionada por el relé que trae la cámara.



Fuente: Dr. Raúl Villaseca

IV. RESULTADOS

Logramos implementar un sistema de bajo costo que permite la interacción remota (alumno-profesor) y demostramos que es posible implementarlo utilizando una cámara de vigilancia casera a la cual realizamos algunas modificaciones. Se ha comprobado que los usuarios no tienen dificultad para el manejo pues solo requieren tener acceso a una computadora o teléfono móvil con acceso a internet.

También pudimos comprobar que la distancia no afecta significativamente el tiempo de respuesta del robot. El uso de una plataforma web nos ha permitido que cualquier participante que cuente con acceso al sistema ubicado en Latinoamérica puede acceder a una sesión de docencia sin necesidad de contar con equipos (joystick o controles) adicionales.

Los participantes fueron contactados vía telefónica antes, durante y después de su experiencia con el sistema robótico, en la tabla número uno (1) mostramos las características y respuesta a la experiencia.

El contacto telefónico tuvo como objeto poder calcular subjetivamente el tiempo de latencia, que es el tiempo demora el efector en ejecutar una acción impartida por el operador remoto, si bien este tiempo no se evaluó en forma rigurosa (Muñoz_mj., 2021) nos llamó la atención que cuando se sometió al sistema a la evaluación por un grupo de alumnos, el tiempo de latencia era detectable, esto puede deberse al tipo de conexión y al número de puntos que tiene que viajar los paquetes por la red antes de llegar al robot, recordemos que el servidor que utilizamos no era dedicado y no estaba localizado en el Perú y además se utilizó una red doméstica. Otra de las utilidades que nos permitió el contacto telefónico es obtener una "impresión" del proyecto mostrado y los aportes que podrían hacernos.

Dentro de los aportes que recibimos, fueron de estímulo para seguir desarrollando y completar el proyecto con un robot quirúrgico completo, debemos

decir que no evaluamos las respuestas que fueron muy efusivas.

Un video del equipo durante una de las pruebas está disponible en <https://youtu.be/IIztBzeYfuQ> en este enlace se puede ver con mejor detalle lo que hemos descrito.

V. DISCUSIÓN

La enseñanza de cirugía es considerada por muchos un arte (Gutiérrez-Banda, 2010), hemos tenido la oportunidad de vivir dos revoluciones, la informática y la quirúrgica. La revolución informática cambió el mundo (gmm_20_156_4, 2021) y la revolución quirúrgica que surgió con el uso generalizado de la laparoscopia cambió la forma de tratar muchas patologías quirúrgicas (ENDOSURGERY, 2021), la cirugía robótica ha tenido pobre penetración en el Perú, de hecho, hasta la fecha no hay disponible ningún robot quirúrgico en nuestro país (Cornejo-Aguilar, 2020).

Como ha sido común durante los últimos años, las noticias viajan más rápido que la tecnología y los docentes debemos informar a nuestros alumnos de las herramientas y procedimientos terapéuticos de otras latitudes, esto nos obliga a tener que abordar problema que no son el núcleo de la docencia en cirugía pero que deben tenerse en consideración, como la denominada y añorada dependencia tecnológica. Los tratados internacionales y las políticas gubernamentales, pueden resultar confusas, por darles un nombre, y muchos países continúan buscando la autonomía tecnológica (The Security Environment, 2021), el vencimiento de patentes puede ser una oportunidad para aplicar esa tecnología (TE 86 Patentes, 2021), debemos saber que para fines docentes las patentes tienden a ser un poco elásticas.

Una de las dificultades que hemos tenido es en la confección del efector que se acoplan a la pinza Maryland, pues pese a tener experiencia moderada en el trabajo con impresoras 3D, el desarrollo de modelos específicos resulta muy difícil, este problema

Tabla 1

Participante	Número	Distancia al robot	Experiencia	Tiempo de latencia
Alumnos	11	Local	Buena	Detectable
Médicos	6	Nacional	Buena	No detectable
	2	Internacional	Buena	No detectable
Total	19			

Local= distancia < 50 Km. Nacional =distancia > a 800 Km y < 1000 Km. Internacional= País diferente a Perú.

Fuente: Dr. Raúl Villaseca.

lo pudimos superar pues encontramos un efector para imprimir en uno de los muchos repositorios gratuitos que hay en Internet, por lo que recomendamos formar equipos multidisciplinarios para desarrollar proyectos como el presentado.

Si bien, el robot telemanipulado cumplió con los objetivos planteados, estuvo limitado al desarrollo que los fabricantes originales le dieron al equipo (cámara de vigilancia), es decir a nivel de hardware solo se contaba con dos motores que pivotaban sobre un mismo eje, la cámara no tiene un sistema de zoom óptico y solo se contaba con un interruptor, todo lo mencionado se puede implementar sin costo alguno y sin temor a infringir alguna patente.

Nuestros resultados son replicables en cualquier país en vías de desarrollo y en cualquier universidad con un nivel medio, de hecho, en el Perú y otros lugares hay varias publicaciones sobre sistemas de video vigilancia que son la base para un proyecto como el detallado (Arapa, 2021) (Diseño de un sistema, 2013).

Debemos expresar que la calificación que dieron los participantes está sesgada pues los participantes fueron amigos o alumnos lo que puede sesgar su opinión.

VI. CONCLUSIONES

Se pudo construir un modelo de utilidad utilizando materiales e insumos de fácil acceso, con el robot básico construido se pudo simular un proceso de intervención quirúrgica con asistencia remota. El modelo puede ser replicado en cualquier país y sería de utilidad para la docencia pues solo se requiere que los participantes tengan acceso a internet. Esperamos que la presente publicación sea un estímulo a los lectores para investigaciones y aplicaciones en esta línea de desarrollo.

VII. AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Nicolás Villaseca Carrasco, por su ayuda con la confección de los circuitos de interruptores, a los médicos: Sergio Villaseca Robertson, Harold Columbus, Alberto Granizo, Jorge Moscol, Daniela Ramos, María Goñez, José De Vinatea, Francisco Castro, Alberto Rodriguez y a los alumnos del curso de Técnica Quirúrgica de la facultad de medicina de la UNMS por su ayuda en las pruebas locales y remotas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Lubis, M. N. Cherian, C. Venkatraman, y F. E. Nwariaku, «Global community perception of 'surgical care' as a public health issue: a cross sectional survey», *BMC Public Health*, vol. 21, n.º 1, p. 958, may 2021, doi: 10.1186/s12889-021-10936-0.
- [2] D. Wilkie, «Education in Surgery for General Practice», *Br Med J*, vol. 2, n.º 4000, pp. 439-442, sep. 1937, doi: 10.1136/bmj.2.4000.439.
- [3] R. R. A. Merino y L. E. G. Valencia, «Construcción de un simulador laparoscópico para la adquisición de habilidades en residentes de especialidades quirúrgicas en el Hospital Ángeles Pedregal», n.º 4, p. 4, 2011.
- [4] «R. Wolkomir, "Long-Distance Operators," Omni, pp. 28, 1988. Available: <https://www.proquest.com/magazines/long-distance->».
- [5] «N. Hodgkinson, "Showing in a theatre near you: Robodoc;Innovation," The Times, 1993. Available: <https://www.proquest.com>».
- [6] «Muñoz_mj.pdf». Accedido: jun. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3107/Mu%C3%B1oz_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [7] C. Gutiérrez-Banda *et al.*, «El arte e importancia de la enseñanza en cirugía laparoscópica», . pp, p. 5.
- [8] «gmm_20_156_4.pdf». Accedido: jun. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: https://gacetamedicademexico.com/portadas/gmm_20_156_4.pdf#page=10
- [9] «ENDOSURGERY ::» <https://revista.seclaendosurgery.com/secla/seclan15/tecno.htm> (accedido jun. 21, 2021).
- [10] J. A. Cornejo-Aguilar, J. Cornejo, M. Vargas, y R. Sebastian, «La revolución de la cirugía robótica en latino américa y la futura implementación en el sistema de salud del Perú», *Rev. Fac. Med. Humana*, vol. 19, n.º 1, feb. 2020, [En línea]. Disponible en: <http://inicib.urp.edu.pe/rfmh/vol19/iss1/16>
- [11] «The Security Environment and China's Strategy for Technological Advancement: Between Technological Dependence and Technological Autonomy by Qixuan Huang, Jim Huangnan Shen :: SSRN». https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3531799 (accedido jun. 21, 2021).
- [12] «TE 86 Patentes en el T_MEC.pdf». Accedido: jun. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/5095/TE%20>

86%20Patentes%20en%20el%20T_MEC.
pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [13] «Arapa_Arapa_Guido_Edwin_Condori_Sucapuca_Gil_Agustin.pdf». Accedido: jun. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1788/Arapa_Arapa_Guido_Edwin_Condori_Sucapuca_Gil_Agustin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [14] «“Diseño de un sistema de televigilancia sobre IP para el edificio CRAI de la Escuela Politécnica Superior de Gandia”», p. 53, 2013.

Fuentes de financiamiento:

Propia.

Conflictos de interés:

El autor declara no tener conflicto de interés.