



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en

ENFERMERÍA

Trabajo Fin de Grado

TÍTULO:

**EL SISTEMA DA VINCI: TECNOLOGÍA Y CIRUGÍA
ASISTIDA POR ROBOT (CAR)**

Presentado por: Paula Melgar Barcelona

Tutor/es: Luisa Fernanda Tamayo Orjuela

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a mi tutora, Luisa Tamayo, por su apoyo y dedicación durante la elaboración de este trabajo. Sus comentarios y sugerencias han sido fundamentales para mejorarlo y llevarlo a cabo de forma minuciosa.

También quiero agradecer al equipo docente del Grado de Enfermería por fomentar mi interés y formación en este campo.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

Símbolos, Siglas y Abreviaturas	1
Resumen	3
Abstract	4
Índice de figuras y tablas	5
1. Introducción	6
1.1. Robot y cirugía: innovación y tecnología	8
1.1.1. Concepto de robot y cirugía robótica.....	8
1.1.2. Origen y evolución histórica del robot quirúrgico.....	9
1.1.3. Primeras plataformas robóticas.....	10
1.2. Fundamentos del Sistema Da Vinci	13
1.2.1. Arquitectura y componentes del Sistema Da Vinci.....	13
1.2.2. Mecánica y electrónica del robot Da Vinci.....	14
1.2.3. Procedimiento.....	15
1.3. Ventajas y limitaciones del sistema	16
1.3.1. Ventajas en la utilización del Sistema Da Vinci.....	16
1.3.2. Abordaje en las limitaciones del uso de esta tecnología.....	17
1.3.3. Comparación con otros métodos quirúrgicos.....	18
1.4. Formación y competencias	19
1.4.1. Formación en cirugía robótica. El Sistema Da Vinci.....	19
1.4.2. Habilidades y competencias enfermeras en cirugía robótica.....	21
1.5. Impacto en la Medicina y la práctica quirúrgica	22
1.5.1. Impacto del Sistema Da Vinci en la cirugía moderna. Aplicaciones quirúrgicas.....	22
1.5.2. Comparación de procedimientos asistidos por robot con la cirugía tradicional.....	24
1.5.3. Protocolo de actuación de Enfermería en cirugía robótica (Sistema Da Vinci).....	25
1.6. Desafíos y avances futuros	27
1.6.1. Evolución del Sistema Da Vinci y sus mejoras.....	27
1.6.2. Estado actual y futuro de la cirugía robótica.....	29
1.7. Tecnología en la cirugía asistida por robot	29
1.7.1. Plataformas quirúrgicas actuales. Alternativas al Sistema Da Vinci.....	29
1.7.2. Avances tecnológicos y transformación de la cirugía.....	33
2. Hipótesis y Objetivos	34
3. Material y Métodos	35
4. Resultados y Discusión	38
5. Conclusiones	44

6. Bibliografía.....	46
7. Anexos.....	50
7.1. Anexo I: Esquema Lectura Crítica Díaz Portillo.....	50
7.2. Anexo II: Plantilla revisión sistemática CASPe. Lectura Crítica.....	51

SÍMBOLOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS

- CAR	Cirugía Asistida por Robot
- CASPe	<i>Critical Appraisal Skills Programme Español</i>
- AESOP	<i>Automated Endoscopic System for Optimal Positioning</i>
- I	Uno
- II	Dos
- III	Tres
- VS	<i>Versus</i>
- IV	Cuatro
- V	Cinco
- S.	Siglo
- XX	Veinte
- NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
- DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
- PUMA	<i>Programmable Universal Machine for Assembly</i>
- PROBOT	<i>Surgeon Robot for Prostatectomies</i>
- ROBODOC	<i>Robotic Doctor</i>
- FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
- XXI	Veintiuno
- 3D	3 Dimensiones
- %	Por ciento
- IVO	Instituto Valenciano de Oncología
- RV	Realidad Virtual
- SRI	<i>Stanford Research Institute</i>
- SP	<i>Single Port</i>
- EE. UU.	Estados Unidos
- Fig.	Figura
- 2D	2 Dimensiones
- Figs.	Figuras
- CPU	<i>Central Processing Unit</i>
- RAM	<i>Random Access Memory</i>
- USA	<i>United States of America</i>
- AORN	<i>Association of periOperative Registered Nurses</i>
- CMI	Cirugía Mínimamente Invasiva.
- HD	<i>High Definition</i>
- °	Grados
- IA	Inteligencia Artificial
- ASRS	Surgycal Robotic System
- RAS	<i>Robotic Assisted Surgery</i>
- DLR	<i>Deutsches Zentrum für Luft-Und Raumfahrt</i>

- TFG Trabajo Fin de Grado
- PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*
- AEC Asociación Española de Cirujanos
- Dr. Doctor

RESUMEN

Resumen

Introducción: La cirugía robótica, especialmente el sistema Da Vinci, ha experimentado en las últimas décadas un desarrollo significativo, emergiendo como una técnica novedosa que combina la tecnología robótica con la habilidad del cirujano y que ha originado un cambio notable en la enseñanza, técnica y resultados de la práctica quirúrgica respecto de los procedimientos convencionales.

Objetivo: Este trabajo tiene por objetivo presentar la evolución y desarrollo de la cirugía robótica, examinar las diferencias con las cirugías convencionales, analizar los beneficios y desventajas del robot Da Vinci, sus aplicaciones clínicas y abordar el rol del equipo enfermero en la cirugía robótica.

Material y Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica a partir de la consulta de artículos científicos en la base de datos de Scielo, Elsevier y Google Académico cuya información se analizó y seleccionó en correspondencia con el tema y los objetivos previstos.

Resultados: Los resultados revelan un procedimiento quirúrgico más eficaz y preciso, una reducción del riesgo, la recuperación del paciente en el menor tiempo posible y un cambio en las competencias enfermeras con la implementación de la cirugía robótica. Por el contrario, muestra un elevado coste en su adquisición y un aumento en la duración de la cirugía.

Conclusiones: Esta revisión muestra que la cirugía robótica es capaz de ofrecer resultados satisfactorios y un adecuado tratamiento para el paciente en contraste con su alto coste económico y algunas limitaciones prácticas. Se pone en relieve el papel transformador de la cirugía robótica en la práctica quirúrgica actual, no obstante, destaca la necesidad de aportar más resultados y continuar con las investigaciones para garantizar su expansión y demostrar que se trata de una opción viable y eficaz en el tratamiento del paciente quirúrgico.

Palabras clave: Cirugía robótica, cirugía asistida por robot, sistema robótico Da Vinci, robot quirúrgico y cirugía robótica Da Vinci.

ABSTRACT

Abstract

Introduction: Robotic surgery, especially the Da Vinci system, has undergone significant development in recent decades, emerging as a novel technique that combines robotic technology with the skill of the surgeon and has led to a notable change in the teaching, technique and results of surgical practice compared to conventional procedures.

Objective: This paper aims to present the evolution and development of robotic surgery, examine the differences with conventional surgeries, analyze the benefits and disadvantages of the Da Vinci robot, its clinical applications and address the role of the nursing team in robotic surgery.

Material and Methods: A literature review was carried out based on the consultation of scientific articles in the databases of Scielo, Elsevier and Google Scholar, whose information was analyzed and selected in correspondence with the topic and objectives.

Results: The results reveal a more effective and precise surgical procedure, a reduction in risk, the recovery of the patient in the shortest possible time and a change in nursing competencies with the implementation of robotic surgery. On the contrary, it shows a high cost in its acquisition and an increase in the duration of surgery.

Conclusions: This review shows that robotic surgery is capable of offering satisfactory results and adequate treatment for the patient in contrast to its high economic cost and some practical limitations. This ensures a more effective and precise surgical procedure, a reduction in risk and the recovery of the patient in the shortest possible time. This study underlines the transformative role of robotic surgery in current and future surgical practice; however, it highlights the need for more results and continued research to ensure its expansion and demonstrate that it is a viable and effective option in the treatment of surgical patients.

Key words: Robotic surgery, robotic-assisted surgery, Da Vinci robotic system, surgical robot and Da Vinci Robotic Surgery.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Índice de figuras

Figura 1. Robot AESOP (<i>Automated Endoscopic System for Optimal Positioning</i>).....	11
Figura 2. Sistema Quirúrgico Zeus.....	12
Figura 3. Robot Da Vinci.....	12
Figura 4. Plataforma Quirúrgica Da Vinci.....	14
Figura 5. Consola quirúrgica. Robot Da Vinci.....	16
Figura 6. Cirugía laparoscópica.....	19
Figura 7. Cirugía abierta.....	25
Figura 8. Evolución modelos robot Da Vinci.....	28
Figura 9. Plataforma Quirúrgica ENOS.....	30
Figura 10. Plataforma Quirúrgica TELEPAP ALF-X.....	31
Figura 11. Robot Quirúrgico HUGO RAS.....	31
Figura 12. Plataforma Quirúrgica AVATERA.....	32
Figura 13. Robot Quirúrgico REVO-I.....	32
Figura 14. Robot quirúrgico MiroSurge.....	33
Figura 15. Esquema de la extracción de datos.....	36
Figura 16. Diagrama de flujo para la selección de artículos incluidos.....	37

Índice de tablas

Tabla I. Descripción de las búsquedas metodológicas incluidas en Scielo.....	35
Tabla II. Descripción de las búsquedas metodológicas incluidas en Elsevier	36
Tabla III. Comparación resultados cirugía robótica VS cirugía convencional	38
Tabla IV. Beneficios de la cirugía robótica respecto a las técnicas convencionales.....	39
Tabla V. Resultados. Limitaciones de la cirugía robótica	41

1. INTRODUCCIÓN

La Medicina es una ciencia que siempre ha necesitado de otras disciplinas para poder evolucionar y como veremos, la convergencia de la tecnología con los avances científicos ha dado como resultado un proceso acelerado de modernización de la práctica quirúrgica, aunque no haya sido tarea fácil robotizar la Medicina.

La cirugía robótica ha pasado de ser considerada como el futuro de la cirugía a ser una realidad, debido a los grandes avances tecnológicos experimentados desde las dos últimas décadas del s. XX.

Se trata de una técnica médica innovadora que ha revolucionado el campo de la cirugía al incorporar tecnología avanzada para realizar procedimientos quirúrgicos con mayor precisión y control. La introducción del uso de sistemas robóticos controlados por el cirujano ha marcado una enorme diferencia con la cirugía tradicional en la que el cirujano interviene con sus propias manos.

La cirugía asistida se encuentra en plena expansión y ha supuesto un cambio de rumbo en los métodos tradicionales superando las limitaciones de la práctica quirúrgica tradicional como la cirugía abierta y la laparoscopia. Esta revolución tecnológica ha permitido reducir la carga de trabajo y la fatiga del equipo sanitario, practicar incisiones más pequeñas, reducir la pérdida de sangre, los tiempos de recuperación del paciente y priorizar los servicios de urgencia en beneficio tanto del cirujano como del paciente.

El futuro de la cirugía robótica en la Medicina es indiscutible y tiene como reto crear algo nuevo y especial que permita recuperar la salud del paciente. La tecnología es el principio del futuro de la Medicina y para ello el cirujano deberá aprender a vivir con ella, conocerla y aprender a manejarla porque de ello depende el futuro de la salud y el bienestar del paciente.

La innovación que ha supuesto la cirugía robótica ha sido un proceso complejo que ha combinado tecnología mecánica, electrónica e informática, y cada una de estas áreas ha tenido que ir desarrollándose de forma paralela desde que en los años 70 la NASA y la DARPA realizaran las primeras investigaciones para reemplazar al cirujano en el espacio y en el campo de batalla [\[1,2,3,4\]](#).

Posteriormente, la innovación tecnológica se dirigió hacia el desarrollo de sistemas que permitieran técnicas precisas guiadas por imagen. Así, durante los años 80 y 90 aparecería el brazo robótico PUMA 560 (1985), utilizado inicialmente en una biopsia cerebral de precisión. Más tarde nacerían el PROBOT, un sistema de reinserción prostática, el ROBODOC utilizado en cirugías ortopédicas en 1992, y finalmente en 1996 el AESOP guiado por comandos de voz [\[1,2,3,4\]](#).

Todas estas plataformas con tecnología robótica básica dieron lugar a la primera generación de robots con configuración *maestro-esclavo* (Zeus y Da Vinci), fundamentales para el desarrollo de los sistemas actuales basados en una consola y una unidad portadora de brazos

mecánicos. El Zeus fue utilizado por primera vez en el 2001 para realizar una intervención quirúrgica a distancia desde Nueva York hasta Estrasburgo (Francia) a más de 7.000 kilómetros de distancia [1,2,3,4].

Pero, posiblemente, una de las aplicaciones robóticas más interesantes y útiles para la Medicina y que ha revolucionado la cirugía moderna ha sido la invención del robot quirúrgico Da Vinci. Creado en el año 1999 por la californiana *Intuitive Surgical* y aprobado por la FDA norteamericana en el año 2000, debe su nombre en honor al polifacético Leonardo da Vinci. Se empleó por primera vez en cirugías abdominales laparoscópicas menos invasivas, siendo en la actualidad el sistema robótico más utilizado en la práctica quirúrgica del s. XXI [1,2,3,4].

Este robot, hoy en día mejorado y con las debidas actualizaciones, está compuesto por una consola, un carro quirúrgico y una torre de visión, demostrando ser una herramienta muy valiosa en la mejora de la precisión y eficiencia de la cirugía asistida. Se trata de un robot muy sofisticado que obedece al cirujano mediante el sistema *maestro-esclavo*, el cual opera cómodamente sentado en una consola manejando los mandos del robot. Esta consola se conecta a un potente ordenador que proyecta en una pantalla lo que el cirujano está haciendo y que le permite interactuar con sus ayudantes. Una vez anestesiado el paciente, se le colocan los puertos de acceso a través de pequeños orificios en la piel de 8 milímetros, y el robot se acopla a estos puertos introduciendo el instrumental quirúrgico en el cuerpo del paciente. El cirujano visualiza el interior del individuo en 3D gracias a un sistema de visualización estereoscópica lo que le permite aumentar su capacidad de operar e identificarse con el propio robot [5,6].

La cirugía Da Vinci se utiliza en una variedad de especialidades médicas, como urología, ginecología, cirugía general y cardiología y, aunque la tecnología ha demostrado beneficios significativos, también plantea algunos desafíos como la formación especializada del cirujano y el alto coste económico que conlleva y que deberán abordarse para asegurar la efectividad de esta modalidad quirúrgica.

La cirugía robótica ha venido a suplir las limitaciones de la cirugía convencional haciendo más cómodas y precisas las intervenciones quirúrgicas, aumentando el campo de visión anatómico, utilizando técnicas menos invasivas y eliminando la posibilidad de error del cirujano.

A nivel mundial, desde el año 2000, se han practicado más de 8,5 millones de intervenciones con el robot Da Vinci. En España, ABEX Excelencia Robótica distribuidora del robot Da Vinci, en su publicación anual de resultados de 2023 afirma que en España se han llegado a las 100.000 cirugías realizadas, el 50% en el campo de la urología seguida de cirugía general y ginecología. El Sistema Da Vinci está presente en 135 centros hospitalarios públicos y privados españoles y está previsto la implantación de 25 terminales más durante el 2024. La Comunidad Valenciana posee 13 equipos (La Fe, General de Valencia, Doctor Balmis de Alicante, General de Castellón, Elche, La Ribera, Arnau de Valencia, Hospital Clínico, Doctor Peset, IMED Valencia, 9 de Octubre, La Salud y El IVO) lo que la convierte en una de las comunidades más avanzadas en cuanto a equipos de alta tecnología.

No obstante, la cirugía robótica es un campo en el que todavía queda mucho por explorar. Los nuevos avances tecnológicos han incorporado nuevos prototipos muy sofisticados (SPORT, TELELAP, AVATERA, MIROSURGE...) donde han estrechado la mano ramas tan distintas como la Medicina y la Tecnología con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes y las condiciones del cirujano [7]. Pero lo que parece claro es que el futuro de la cirugía depende en gran medida del uso generalizado de robots para la mejora de las técnicas quirúrgicas.

1.1. Robot y cirugía: innovación y tecnología

1.1.1. Concepto de Robot y Cirugía Robótica

El término “robot” deriva de la palabra checa “*robota*” empleada por el escritor checo Karel Capek en su obra “*Rossum’s Universal Robots*” escrita en 1921 [2]. En ella el protagonista hace el papel de Dios y crea unos seres mecánicos (*robota*) para servir a la humanidad que posteriormente se revelarán esclavizando a los seres humanos.

La palabra checa “*robota*” significa “trabajador”, pero en la obra mencionada se le daba el sentido de “forzoso” o “esclavo”. En la época feudal, en Checoslovaquia, la palabra “*robota*” se aplicaba a los campesinos que eran obligados a abandonar sus tierras para trabajar forzosamente y sin remunerar en las tierras nobles, significado que se mantuvo durante mucho tiempo [8].

Años más tarde, en 1950, Isaac Asimov se inspiraría en el trabajo de Capek para popularizar el término “robot” y establecer las 3 leyes de la robótica en su obra “Yo, robot” [1]. Novela futurista que vino a demostrar el especial interés que siempre ha tenido el ser humano por el tema robótico.

El sentido inicial de la palabra robot, en la que se empleaba para describir máquinas que realizaban trabajos serviles, ha evolucionado hasta el concepto actual de máquinas que realizan tareas altamente precisas incapaces de realizar por un trabajador humano.

Los robots son esencialmente dispositivos mecánicos controlados por microprocesadores y equipados con sensores y motores que desempeñan tareas físicas. Los robots quirúrgicos están basados en 2 conceptos fundamentales: la RV y la Cibernética. Se conoce como realidad virtual la situación que se produce cuando un ser humano, en este caso el cirujano, tiene la sensación de estar en un lugar distinto de donde físicamente está gracias a la información generada por un ordenador [2].

La Cibernética es la ciencia que estudia los sistemas de control y de comunicación de las personas con las máquinas. Dentro de la misma se encuentra la Robótica, una rama que estudia el diseño y la construcción de máquinas capaces de realizar trabajos humanos [2]. Básicamente, un robot quirúrgico es una máquina articulada multifuncional que cuenta con un brazo mecánico manipulable y controlado por un cirujano.

Desde finales del siglo pasado la convergencia de estas 2 ciencias, la Medicina y la Robótica, ha dado lugar a la denominada cirugía robótica o CAR donde el cirujano practica intervenciones quirúrgicas mediante el uso de pequeño instrumental incorporado a un brazo robótico manejado por el cirujano, a través de un ordenador, y que le proporcionan mayor precisión y capacidad de maniobra.

1.1.2. Origen y evolución histórica del robot quirúrgico

La cirugía ha experimentado un desarrollo extraordinario desde los últimos 150 años, pero ha sido a finales del siglo pasado cuando ha vivido una auténtica revolución con los cambios que ha introducido la cirugía robótica en la práctica quirúrgica.

Cuando hablamos de cirugía robótica nos viene a la mente el Sistema Da Vinci, el más conocido, pero nos tenemos que remontar a la década de los 70, con las primeras investigaciones de la NASA y financiadas por la DARPA norteamericana, para constatar el enorme impulso de los robots quirúrgicos. El desarrollo de la denominada “telecirugía militar” buscaba por parte de los científicos elaborar prototipos que por una parte intervinieran a los astronautas desde tierra en situaciones de urgencia y en el segundo caso, operar a los soldados en el campo de batalla desde un lugar remoto y seguro.

La historia moderna de la cirugía robótica nacería en el año 1985 con el robot PUMA 560, un brazo robótico utilizado en el campo de la neurocirugía para realizar una biopsia cerebral mediante una pequeña punción. En los años siguientes se construirían 2 modelos con características similares, el PROBOT (1988) diseñado para realizar una prostatectomía de alta precisión que se caracterizaba por tener 6 brazos articulados guiado por ultrasonido y el ROBODOC, un sistema robótico utilizado en cirugía ortopédica para realizar el vaciado del fémur en operaciones de sustitución de cadera [8].

En 1993 la empresa californiana *Computer Motion* comenzó a trabajar en el sistema denominado AESOP, que consistía en un brazo robótico controlado por la voz del cirujano y que sería aprobado en 1994 por la FDA para su aplicación en cirugía. Con la utilización del AESOP, *Computer Motion*, comenzaría en 1995 a desarrollar el primer prototipo de otro mecanismo robótico denominado Sistema Zeus, aprobado por la FDA en el 2001 para realizar cirugías abdominales y cuya notoriedad culminaría con la denominada “Operación Lindbergh” cuando en septiembre de 2001 un cirujano francés, Jacques Marescaux, y su equipo realizaron con éxito una colecistectomía laparoscópica desde Nueva York a una paciente de 68 años hospitalizada en Estrasburgo (Francia), a más de 7.000 kilómetros de distancia, con ayuda del sistema robótico Zeus.

Paralelamente un grupo de inversores fundaría en 1995 *Integral Surgical System* (actual *Intuitive Surgical*) y compraría la patente y el diseño del sistema quirúrgico ideado por el ingeniero Philip Green, antiguo colaborador de la NASA y del Instituto de Investigaciones de Stanford (SRI)

California. A través de distintas modificaciones crearía en 1997 el prototipo del robot Mona, pero será en 1999 cuando se complete definitivamente el desarrollo del denominado robot Da Vinci, nombre que recibiría en honor al polifacético Leonardo da Vinci [8].

Finalmente, aprobado por la FDA norteamericana para su uso quirúrgico en el año 2000, fue empleado inicialmente en la práctica de cirugía cardíaca y posteriormente en el uso de cirugía abdominal. En junio de 2003 se fusionarían las empresas constructoras de los robots Da Vinci y Zeus tras la compra de *Computer Motion* por *Intuitive Surgical*, momento en el que, con tecnología incorporada del robot Zeus, el objetivo prioritario de la empresa se centraría en el desarrollo del Sistema Da Vinci. Desarrollo y modernización que nos ha llevado desde el primitivo modelo *Standard* al más moderno SP actual.

A pesar de la hegemonía del robot Da Vinci, desde 2007 han aparecido diversos robots cirujanos: servo-asistentes, asistentes-coordinados, efectores semiautónomos y robots teledirigidos con un futuro prometedor que han hecho de la tecnología una ciencia con un papel fundamental en el desarrollo de la cirugía asistida y en el cambio radical de la práctica quirúrgica.

1.1.3. Primeras plataformas robóticas

A finales del siglo pasado se produjo un cambio radical en la práctica quirúrgica con la llegada de la cirugía endoscópica, donde el cirujano no tenía que ver y tocar directamente los órganos del paciente que operaba [4].

Pero al margen de sus conocidas ventajas, también incorporaba una serie de limitaciones que disminuían su destreza manual. El desarrollo de los robots quirúrgicos se originó para superar y eliminar todas estas limitaciones y, de esta manera, aumentar las capacidades del cirujano más allá de los límites de la cirugía laparoscópica. Las primeras investigaciones financiadas por la NASA y el Departamento de Defensa de los EE. UU., en los años 70 y 80, impulsarían más tarde el desarrollo y la evolución de la denominada cirugía robótica. Se diseñaron y comercializaron prototipos que sirvieron como asistentes quirúrgicos y que fueron, superada esta primera generación, el germen de los grandes sistemas robóticos. Éstos se caracterizaban por incorporar el sistema de cirugía a control remoto, la configuración *maestro-esclavo*, y estaban integrados por una consola donde el cirujano controlaba los brazos robóticos montados en otra unidad, sobre el paciente, y que realizaban la cirugía [9].

Bajo este concepto, nacerían en los 90 las primeras plataformas quirúrgicas como el AESOP, el ENDOASSIST, el Sistema Zeus y el robot Da Vinci.

El brazo robótico AESOP (*Automated Endoscopy System Optical Positioning*) (Fig.1) fue desarrollado y construido por la empresa californiana *Computer Motion* en el año 1993 y aprobado por la FDA en 1994 para la realización de la primera cirugía abdominal asistida por robot.

Consistía en un brazo robótico articulado con 4 grados que sujetaba una cámara endoscópica cuyos movimientos eran controlados por la voz emitida del cirujano. Técnicamente se componía de 2 partes, un brazo robótico que sostenía un endoscopio y un sistema informático con un control de voz específico del cirujano. El objetivo inicial era evitar el temblor y la distracción que el cansancio podía causar al cirujano ayudante [9,12].



Fig. 1. Robot AESOP (*Automated Endoscopic System for Optimal Positioning*).

Fuente: (INFODIR, 2019).

Otro sistema para el manejo de la cámara fue el ENDOASSIST, creado en Reino Unido. La diferencia con el sistema AESOP estaba en el control de los movimientos de la cámara accionada, a través de un sistema de infrarrojos, por los movimientos del cirujano al observar el monitor.

El sistema robótico Zeus (Fig.2), lanzado al mercado en 1998 por la misma empresa que el AESOP, la *Computer Motion*, fue aprobado por la FDA en 2001 para su uso quirúrgico en cirugía cardíaca. El sistema robótico Zeus introduciría por primera vez el concepto de “telerrobótica” y por sus características se asemejaba bastante al Da Vinci. Constaba de 2 subsistemas: la terminal del cirujano que comprendía la consola y la terminal del paciente que contenía los brazos robóticos y que traducía las órdenes del cirujano en movimientos del instrumental y el sistema endoscópico [10,12].

El cirujano observaba el campo operatorio en 2D y controlaba los movimientos del sistema endoscópico mediante comandos de voz, manejando el instrumental con manipuladores situados en la consola. Se sentaba frente a una pantalla vertical a diferencia del Da Vinci donde el cirujano visualiza, sentado en la consola, por un visor binocular [10].



Fig.2. Sistema Quirúrgico Zeus.

Fuente: (INFODIR, 2019).

El robot Da Vinci (Figs.3 y 4) era el sistema robótico más completo y desarrollado, ya que combinaba la técnica laparoscópica tradicional con la técnica robótica de alta precisión. Sus 3 brazos, en el modelo estándar original, eran comandados por el cirujano desde la consola quirúrgica mediante una imagen en 3D de alta definición. Contaba con una articulación que otorgaba la misma capacidad que la muñeca humana, por lo que el cirujano podía realizar procedimientos complejos con mucha precisión y seguridad, y permitía hacer incisiones pequeñas y corregir cualquier movimiento involuntario del cirujano.



Fig.3. Robot Da Vinci.

Fuente: (Abex, 2019).

En el año 2003 las empresas fabricantes del robot Zeus y Da Vinci se fusionarían tras la compra de *Computer Motion* y el Zeus dejaría de producirse. El robot Da Vinci pasó entonces a ser el objetivo prioritario en la construcción y desarrollo de *Intuitive Surgical*, modelo que ha evolucionado constantemente y del que ha mantenido el monopolio hasta hace pocos años.

1.2. Fundamentos del Sistema Da Vinci

1.2.1. Arquitectura y componentes del Sistema Da Vinci

Posiblemente una de las aplicaciones robóticas más interesantes y útiles para la Medicina ha sido el robot Da Vinci. Se trata del robot que llegó hace varias décadas para revolucionar la cirugía moderna, y que ha estado en permanente evolución.

El sistema robótico Da Vinci es un instrumento quirúrgico muy sofisticado donde el “*robot esclavo*” obedece al cirujano, a la vez que aumenta su capacidad para operar con precisión y destreza, reduciendo el temblor y proporcionando una visión clara de la anatomía del paciente.

Su diseño es una combinación de mecánica y electrónica de última generación y se compone de los siguientes elementos: consola maestra, carro del robot, torre de visión e instrumental (Figs.3 y 4).

- Consola maestra: Es la mesa de control donde el cirujano, sentado cómodamente, ejecuta los movimientos que habrá de realizar el robot y que sirve de interfaz entre el cirujano y el robot.

El cirujano observa el campo operatorio a través de unos binoculares incluidos en la consola que proporcionan una visión tridimensional de alta definición y, a su vez, sus manos cogen con los dedos unos manipuladores similares a los que posee un instrumento quirúrgico. La consola traduce los movimientos del cirujano en impulsos eléctricos que son transformados en órdenes a los brazos robóticos que realizan la cirugía [2].

La consola controla y chequea la posición del instrumento quirúrgico cada 750 microsegundos eliminando la posibilidad de movimientos erróneos, además un sistema de rayos infrarrojos los desactiva siempre que el cirujano retira la visión del sistema binocular [2]. En la consola es posible también visualizar simultáneamente las pruebas de imagen que se han realizado previamente a la cirugía.

- Carro del robot: El robot esclavo está constituido por 3 o 4 brazos, uno de los cuales contiene el manipulador para la cámara y los otros los manipuladores de instrumentos articulados que reproducen los movimientos del cirujano. El robot esclavo está montado en un soporte móvil que permite instalarlo al lado de una mesa de operaciones [2].

- Torre de visión: Es muy parecido al sistema de cirugía laparoscópica, pero en 3D. Consta de una cámara doble que permite obtener 2 canales de vídeo que al integrarse conforman una visión estereoscópica proyectada a un sistema, caja de espejos, para crear una tercera dimensión real. Las imágenes obtenidas por medio de los visores telescópicos consiguen aumentar hasta 10 veces el tamaño normal, lo que permite al cirujano ver los órganos del paciente con detalle [2].

- Instrumental: Se utiliza un instrumental pequeño y avanzado controlado por un sistema de articulación mecánica denominado *EndoWrist*. El ordenador transmite los movimientos de la mano del cirujano a la punta articulada del instrumental en donde son reproducidos en el mismo sentido que la muñeca humana proporcionando 7 grados de libertad con un total de 117.649 movimientos posibles. Este instrumental articulado puede tener como efector final cualquier instrumento quirúrgico estándar utilizado en una cirugía abierta: tijeras, bisturí, pinzas, ganchos, agujas... que pueden intercambiarse durante la cirugía con la ayuda del instrumentista y del cirujano ayudante [2].

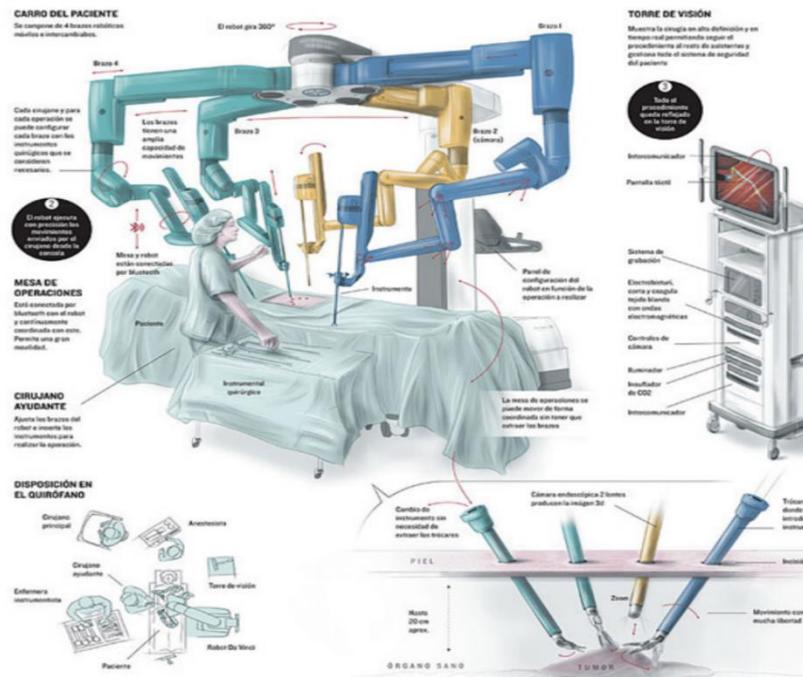


Fig.4. Plataforma Quirúrgica Da Vinci.

Fuente: (El Mundo, 2020).

1.2.2. Mecánica y electrónica del robot Da Vinci

Como veremos, el robot Da Vinci ha sido diseñado por especialistas de diferentes ramas y cuenta con una estructura bastante compleja que le permite realizar una amplia variedad de movimientos para que el cirujano puede operar de manera precisa. Su diseño se basa en una plataforma robótica modular que consta de varios brazos robóticos que trabajan juntos para proporcionar un movimiento suave durante la cirugía. Además, está equipado con una cámara en 3D que proporciona una visión detallada y precisa de la anatomía paciente [11]. En su construcción se utilizan materiales de alta calidad y la integración precisa de componentes electrónicos y mecánicos.

Por lo que respecta al mantenimiento, el cuidado preventivo es esencial para su funcionamiento durante la cirugía. Incluye la limpieza regular de todos sus componentes, la

actualización del *software* y las revisiones regulares para garantizar su óptimo funcionamiento en las cirugías.

Otro elemento fundamental para el funcionamiento del robot Da Vinci es la electrónica, que incluye todos los componentes electrónicos que trabajan para ofrecer un control preciso y seguro durante el procedimiento quirúrgico.

- El procesador o CPU es el cerebro del robot. Está diseñado para procesar grandes cantidades de información y tomar decisiones en tiempo real [11].

- La interfaz de usuario permite controlar al cirujano los brazos robóticos y las herramientas quirúrgicas. Se compone de una consola y una pantalla que proporciona una visión en 3D [11].

Se utiliza un ordenador con procesador *Pentium* de 200 *megabytes Hertz* y 64 *megabytes* de memoria RAM y 20 procesadores.

- Los sensores proporcionan información al procesador sobre la posición del robot y le permiten ajustar el movimiento del robot para evitar cualquier daño al paciente.

- Los actuadores son componentes electrónicos responsables de mover los brazos y las herramientas quirúrgicas del robot.

- Cables y conectores son básicamente vías de comunicación entre los diferentes componentes electrónicos del robot [11].

Por lo que respecta al *software*, pieza fundamental en el funcionamiento de los equipos eléctricos, es el encargado de controlar y coordinar todas las piezas para que cumplan su función durante el procedimiento quirúrgico. El *software* se actualiza regularmente para garantizar que el robot funcione con la máxima eficacia y seguridad. El Sistema Da Vinci utiliza el sistema operativo Da Vinci OS4 en los modelos de cuarta generación.

1.2.3. Procedimiento

El cirujano opera sentado en un asiento regulable en altura y con la proximidad que desee con respecto a la consola maestra (Fig.5). Esta consola se conecta a un potente ordenador que proyecta en una pantalla lo que el cirujano está haciendo y que le permite interactuar con sus ayudantes. Una vez anestesiado el paciente, se le colocan los puertos de acceso a través de pequeños orificios en la piel de 8 milímetros, conectándose el robot a estos puertos e introduciendo el instrumental quirúrgico en el cuerpo del paciente.

El cirujano coloca la cabeza en el visor que le permite ver imágenes reales del interior del paciente en 3D. Los dedos cogen el instrumental por debajo de las imágenes, con las muñecas posicionadas de forma natural, devolviendo al cirujano la perspectiva de estar dentro

del campo operatorio [2]. Mediante la cámara telescópica, el cirujano puede localizar el órgano afectado e interactuar con tijeras, pinzas, bisturí, láser y el resto de instrumental quirúrgico.

Los movimientos de los brazos del robot se originan en las manos del cirujano por medio de manipuladores o mangos instrumentales similares a los que posee el instrumental de una cirugía convencional (Fig.5). Éstos se encuentran conectados a la consola maestra y al moverlos generan comandos reales que pasan por un sistema donde son digitalizados, a la velocidad de la luz, para luego ser transmitidos a los brazos del robot. De esta manera, en la consola del cirujano se restituye el eje ojo-mano-campo operatorio que se pierde en la cirugía laparoscópica, haciendo más fácil realizar la operación [2].

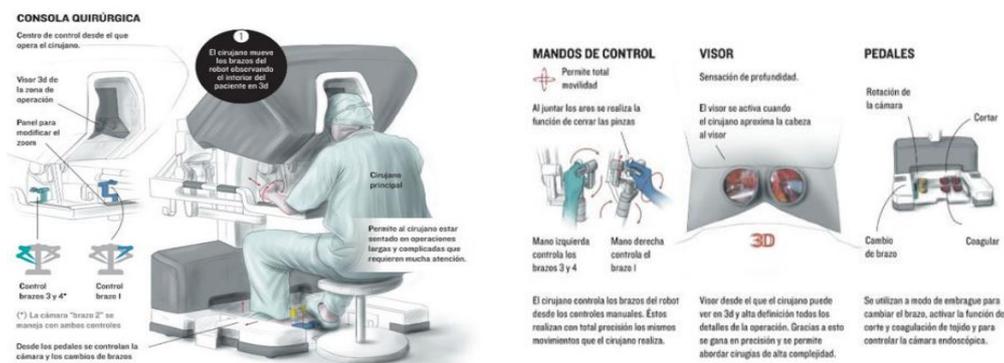


Fig.5. Consola quirúrgica. Robot Da Vinci.

Fuente: (El Mundo, 2020).

1.3. Ventajas y limitaciones del sistema

1.3.1. Ventajas en la utilización del Sistema Da Vinci

Hoy en día la cirugía robótica ha dejado de ser ciencia-ficción para convertirse en una realidad. Su aplicación ha quedado demostrada en procedimientos complejos, con un bajo índice de conversiones y escasas complicaciones.

Cada vez son más los lugares en donde se realizan procedimientos con el robot Da Vinci, siendo escasas las publicaciones científicas sobre errores del robot y sus componentes.

Todo ello no hace más que elevar la técnica robótica por encima de unos límites insospechados hasta hace años. A las evidentes ventajas de ausencia de temblor y la sensación de inmersión en el campo quirúrgico, se añade una perfecta visión y manipulación del instrumental en el campo operatorio especialmente dificultoso [13]. Se trata de una técnica que ofrece al cirujano mayor precisión, y al paciente mejores resultados y seguridad que otras técnicas quirúrgicas.

De entre las ventajas que presenta la cirugía realizada mediante el robot Da Vinci podemos destacar:

- Ventajas del cirujano

El robot Da Vinci es una herramienta innovadora, controlada por el cirujano para realizar una intervención quirúrgica con mayor precisión. La visión de alta resolución en 3D evita esforzar al máximo la visión, permitiendo intervenciones más complejas y garantizando una gran calidad y precisión en los detalles anatómicos. Disminuye la incomodidad del cirujano que opera sentado en una posición ergonómica eliminando el agotamiento y el temblor del cirujano [14]. Ofrece una visión ampliada y nítida de la zona intervenida con mayor rango de movimiento, recuperando los grados de libertad perdidos en la laparoscopia tradicional [15]. Utiliza instrumentos más pequeños, diseñados ergonómicamente, para intervenir con mayor detalle y causar el menor daño posible en los tejidos.

- Ventajas para el paciente

Debemos tener en cuenta que el papel del cirujano resulta fundamental en estas operaciones, pero el uso del robot Da Vinci no solo presenta ventajas para el cirujano sino también para el paciente.

Se trata de una cirugía mínimamente invasiva en la que se realizan cortes pequeños y precisos, reduciéndose el dolor postoperatorio y el tamaño de las cicatrices con mejores resultados estéticos.

Existen menos complicaciones y pérdidas de sangre, el brazo quirúrgico está totalmente esterilizado, por lo que el riesgo de infección postoperatoria es mínimo. Del mismo modo, al realizarse pequeñas incisiones y nunca demasiado profundas, disminuye el riesgo de pérdida de sangre y la necesidad de realizar una transfusión.

El paciente, por tanto, necesita menor tiempo de reposo en este tipo de intervenciones reduciéndose el tiempo de recuperación y de estancia hospitalaria por lo que la vuelta a la actividad diaria es más acelerada.

1.3.2. Abordaje en las limitaciones del uso de esta tecnología

Como hemos visto anteriormente, la realización de intervenciones quirúrgicas con el robot Da Vinci presenta gran cantidad de ventajas. Sin embargo, también existen desafíos y limitaciones que debemos abordar como los altos costes asociados con la adquisición, instalación y mantenimiento de los equipos robóticos [15]. El precio de compra de un robot Da Vinci ronda entre 1,5 millones y 2 millones de euros, su mantenimiento los 150.000 euros anuales

y el instrumental debe ser sustituido cada 10 operaciones, lo que supone un elevado coste económico a pesar de que los informes médicos avalen el uso del robot.

Además, algunos críticos argumentan que la falta de retroalimentación táctil en la robótica quirúrgica puede suponer también una desventaja, pero los avances en realidad virtual y tecnología están superando este problema [13].

Otro de los aspectos más controvertidos en la implantación de esta tecnología es la formación, entrenamiento y la adopción de programas prácticos de calidad que se deben abordar. En este sentido es imprescindible disponer de la posibilidad de acceder al aprendizaje de técnicas y dispositivos dedicados a ello con el fin de reducir la curva de aprendizaje [13].

Otra cuestión importante es el tiempo de la cirugía en comparación con otras prácticas quirúrgicas, que puede ser mayor. Este tiempo se ajusta a la preparación del robot, brazos e instrumentos antes de la cirugía. Tiempo que puede variar entre 14 y 27 minutos mientras que el desarme aproximadamente de 3 a 5 minutos.

1.3.3. Comparación con otros métodos quirúrgicos

En el mundo de la cirugía, la técnica abierta ha sido paulatinamente sustituida por técnicas mínimamente invasivas, como la laparoscopia, practicadas a través de pequeñas incisiones con asistencia de un sistema óptico que permite ver al cirujano el campo quirúrgico en el interior del paciente (Fig.6).

A finales del siglo pasado se produjo un cambio paradigmático en la práctica quirúrgica con la llegada de la laparoscopia y el abandono de la necesidad del cirujano de ver y palpar directamente el órgano que operaba. Ésta se definió como “la extensión de las manos y la miniaturización de los ojos” dentro del campo de la cirugía [2].

El uso de esta técnica mínimamente invasiva ha cambiado no solo la ejecución de cirugías específicas sino también ha posibilitado que se puedan incluir otros procedimientos quirúrgicos como la cirugía mayor ambulatoria o cirugía de corta estancia.

Pero, al margen de sus conocidas ventajas, la cirugía laparoscópica también ha incorporado una serie de limitaciones.

La pérdida de la sensación de profundidad, de la sensación táctil y de fuerza, y de la coordinación natural de ojos-manos con la consiguiente disminución de la destreza manual. La pérdida de la sensación de profundidad se debe a la visión en 2D del plano operatorio a través del monitor. Por otra parte, cuando se trabaja con una imagen ampliada, el temblor, que en mayor o menor grado existe en las manos del cirujano, también aumenta. Para compensar esta situación, el cirujano debe ralentizar el procedimiento aumentando el tiempo operatorio. A esto hay que señalar que se utiliza un instrumental largo y rígido, no articulado, y con una restricción de movimientos que alcanza los 2 grados de libertad [3].



Fig.6. Cirugía laparoscópica.

Fuente: (Laparoscopic, 2019).

Todas estas circunstancias condicionan al cirujano que ha de operar adoptando posiciones incómodas y rígidas con la consiguiente aparición de fatiga, dificultad y movimientos no deseados.

El desarrollo de robots quirúrgicos vino a suplir las limitaciones de los procesos laparoscópicos y eliminar todos estos obstáculos técnicos y, de esta manera, aumentar las capacidades de los cirujanos que la cirugía laparoscópica imponía. El uso de imágenes tridimensionales evita el “*efecto fulcrum*” o “movimiento inverso” y se traduce en una mejora de la visión y una excelente precisión. La utilización de instrumental más pequeño y articulado proporciona una libertad de movimiento, a diferencia de la laparoscopia, de 7 grados imitando la muñeca humana. La eliminación del temblor y los posibles movimientos erróneos, cicatrices más pequeñas, reducción de sangrado, disminución en los tiempos de hospitalización y una intervención menos dolorosa son otros de los beneficios que presenta la cirugía robótica.

Todas estas diferencias con la cirugía laparoscópica han hecho del uso del robot quirúrgico un procedimiento más ergonómico y preciso, sobre todo en intervenciones más complejas, al proporcionar un mapa detallado del cuerpo del paciente y mejorar drásticamente los resultados de la práctica quirúrgica.

1.4. Formación y competencias

1.4.1. Formación en cirugía robótica. El Sistema Da Vinci

La cirugía robótica no solo ha cambiado la forma de practicar la cirugía sino también ha renovado la forma de enseñar y aprender a operar. La CAR ha entrado a formar parte de los programas de cirugía en todo el mundo y se ha utilizado para la práctica con modelos virtuales tridimensionales en vez de pacientes [1].

Es fundamental, por un lado, tener experiencia en cirugía laparoscópica y por otro tener un conocimiento exhaustivo de la plataforma robótica Da Vinci. Para ello debe realizarse un primer paso que consiste en conocer el robot e incorporar los hábitos quirúrgicos propios del sistema. Seguidamente se inicia una formación presencial con ayuda de la plataforma de formación Da Vinci que permite realizar entrenamientos formativos y facilita controlar el sistema [16]. La ventaja que tiene la plataforma robótica es que, a través del programa de *software* de la consola maestra, el cirujano puede realizar ejercicios y cirugías de simulación, como un piloto de aeronave, lo que le permite mantener la familiaridad del funcionamiento del sistema y no perder las habilidades y la coordinación con el sistema robótico.

El segundo paso es realizar una curva de aprendizaje con cirugía no compleja acompañado de cirujanos experimentados.

La mayoría de los programas de cirugía robótica de los centros contemplan la formación como un aspecto prioritario en el desarrollo y consolidación de estos.

Las enfermeras como parte integrante del equipo quirúrgico necesitan un entrenamiento previo a la participación en cirugía con procedimientos robóticos. Se establece la necesidad de formar conjuntamente a todo el equipo, cirujanos, anestesistas y personal de enfermería, con el objeto de conseguir que todo el grupo trabaje como una unidad individual, realizando cada miembro del equipo su tarea específica.

Los objetivos en el caso de la enfermería se dirigen hacia el montaje inicial del sistema incluyendo la colocación de fundas estériles, el conocimiento, manejo y cuidado de los instrumentos y el mantenimiento del sistema [17].

Intuitive Surgical, empresa fabricante del sistema robótico Da Vinci, describe en su página web (www.intuitivesurgical.com) el proceso de formación de la plataforma focalizado en dos aspectos:

- Conocimiento del robot. Conocimiento del sistema y sus aplicaciones y la realización de formación práctica en centros acreditados.

- Aprendizaje a partir de otros cirujanos ya formados. Acompañamiento por parte de otros cirujanos robóticos durante los primeros casos y formación específica en centros existentes en todo el mundo con el fin de facilitar la progresión a nuevos procedimientos.

En general, se considera que el aprendizaje de la cirugía robótica es más sencillo para el cirujano que el de la cirugía laparoscópica. La formación laparoscópica previa facilita notablemente el paso al robot. Los simuladores virtuales se consideran una herramienta muy útil para el aprendizaje técnico del cirujano. Además de los que están integrados en el robot Da Vinci (*Skills Simulator*), existen varios tipos de simuladores robóticos en el mercado (*Mimic dV-Trainer* y *Ross System*) que permiten la adquisición de habilidad en la consola de forma segura, antes de la cirugía real.

Por lo que respecta a los principales centros internacionales de formación en cirugía robótica podemos destacar: el Instituto Europeo de Telecirugía de Estrasburgo (Francia), la Escuela Internacional de Cirugía Robótica de Grosseto (Italia) y el centro de Formación en Cirugía Robótica Da Vinci de Ohio (USA) entre otros. En España es necesario mencionar dos importantes centros de referencia: lavante en Granada y el Centro de Formación en Cirugía Endoscópica del Hospital Marqués de Valdecilla en Santander [18].

Como recoge en su página web, *Intuitive Surgical* no proporciona acreditación para el uso del robot Da Vinci, son los hospitales los responsables de la concesión de este beneficio.

Existen varias asociaciones profesionales constituidas entorno a la actividad clínica, docente e investigadora relacionada con el robot Da Vinci. Así la *Society of Robotic Surgery*, la *Clinical Robotic Surgery* y en España, la Sociedad Española de Cirugía Laparoscópica y Robótica, las que han asumido la responsabilidad de acreditar las habilidades en cirugía robótica [18].

1.4.2. Habilidades y competencias enfermeras en cirugía robótica

Es evidente que la acreditación o certificación como enfermera especialista en un campo determinado supone un mayor conocimiento, mejores aptitudes y una mayor colaboración con el resto de los miembros del equipo, mayor competencia profesional que se traduce en la consecución de mejores resultados para el equipo, la institución y el paciente.

En el 2006 la AORN publicó la necesidad de contar con enfermeras de quirófano especialistas en cirugía robótica ante la constante evolución de los conocimientos científicos y la repercusión que sobre el personal de enfermería tenía la implantación de nuevas técnicas quirúrgicas. Estas participan en todos los procedimientos de la cirugía, lo que les permite realizar evaluaciones de los recursos materiales y de personal de enfermería, conocer los problemas que puedan surgir en el equipo e instrumentos y la forma de resolverlos de forma rápida y precisa.

La enfermera es la responsable de coordinar la programación, de la existencia del material e instrumental y de su cuidado, a la vez de colaborar en los procedimientos quirúrgicos. La búsqueda e intercambio de información, la adaptación e incorporación de las innovaciones surgidas y la comunicación y relación con otros departamentos hospitalarios como el servicio de compras o el departamento de esterilización, son cuestiones que tienen que asumir como esenciales en su quehacer profesional.

La AORN apunta como condiciones previas para trabajar de enfermera en un quirófano de cirugía robótica las siguientes premisas:

- Experiencia previa en cirugía mínimamente invasiva.
- Conocimiento sobre base de datos y protocolos.

- Poseer conocimientos básicos de informática y *software*.
- Experiencia en enfermería perioperatoria.
- Capacidad de liderazgo.
- Capacidad de asumir responsabilidades y tomar decisiones.

Por lo que respecta a las competencias, las 2 grandes áreas de enfermería robótica se articulan en torno a los conocimientos especializados (formación teórica y práctica del funcionamiento del robot) y los factores humanos tales como la comunicación, trabajo en equipo, coordinación y capacidad de liderazgo por lo que la enfermera deberá utilizar los conocimientos, habilidades y el juicio profesional en todas aquellas situaciones que se le puedan presentar [18].

La cirugía robótica tiene un buen número de similitudes con la cirugía laparoscópica. En este sentido un buen número de competencias las habrá adquirido con su participación en la realización de procedimientos laparoscópicos. Éstas quedan contempladas en las 8 Prácticas recomendadas por la AORN en 2005. Destacamos el montaje y conexión de todos los componentes del equipo robótico, el chequeo del sistema, la colocación de fundas en el brazo del robot, la calibración de la óptica, la colocación del robot y la instrumentación con el cambio y sustitución de los distintos instrumentos en los brazos del robot.

La importancia de la enfermera como parte del equipo quirúrgico, es un hecho que no admite discusión, por ello la cirugía robótica conlleva la creación de programas específicos en los que se les incluye como parte importante del equipo quirúrgico.

1.5. Impacto en la Medicina y la práctica quirúrgica

1.5.1. Impacto del Sistema Da Vinci en la cirugía moderna. Aplicaciones quirúrgicas

La evolución de la cirugía mínimamente invasiva (CMI) ha revolucionado el mundo de la cirugía moderna. La cirugía robótica abarca procedimientos desde una simple colecistectomía hasta el más complejo reemplazo de la válvula mitral. Este cambio de conducta entre cirujanos se ha debido probablemente a las enormes ventajas que ofrece la cirugía robótica [19].

Aunque la cirugía robótica se ideó inicialmente para operaciones cardiovasculares, el campo donde ha causado una mayor proyección ha sido en urología, donde ha demostrado unos resultados excelentes, con cerca del 60% del total de cirugías practicadas. En la actualidad, prácticamente cualquier procedimiento laparoscópico puede ser realizado con el Sistema Quirúrgico Da Vinci. Sin lugar a duda, los más beneficiados son los procedimientos que se realizan en campos reducidos o de difícil acceso [20].

No obstante, hay una serie de procedimientos que, por su complejidad técnica y por su curva de aprendizaje, son especialmente idóneos para su realización con el robot en campos distintos como la urología, ginecología, cirugía colorrectal, cirugía cardiaca y cirugía bariátrica.

Aplicaciones del robot Da Vinci en cirugía:

- Cirugía Urológica

La Prostatectomía es el procedimiento que se realiza para extraer quirúrgicamente la glándula prostática y los ganglios que la rodean. A pesar de que la cirugía de extracción de la próstata se puede realizar con laparoscopia o por intervención abierta, desde el momento que se implantó el sistema robótico, la tasa de éxito ha ascendido notablemente. Durante la prostatectomía radical asistida por robot Da Vinci, el cirujano realiza varias incisiones, muy pequeñas, en la parte inferior del abdomen, para extraer la próstata, reducir el sangrado y acortar el postoperatorio.

La Nefrectomía es el procedimiento quirúrgico en el cual se extrae total o parcialmente el riñón. Durante la nefrectomía, el cirujano realiza unas pequeñas incisiones controlando los brazos robóticos a través de la consola y trabaja en el interior del cuerpo del paciente con la ayuda de la cámara y los pequeños instrumentos para extirpar el tumor.

- Cirugía Ginecológica

Otros procedimientos quirúrgicos abdominales en los que se aplica el robot Da Vinci entran dentro del terreno ginecológico. Actualmente se utiliza en ligaduras de trompas, miomectomías e hysterectomías [19].

La Histerectomía es el procedimiento quirúrgico por el cual se extirpa el útero y/o el cuello del útero. Este tratamiento quirúrgico asistido con el robot Da Vinci se realiza para tratar diversas enfermedades, como, por ejemplo, fibromas uterinos, sangrado vaginal, cáncer de útero y endometriosis.

- Cirugía Colorrectal

Es necesario recurrir a la colectomía, extirpación del colon o recto, para solucionar enfermedades como el sangrado, la obstrucción intestinal, cáncer de colon o la enfermedad de Crohn. Existen varias cirugías con el Sistema Da Vinci que tratan el colon, el recto o ambos a la vez.

- Colectomía parcial o total: extirpación total o parcial del colon.

- Proctocolectomía: extirpación completa del colon y la mayor parte del recto.

La utilización del sistema robótico permite realizar la intervención de extirpación y la de volver a conectar las partes restantes del aparato digestivo, para volver a reanudar el correcto funcionamiento y permitir la expulsión de desechos del cuerpo.

- Cirugía Cardíaca

Uno de los campos en los que la robótica ha transformado la Medicina ha sido la cirugía cardíaca. El Sistema Da Vinci se diseñó originalmente para realizar *bypass* coronario a tórax cerrado [19]. Aunque en la actualidad también se utiliza para reparar la válvula mitral, la comunicación interauricular y la reparación de la válvula tricúspide.

- Cirugía de Pulmón

Aunque son menos comunes, también es recomendable la aplicación médica en intervenciones torácicas.

El mediastino está situado entre los pulmones y la parte del tórax que contiene el corazón, el esófago y la tráquea. Es posible que en esta zona se desarrollen tumores por lo que se requiere de la cirugía robótica para la extirpación de las masas anómalas presentes en la zona.

- Cirugía Bariátrica

Las dificultades técnicas en el caso de la cirugía de la obesidad (*bypass* gástrico y banda gástrica) por la propia anatomía del paciente son resueltas por el robot Da Vinci, permitiendo el acceso a las regiones anatómicas deseadas con muchísima más seguridad y realizando movimientos de disección extremadamente precisos que la cirugía laparoscópica.

1.5.2. Comparación de procedimientos asistidos por robot con la cirugía tradicional

En la cirugía tradicional abierta (Fig.7), el cirujano practica una incisión larga que además debe ser agrandada para poder acceder a la zona donde intervenir [21]. Por otro lado, durante la cirugía laparoscópica, llamada también mínimamente invasiva, el especialista opera de manera manual y con instrumentos rígidos, los cuales debe pasar a través de pequeñas incisiones, observando la zona a intervenir a través de un monitor de vídeo estándar en 2 dimensiones.

A diferencia de las técnicas convencionales, el sistema robótico Da Vinci permite al cirujano realizar incisiones y movimientos con precisión milimétrica gracias a la capacidad de ampliar mecánica y digitalmente los movimientos del especialista. Los sistemas robóticos están orientados a facilitar la labor del cirujano, aumentando con ello de forma importante los beneficios para el paciente, tanto durante la intervención como su calidad de vida posterior. Evita realizar grandes incisiones que provocan una gran agresión sobre el organismo del paciente y dificultan su recuperación y su reincorporación a sus actividades cotidianas.

El uso del robot Da Vinci permite tener una visión tridimensional y ampliada que permite operar con una mayor libertad de movimiento eliminando posibles temblores en las manos del cirujano. Ello implica un abordaje quirúrgico más exacto a la hora de realizar incisiones, suturas y manipular órganos y tejidos.

En el caso de la cirugía tradicional los cirujanos se guían en todo momento por la visión directa que limita enormemente la percepción de la profundidad y el ángulo de trabajo.

Por lo que respecta a la invasividad del paciente, el cirujano realiza pequeñas incisiones por las que se introducen los brazos robóticos y la cámara del robot, lo que permite reducir el tamaño de las heridas, el sangrado, el dolor postoperatorio y el riesgo de infección. Incluso favorecen la recuperación más rápida y una mejor cicatrización. Todo lo contrario que la cirugía tradicional que requiere incisiones más grandes y extensas que implica una mayor agresión del organismo y un periodo de recuperación más prolongado.



Fig.7. Cirugía abierta.

Fuente: (El Hospital, 2019).

La duración de la cirugía es otra variable a tener en cuenta. Todo depende de cada caso particular pero hoy en día, incluso con el tiempo del montaje del robot, el tiempo del procedimiento es hasta menor que con un abordaje convencional. Reducir el tiempo del paciente en la mesa de operaciones, así como su estancia hospitalaria es otra de las grandes ventajas del robot Da Vinci frente a la cirugía abierta, en donde se requiere mayor tiempo de ingreso y reposo.

Como hemos visto, las diferencias entre la cirugía robótica y la tradicional son notables, representando actualmente la máxima expresión de la cirugía mínimamente invasiva, y, por lo tanto, la cirugía más avanzada en el tratamiento de las más diversas patologías.

1.5.3. Protocolo de actuación de Enfermería en cirugía robótica (Sistema Da Vinci)

La importancia de la enfermera dentro de un grupo de cirugía robótica radica en su papel dentro del mismo. De ella depende la preparación y puesta a punto del equipo Da Vinci y del instrumental antes del inicio de la intervención, así como de los cambios del instrumental y la

atención a todos los detalles durante el desarrollo del procedimiento quirúrgico según recoge la AORN en el 2006 [22].

En la fase preoperatoria, la enfermera especialista es la encargada de la preparación del quirófano y de colocar adecuadamente los equipos necesarios y los distintos elementos del robot.

En la preparación del quirófano debe colocar los componentes del robot: consola, carro del paciente y torre división, según la intervención que se va a realizar, ya que cada parte debe estar situada en un espacio específico [23].

Tras la colocación de todos los componentes, se dispone la conexión entre ellos mediante los cables de conexión y alimentación. Con posterioridad se conecta el resto del equipo: grabadora, sistema de insuflación y pantalla extra.

En ese momento se pone en marcha el equipo Da Vinci y la enfermera debe comprobar, para la seguridad del paciente y la intervención, la operatividad y el correcto funcionamiento del equipo.

A continuación, se posiciona al paciente en el carro quirúrgico dependiendo del tipo de cirugía que se va a realizar, protegiendo de forma correcta todos los puntos de presión con el fin de evitar lesiones o úlceras posteriores.

Cuando la instrumentista está preparada se dispone a montar el campo quirúrgico y a enfundar la columna y los brazos robóticos garantizando en todo momento su esterilidad y seguridad. La enfermera junto con el cirujano ayudante termina de preparar la mesa quirúrgica.

El último paso por realizar en esta etapa es revisar mediante un *check-list* todos los pasos que se han dado hasta el momento.

En la fase intraoperatoria es responsabilidad de todo el equipo de enfermería controlar la monitorización del paciente y comprobar el correcto funcionamiento del robot [22].

Es esencial que sepan identificar cualquier tipo de mal funcionamiento del robot y ser capaces de solucionar el error. Este fallo puede llevar a veces a que la cirugía se convierta en una laparoscopia e incluso abierta, por lo que deberán saber transformar la operación y el quirófano en el menor tiempo posible.

Por lo que respecta a la enfermera instrumentista, esta debe situarse frente al cirujano ayudante y, como su nombre indica, tiene la responsabilidad de instrumentar [18]. La instrumentación en cirugía robótica es similar a una intervención laparoscópica, solo que en este caso el intercambio del instrumental se realiza con el brazo del robot [22]. Cada vez que la enfermera cambie un instrumento deberá limpiarlo y prepararlo para volver a utilizar. Dentro del proceso de instrumentación también se engloba la colocación y manejo del endoscopio, así como de su limpieza.

La fase postoperatoria comienza cuando el cirujano da por finalizada la intervención. En este momento el cirujano ayudante y la enfermera instrumentista extraen los instrumentos *EndoWrist*, el endoscopio y desconectan los canales de los brazos del robot. Éstos se repliegan y retiran para evitar cualquier tipo de colisión. La enfermera colabora con el cirujano ayudante en el cierre de la incisión y la finalización de la cirugía. Por lo general, la enfermera circulante acompaña al paciente a la Unidad de Reanimación mientras la enfermera instrumentista se ocupa del reprocesamiento del material y posterior preparación de la siguiente cirugía en caso necesario.

1.6. Desafíos y avances futuros

1.6.1. Evolución del Sistema Da Vinci y sus mejoras

El campo de la cirugía robótica y su aplicación en procedimientos de cirugía general ha mostrado un importante desarrollo en las dos últimas décadas. La adaptación de las técnicas robóticas y su evolución ha mejorado en cuanto a resultados e incorporación de técnicas quirúrgicas de mayor grado de complejidad [13].

El sistema robótico Da Vinci es uno de los últimos y más recientes equipamientos en la evolución de la cirugía mínimamente invasiva (CMI). Dotado de una visión 3D de alta definición, cuenta con instrumentación articulada *EndoWrist* y está equipado con un sistema de control intuitivo que permite al cirujano realizar intervenciones complejas mediante un abordaje mínimamente invasivo.

Nacido en el seno de Silicon Valley, a partir de patentes militares y desarrollado por la empresa *Intuitive Surgical*, el primer sistema robótico Da Vinci denominado *Standard* se lanzó al mercado en el año 1999 dejando de comercializarse en el 2007. Desde entonces la plataforma Da Vinci ha ofrecido resultados cada vez mayores con la evolución de los sucesivos modelos robóticos (Fig.8). Años más tarde (2006) apareció una nueva versión, el Sistema Da Vinci S, cuya principal innovación fue la reducción del tamaño del carro y la incorporación de una fuente de luz de Xenón junto con el modo de imagen *Tile Pro* para permitir que el cirujano visualizara en su pantalla estudios realizados previamente al paciente. En el 2009, vio la luz la tercera generación del sistema, el Si. Sus innovaciones más relevantes fueron: la disminución del peso y tamaño de la endocámara, la posibilidad de incorporar una segunda consola, un cuarto brazo y la incorporación de las denominadas “nuevas tecnologías” (sellador de vasos, endograpadora, puerto único y fluorescencias) [24].

Todos estos modelos robóticos se caracterizaban por tener: 3 brazos robóticos, un centro de control, un sistema de visión en 3D e instrumental de 8 milímetros de longitud. No obstante, la constante evolución y desarrollo del sistema robótico Da Vinci permitió incorporar la denominada “cuarta generación” en el 2014 con el modelo Xi y X HD en el 2017.

Estos modelos se caracterizan por incorporar una serie de mejoras como una configuración más flexible, una arquitectura actualizada y una interfaz más consistente. De menores dimensiones instalan, además, 4 brazos robóticos en una única columna: tres instrumentos y una óptica. Así mismo, disponen de un láser de posicionamiento que facilita y optimiza la posición de los brazos robóticos en función de la cirugía seleccionada, así como reduce el tiempo tanto de preparación como de la propia intervención [24,25].

Por otra parte, los instrumentos *EndoWrist* permiten 540° de giro y 7° de libertad, proporcionando una extraordinaria precisión. Por su parte, el sistema *Firefly* que integra el robot, mediante la visualización con luz de fluorescencia, permite distinguir visualmente y en tiempo real los márgenes tumorales y los ganglios que lo rodean. Además, permiten realizar la cirugía sin necesidad de mover al paciente o al robot [24,25].



Fig.8. Evolución modelos robot Da Vinci.

Fuente: (Manual de Urología, 2020).

La última versión aprobada por la FDA en 2018 para el uso en pacientes urológicos, el SP (*Single Port*) comparte múltiples funciones con las plataformas multipuerto anteriores. Incorpora 3 instrumentos multi-articulados y una cámara flexible en 3D HD que utiliza un solo puerto. Otra característica de esta plataforma es que requiere mayor coordinación entre los instrumentos y la cámara, El *navigator* es una nueva superposición visual que advierte al cirujano cuando los instrumentos alcanzan su límite de movimientos y lo ayuda al posicionamiento óptimo de la cámara y el instrumental [26]. El modelo SP brinda la capacidad de realizar cirugía asistida por robot a través de un único puerto, lo que potencialmente abre la puerta a la próxima era de innovación quirúrgica.

El diseño exclusivo del carro del paciente proporciona 360° y su único brazo elimina la posibilidad de colisiones externas. A través de un único puerto, el sistema Da Vinci llega a la anatomía del abdomen del paciente sin necesidad de volver a acoplarlo.

Durante más de 20 años, *Intuitive Surgical* ha monopolizado la construcción y comercialización del robot más utilizado en cirugía robótica, el Da Vinci. No obstante, y desde el 2020 con el vencimiento de las patentes, se ha abierto un nuevo mercado al resto de competidores cuyo objetivo está encaminado a desarrollar nuevos modelos menos costosos y más competitivos [27].

1.6.2. Estado actual y futuro de la cirugía robótica

En la actualidad, la cirugía robótica se ha convertido en una práctica común en diferentes campos quirúrgicos, como son la urología y la ginecología entre otros. La precisión y la capacidad de los robots quirúrgicos han demostrado ser sumamente eficaces en la realización de procedimientos complejos en estas especialidades con un bajo índice de conversiones y escasas complicaciones.

No obstante, existen una serie de limitaciones que están relacionadas con la falta de sensación táctil, tamaño del equipo y su elevado coste económico. Dificultades que serán resueltas a medida que se desarrollen los avances tecnológicos y se liberalice el mercado [20].

Se estima que el uso de la cirugía robótica seguirá creciendo en el futuro a medida que se mejoren y amplíen las capacidades de las plataformas quirúrgicas.

Los avances tecnológicos continúan impulsando la cirugía robótica hacia el futuro. Se espera que los robots quirúrgicos cada vez sean más precisos y seguros, minimizando los riesgos de los pacientes y mejorando aún más los resultados de las intervenciones quirúrgicas. Además, la miniaturización de los robots, la incorporación de la IA y la realidad virtual permitirá realizar cirugías menos invasivas, lo que a su vez reducirá los tiempos de recuperación y mejorará la calidad de vida del paciente.

La capacidad de los robots para adaptarse a las necesidades específicas de cada paciente y colaborar con otras áreas de la Medicina abrirá un enorme abanico de posibilidades, para el tratamiento de enfermedades y lesiones, hasta hoy desconocidas.

Con un futuro prometedor, la cirugía robótica continuará evolucionando y mejorando la atención médica y calidad de vida del paciente en todo el mundo.

1.7. Tecnología en la cirugía asistida por robot

1.7.1. Plataformas quirúrgicas actuales. Alternativas al Sistema Da Vinci.

De manera progresiva y durante los últimos años, a pesar de la hegemonía ejercida por *Intuitive Surgical*, diferentes empresas han ido desarrollando sistemas similares al Da Vinci mientras que otras han presentado distintas soluciones innovadoras [6].

Los esfuerzos continuos de investigación y desarrollo en el sistema quirúrgico robótico *maestro-esclavo*, y la aplicación de la cirugía laparoscópica para reducir aún más la invasividad quirúrgica, han generado nuevas plataformas robóticas que se encuentran en diferentes etapas de desarrollo. Su esfuerzo se dirige a reducir costes y mejorar la eficacia y seguridad del paciente.

La canadiense *Titan Medical* comenzó a desarrollar en el 2010 el sistema robótico AMADEUS, una plataforma con brazos multi-articulados que incorporaba tecnología háptica y que fue detenido por problemas de infracción de patentes. Este inconveniente llevó a la empresa a desarrollar el modelo SPORT, un robot quirúrgico para realizar operaciones por puerto único y de coste mucho menor que el Da Vinci [28,7]. En el año 2020 cambió el nombre de su sistema quirúrgico en desarrollo, el SPORT, por el sistema quirúrgico robótico de acceso único ENOS (Fig.9). Comercializado para su uso en cirugía mínimamente invasiva (CMI), el diseño se basa en una estación de trabajo accesible y ergonómica con instrumentos multi-articulados avanzados que ofrecen un nivel de control y seguridad precisos. Posee una cámara de visión endoscópica de alta definición en 3D miniaturizada e introduce como novedad el acceso a través de una única incisión.



Fig.9. Plataforma Quirúrgica ENOS.

Fuente: (Titan Medical, 2019).

En Italia (SOFAR) ha desarrollado una nueva plataforma quirúrgica TELEPAP ALF-X (Fig.10) que pasó a denominarse SENHANCE en colaboración con la Unión Europea. Consta de una consola de cirujano y una plataforma de un brazo robótico multipuerto. Utiliza un avanzado sistema de seguimiento ocular para controlar la visión endoscópica en 3D a través de sensores que mueven la cámara de alta definición por el campo quirúrgico siguiendo los movimientos oculares del cirujano. Además, incluye instrumentos endoscópicos reutilizables y ha sido certificada para su uso en procedimientos de ginecología, urología y cirugía general en Europa [7,26].



Fig.10. Plataforma Quirúrgica TELEPAP ALF-X.

Fuente: (TransEnterix, 2016).

AVRA Surgical, empresa ubicada en Nueva York, ha impulsado el sistema robótico AVRA (ASRS). La plataforma está configurada para ser modular con hasta 4 brazos y un enlace inalámbrico entre la consola y el carro del paciente. La modularidad hace que el sistema sea más rentable y permite adaptarse a múltiples procedimientos quirúrgicos y percutáneos guiados por imagen [7].

La empresa norteamericana con sede legal en Irlanda, MEDTRONIC, ha desarrollado en 2021 una de las plataformas RAS más novedosas de la cirugía robótica del s. XXI [29]. Cuatro brazos conforman el robot, 3 de ellos se encargan del instrumental y el cuarto maneja la consola, que a diferencia de la del robot Da Vinci, tiene una pantalla abierta y en alta definición 4K en 3D junto a una torre de visión. El hecho de que el cirujano no esté encerrado en la consola le permite trabajar cómodamente y hablar con el personal del quirófano. Incluye, además, un sistema de grabación con inteligencia artificial (IA) y *software* escalable. El robot HUGO RAS (Fig.11) está indicado en procedimientos urológicos y ginecológicos.



Fig.11. Robot Quirúrgico HUGO RAS.

Fuente: (The Robot Report, 2019).

Avateramedical (Jena, Alemania) ha diseñado el sistema AVATERA (Fig.12) conjuntamente con dos laboratorios europeos. Está formado por una consola integrada a un monitor con tecnología tipo microscopio para una imagen 3D con resolución *full HD*. Cuatro brazos robóticos montan sobre el carro para controlar los instrumentos AVATERA y el endoscopio [26,30]. La unidad de control incorpora sistema de visión, asiento integrado y de fácil manejo mediante dispositivos de entrada manuales hápticos. Aprobado en la Unión Europea para su uso en cirugía urológica, introduce el concepto de “un solo uso” de los instrumentos para eliminar el riesgo de contaminación y reducir costes.

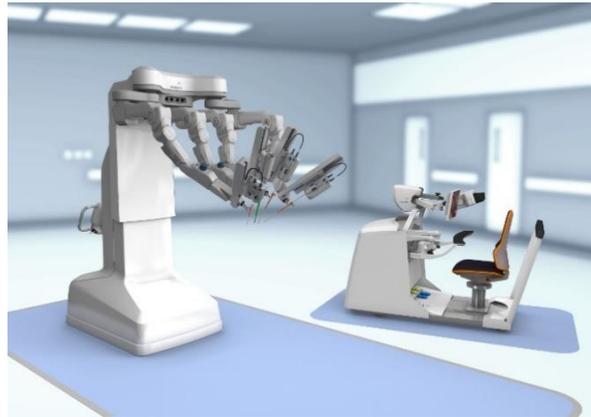


Fig.12. Plataforma Quirúrgica AVATERA.

Fuente: (Evaluate Vantage, 2019).

La empresa coreana Meercompany ha desarrollado desde 2018 la plataforma quirúrgica REVO-I (Fig.13). Consiste en una consola y un carro de 4 brazos unidos, muy similar al sistema Da Vinci [26,30]. La consola maestra transfiere los movimientos precisos de la mano de un cirujano a los brazos robóticos y proporciona señales sencillas para ayudar al cirujano a realizar una operación segura. El sistema de visión REVO 3D *HD* ofrece una visión nítida y una mayor sensación de profundidad. Este robot está indicado en procedimientos de cirugía mínimamente invasiva.



Fig.13. Robot Quirúrgico REVO-I.

Fuente: (Meercompany, 2023).

El DLR MiroSurge (Fig.14) es un sistema robótico desarrollado por el Instituto de Robótica y Mecatrónica del Centro Aeroespacial alemán, presentado al público por primera vez en el año 2010. Este sistema está compuesto por una consola bimanual con pantalla en 3D y dos dispositivos de entrada háptica y tres brazos robóticos Miro de 7 grados de libertad, los dos primeros manipulan el instrumental Mica y el tercero guía el endoscopio [7].



Fig.14. Robot Quirúrgico MiroSurge.

Fuente: (Epilog, 2016).

1.7.2. Avances tecnológicos y transformación de la cirugía

Existe en todos los países desarrollados, un aumento del interés y crecimiento en la adopción de tecnologías quirúrgicas robóticas. Más de 80 países están trabajando en el campo de la cirugía robótica en todo el mundo. Se están desarrollando robots quirúrgicos para operaciones en el área abdominal (incluida urología y ginecología), articulaciones del esqueleto, esqueletos, pulmones, ojos, corazón, vasos, cerebro y haces de nervios [31].

En los próximos años veremos un significativo incremento del uso de las imágenes en cirugía (calidad de imagen, fusión de imágenes y guías de localización), permitiendo una combinación de procedimientos endoscópicos, laparoscópicos y percutáneos guiados por imágenes, logrando una precisión de la técnica que será más segura y menos invasiva. La fusión de imágenes, que permite sumar y superponer imágenes, así como reconstrucciones en 3D, harán más seguras las intervenciones para punzar o cortar. Es así como esta cirugía guiada por imágenes nos permitirá operaciones más precisas, menos agresivas y la mejora de la calidad de vida postoperatoria [32,33].

Por lo que respecta al desarrollo y arquitectura de los robots, se investiga en diseños de instrumentos que pueden flexionarse en un mayor número de ángulos, lo que implica una mayor libertad de movimientos durante la cirugía y la superación incluso de los movimientos restringidos de la mano del hombre. También habrá una tendencia a disminuir el tamaño de los brazos robóticos al punto de que, probablemente, se llegue al nivel de pequeñas “arañas robóticas” [20].

Por lo que respecta al campo de estudio de la robótica en miniatura, los esfuerzos actuales están enfocados en diseñar mini robots aptos para funcionar en un ambiente hostil como es el cuerpo humano, puesto que uno de los mayores obstáculos es la locomoción dentro de un ser vivo. Los nano robots, en el camino de la miniaturización, podrán introducirse en el torrente sanguíneo para eliminar células cancerígenas y reparar tejidos guiados por control remoto dentro de la tecnología más reciente [7].

Otro campo no menos importante y en constante desarrollo es la incorporación de la inteligencia artificial (IA) a la cirugía robótica. La IA permitirá a los robots aprender de cada intervención quirúrgica mediante el análisis de grandes cantidades de datos, identificar patrones y hacer predicciones lo que les permitirá tomar decisiones durante procedimientos más complejos. La Telecirugía es un proyecto ambicioso también, cuando las próximas generaciones de robots operen solos o, al menos, tengan cierto grado de autonomía haciendo más seguras las intervenciones quirúrgicas.

Como hemos visto, todas las innovaciones tecnológicas y los esfuerzos están encaminados a diseñar robots más pequeños, más versátiles, menos costosos, fáciles de operar e integrados con otras tecnologías que permitirán el progreso continuo en el cuidado y bienestar de los pacientes.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La utilización de los sistemas robóticos modernos (Da Vinci) mejora la eficacia y seguridad de los procedimientos quirúrgicos y contribuye a la consolidación de la cirugía robótica relegando progresivamente al resto de cirugías convencionales.

Objetivo General

Ampliar los conocimientos generales sobre el uso de la cirugía asistida y la utilización de sistemas robóticos (Da Vinci) en la práctica quirúrgica y evaluar la trascendencia que ha tenido sobre la cirugía moderna.

Objetivos Específicos

1. Seleccionar los usos clínicos y analizar los beneficios y limitaciones del sistema robótico Da Vinci.
2. Identificar las diferencias entre la cirugía asistida y el resto de las cirugías convencionales.

3. Profundizar en la formación y el rol de la enfermería en la cirugía robótica Da Vinci.
4. Abordar las perspectivas futuras de la cirugía robótica.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del presente TFG se efectuó una revisión bibliográfica, de acuerdo con la guía de revisiones sistemáticas (PRISMA-P) versión 2020, de literatura científica durante los meses de noviembre y diciembre de 2023 que mejor se adaptase a los objetivos de éste, con el fin de recoger información relevante y útil para el tema tratado [34].

La pregunta de investigación efectuada, objeto de este trabajo, fue la siguiente: ¿Qué impacto ha tenido la cirugía robótica (robot Da Vinci) en la práctica quirúrgica?, estructurada de la siguiente manera:

- Población: pacientes candidatos a cirugía y equipos quirúrgicos.
- Intervención: cirugía robótica.
- Comparación: cirugía abierta y laparoscópica.
- *Outcome*: mejora en la precisión y seguridad de los procedimientos quirúrgicos y de los resultados intra y postoperatorios del paciente.

Para la selección de los artículos se tomaron como referencia aquellos textos relacionados con la cirugía y el sistema robóticos Da Vinci.

En la búsqueda de información se utilizaron la combinación de palabras clave como: “cirugía robótica”, “cirugía asistida por robot”, “robot Da Vinci” y “robot quirúrgico” intercalados mediante operadores booleanos “AND y “OR”.

La estrategia de búsqueda se presenta en la tabla I y II.

Tabla I. Descripción de las búsquedas metodológicas incluidas en Scielo.

<p>Primera estrategia de búsqueda:</p> <p>robot quirúrgico OR Sistema Da Vinci OR cirugía asistida por robot</p>
<p>Segunda estrategia de búsqueda:</p> <p>cirugía robótica OR cirugía asistida por robot OR Sistema Da Vinci</p>
<p>Tercera estrategia de búsqueda:</p> <p>Sistema Da Vinci AND cirugía robótica OR robot quirúrgico</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla II. Descripción de las búsquedas metodológicas incluidas en Elsevier.

Estrategia de búsqueda:

cirugía robótica Da Vinci

Fuente: Elaboración propia.

Además, se han tenido en cuenta una serie de aspectos para buscar la información deseada, es decir, se han aplicado unos criterios de inclusión para reunirla y una vez recogida, se han aplicado unos criterios de exclusión con el fin de acotar los resultados de modo que se ajustasen mejor a los objetivos y temática del trabajo.

Los textos seleccionados siguieron los siguientes criterios de inclusión: artículos editados en castellano, editoriales, artículos originales y de revisión, publicados entre el año 2002 y 2023, acceso a texto completo y aquellos relacionados con la evolución de la cirugía robótica y el Sistema Da Vinci y su trascendencia en la práctica quirúrgica.

Por el contrario, fueron excluidos: los artículos de pago, no completos, aquellos sobre cirugías mínimamente invasivas (CMI) no robóticas, casos de pacientes, programas y bibliografía centrada en cirugías robóticas específicas carentes de interés para el presente trabajo.

Para la búsqueda de información se han utilizado distintas bases de datos relacionadas con las ciencias de la salud como: Scielo y Elsevier. Del mismo modo se han consultado artículos, publicaciones y editoriales en Google Académico sobre cirugía robótica y el Sistema Da Vinci, con la finalidad de encontrar otros datos relevantes para el trabajo, seleccionando aquellos más completos.

Después de ejecutar la estrategia de búsqueda, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión anteriormente descritos, y se seleccionaron los artículos mediante la lectura de los títulos y resúmenes. Posteriormente, se eliminaron los textos duplicados y se procedió a la lectura íntegra de los artículos descartando aquellos que no presentaban valor ni interés para la materia, seleccionando los utilizados en el presente trabajo (Fig.15).

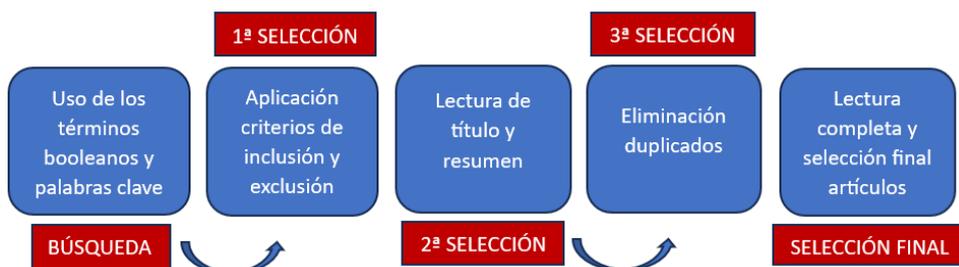


Figura 15. Esquema de la extracción de datos.

Fuente: Elaboración propia.

En la búsqueda primaria, y aplicadas las estrategias de búsqueda, se tomaron un total de 417 artículos. Fueron eliminados 363 por no cumplir con los criterios de inclusión y exclusión, y a continuación 23 más leído el título y el resumen. Con posterioridad se descartaron 11 duplicados, obteniéndose finalmente 20 artículos que fueron sometidos a lectura completa y evaluación, seleccionando por último 12 artículos incluidos en esta revisión (Fig.16).

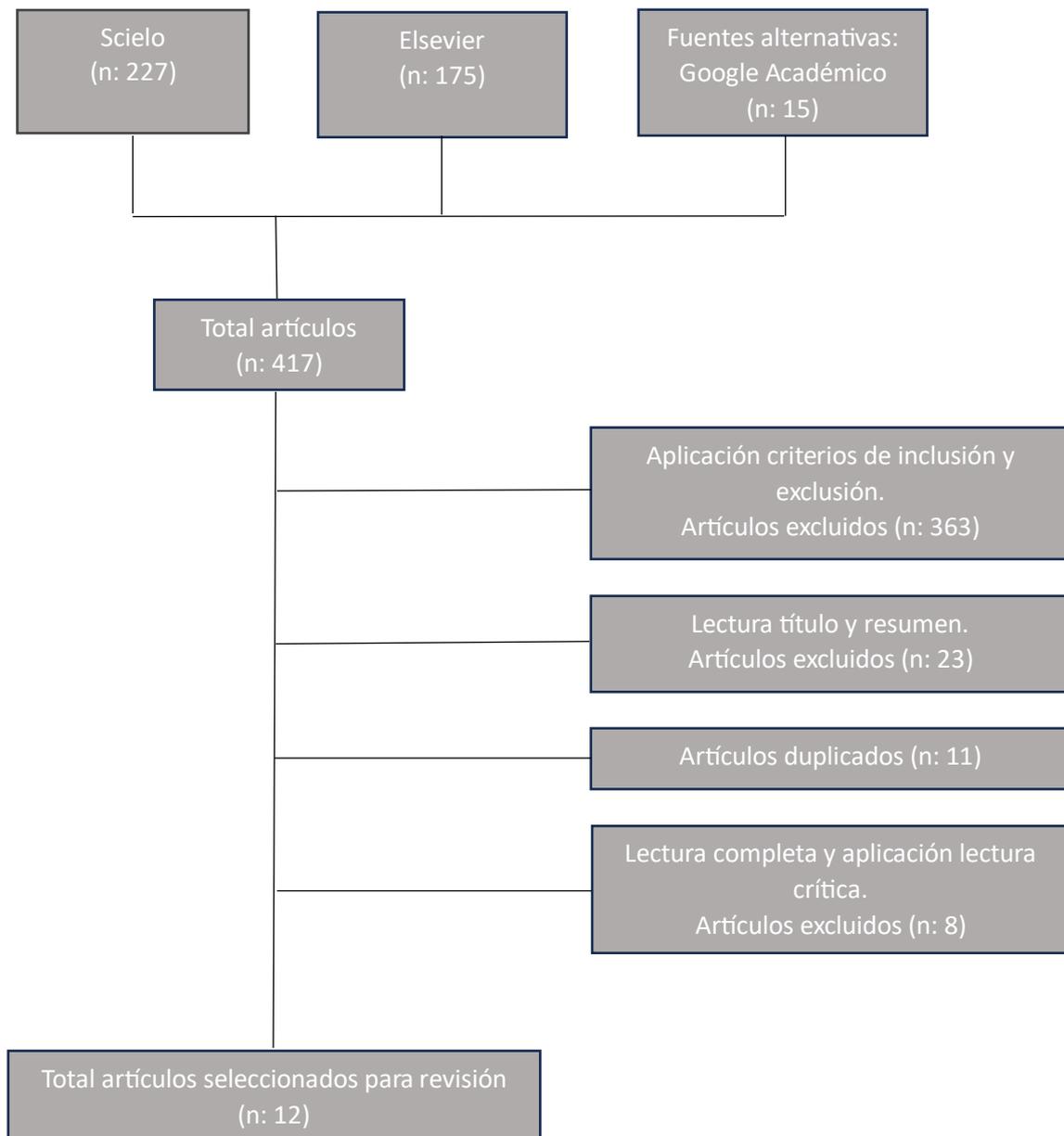


Figura 16. Diagrama de flujo para la selección de artículos incluidos.

Fuente: Elaboración propia.

Para la lectura crítica y análisis de los artículos seleccionados se ha seguido una adaptación de Díaz Portillo (Anexo I), que consiste en la lectura previa del título, resumen y resultados si se estiman útiles, pasando posteriormente a la lectura completa del artículo extrayendo las conclusiones principales, y la aplicación del Programa de Lectura Crítica CASPe, considerándose válidos aquellos que obtuvieron una evaluación de calidad media o alta (Anexo II) [35,36].

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

El enorme avance tecnológico desarrollado en las últimas 3 décadas ha causado un enorme impacto en la Medicina y se ha hecho evidente en la práctica con el objetivo primordial de mejorar la salud y la calidad de vida del paciente. El desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas y en particular de la robótica y el sistema Da Vinci, han hecho que la cirugía robótica tenga cada vez más aplicaciones y haya adquirido mayor peso frente a los métodos tradicionales.

De hecho, estudios realizados que comparan la efectividad clínica entre la cirugía abierta, laparoscópica y cirugía robótica, aunque fueran limitados en los comienzos, afirman que los beneficios asociados a la cirugía robótica son significativos en comparación con el resto de las modalidades quirúrgicas (tabla III) [37].

Tabla III. Comparación resultados cirugía robótica VS cirugía convencional.

Tipo	Efectividad			Precisión		Coste económico	Curva aprendizaje
	Duración intervención	Conversión	Estancia hospital	Complicación	Pérdidas		
Cirugía laparoscópica	Mayor	Menor	Menor	Sin Diferencias	Menor	Mayor	Menor
Cirugía abierta	Mayor	Menor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Menor

Fuente: Elaboración propia.

Además, la cirugía robótica ofrece ventajas en cuanto a la técnica para los profesionales médicos debido a su mayor destreza y precisión que ha supuesto un cambio en el entorno quirúrgico y una reformulación del papel de la enfermera ante los nuevos avances tecnológicos.

Hasta el momento, se han descrito pocas desventajas respecto de la cirugía robótica, aunque si bien es cierto que sus resultados son variables y están ligados a la intervención realizada y al paciente elegido, los mejores resultados se han obtenido como ha quedado

publicado en la especialidad de urología (más del 50% de las intervenciones realizadas en España con el robot Da Vinci durante el 2023 y el 85% de las prostatectomías en EE.UU.), cirugía general y ginecológica [38].

Para el desarrollo de este trabajo de revisión se han utilizado 12 artículos reflejados en las tablas de resultados (Tabla IV y V), 7 de ellos son artículos de revisión y los 5 restantes pertenecen a artículos originales y de posición, que profundizan en la importancia e influencia de la cirugía robótica en la práctica quirúrgica.

De los doce artículos seleccionados, cinco presentan Calidad Alta [32,18,24,6,17] y siete Calidad Media [31,20,28,21,14,15,19] según el año de publicación de menor a mayor antigüedad.

Revisada la bibliografía científica y analizados los estudios observacionales, los artículos seleccionados sugieren una serie de resultados homogéneos de los que podemos destacar (Tabla IV):

Tabla IV. Beneficios de la cirugía robótica respecto a las técnicas convencionales.

Autor / Año	Título	Resultados	Calidad
Gerardo, J. 2017	- Actualidad de la cirugía robótica [20].	- Mejora de la precisión y reducción del porcentaje de conversión y complicación.	- Media
Van Haasteren, G. 2009	- Cirugía robótica pediátrica [21].	- Disminución del tiempo de hospitalización e incorporación a la actividad más temprana.	- Media
Torres Peña, R. 2019	- Cirugía robótica: Una técnica disruptiva [24].		- Alta
Hernández Rojas. 2018	- Cirugía robótica [6].		- Alta
Rubio, M. 2023	- Avances y perspectivas de la cirugía robótica [31].	- Disminución en el sangrado.	- Media
Paolo Ricci, A. 2008	- Desarrollo de la cirugía laparoscópica [14].	- Aumento inicial del tiempo del procedimiento quirúrgico y progresiva reducción asociada al aumento de la experiencia posterior del cirujano.	- Media
Villavicencio, H. 2005	- Tecnología de futuro: Cirugía robótica Da Vinci [15].		- Media
Calvani, C. 2005	- Robots en cirugía general: Presente y futuro [19].		- Media

Paolo Ricci, A. 2008	- Desarrollo de la cirugía laparoscópica [14].	- Reducción del dolor e incisiones más pequeñas.	- Media
Hernández Rojas. 2018 Torres García. 2020	- Cirugía robótica [6]. - Formación y acreditación en cirugía robótica (cirugía robótica AEC) [18].	- Curva de aprendizaje menor con experiencia previa en laparoscopia.	- Alta - Alta
Martín-Trapero, 2010	- La enfermería de quirófano ante el nuevo reto de la cirugía robótica [17].	- Cambios en el rol técnico del procedimiento que afectan a las enfermeras.	- Alta

Fuente: Elaboración propia.

Otros resultados que se han destacado son:

- Se observó una mejora significativa en la precisión de los movimientos quirúrgicos utilizando el robot Da Vinci, reduciéndose el porcentaje de conversión a cirugía abierta en comparación con la cirugía laparoscópica [20].
- Por lo que respecta al tiempo de recuperación, los pacientes sometidos a cirugía robótica Da Vinci mostraron una disminución en el tiempo medio de hospitalización y su incorporación a la actividad y la vida cotidiana fue mucho más temprana [21,24].
- Los datos obtenidos sobre complicaciones postoperatorias, incluyendo infecciones y problemas de cicatrización, entre los pacientes que se sometieron a cirugía robótica y laparoscópica fueron similares observándose una reducción significativa en comparación con procedimientos de cirugía abierta [20].
- Los resultados indicaron una disminución en el sangrado durante la cirugía Da Vinci, sugiriendo una mejora en la seguridad del paciente y un descenso en las necesidades de realizar una transfusión [6,31].
- Algunos estudios observaron que el tiempo fue significativamente superior en la cirugía robótica respecto al resto de procedimientos tradicionales, aunque la reducción del tiempo aparece vinculado al aumento de la experiencia del cirujano [14,15,19].
- El grado de satisfacción entre los pacientes intervenidos con el robot Da Vinci fue mayor debido a la realización de mínimas incisiones, cicatrices más pequeñas y estéticas y una reducción del dolor [14].
- Otro de los resultados esenciales ha sido la identificación de una curva de aprendizaje menor entre los cirujanos que utilizaron el robot Da Vinci, sobre todo en aquellos con experiencia previa en cirugía laparoscópica, mediante programas de formación y

simulación en ordenador, en comparación con otras técnicas convencionales. La capacitación de los cirujanos ha permitido el dominio de esta técnica quirúrgica y reducir los tiempos del procedimiento haciéndolo más rentable y eficaz [6,18].

Todos estos resultados nos permiten aseverar que, la utilización de los sistemas robóticos quirúrgicos muestra como mínimo resultados similares a las practicas laparoscópicas, superiores en algunos aspectos, y aunque en un principio los beneficios clínicos no fueran significativos, la evidencia científica ha demostrado las enormes ventajas del uso de la cirugía robótica en el rendimiento y calidad de vida del paciente.

No obstante, estos estudios han abordado también las principales limitaciones observadas en la utilización de los robots quirúrgicos en cirugía (Tabla V).

Tabla V. Resultados. Limitaciones de la cirugía robótica.

Autor / Año	Título	Resultados	Calidad
Pietrabissa, A. 2012	- Cirugía robótica. Controversias actuales y expectativas [28].	- Elevado coste económico del equipo robótico e instrumental quirúrgico.	-Media
Torres Peña. 2019	- Cirugía robótica. ¿Técnica disruptiva? [24].		-Alta
Vaz, C. 2020	- Cirugía robótica. Coste y eficiencia de la cirugía robótica [18].		-Alta
Cedeño Cedeño. 2022	- Cirugía robótica, la transición de la cirugía en la actualidad [32].	- Falta de sensación háptica y de fuerza.	-Alta
Rubio Machuca. 2023	- Avances y perspectivas de la cirugía robótica [31].		-Media

Fuente: Elaboración propia.

La preocupación por el enorme coste financiero en la adquisición de los equipos quirúrgicos, entorno a los 2 millones de euros que, sumado a su mantenimiento, alrededor de los 140.000 euros anuales, han forzado el debate coste-eficacia dentro de la comunidad científica sobre la implementación de estos sistemas robóticos tanto en la red de salud pública como privada [18,24,28].

Por otra parte, la desconfianza de algunos profesionales en el uso de esta tecnología ante la pérdida de sensación háptica o táctil (capacidad de tocar y palpar órganos y tejidos) y la falta de retroalimentación ha sido otro de los inconvenientes a los que ha tenido que hacer frente la cirugía robótica [31,32].

A pesar de estas limitaciones, los resultados vienen a respaldar la eficacia y la viabilidad de la cirugía robótica Da Vinci en comparación con los métodos convencionales, señalando áreas específicas como la urología donde esta tecnología ha demostrado ser especialmente beneficiosa, a lo que se suman las ventajas de un procedimiento mínimamente invasivo. Hoy en día se dispone de la suficiente evidencia científica que permite afirmar que la cirugía robótica es eficaz y segura.

Igualmente se ha percibido que la introducción de la robótica en la práctica quirúrgica ha supuesto un cambio en el planteamiento técnico del procedimiento que afecta al espacio y a todos los miembros del equipo quirúrgico, incluidas las enfermeras. Las profesionales de la enfermería han adoptado un papel fundamental desde el preoperatorio hasta el postoperatorio con la preparación del paciente y puesta en marcha del equipo, asistiendo al robot cirujano durante el proceso de instrumentación y manteniendo el control de todos los aspectos técnicos durante la intervención [17].

Finalmente, la incorporación de nuevas tecnologías como la IA y el desarrollo de plataformas robóticas mucho más reducidas plantean una perspectiva de futuro de la cirugía robótica dirigida a aumentar la libertad de movimientos del cirujano y extender su campo de acción a otras patologías donde todavía no se ha implementado lo que permitirá realizar procedimientos aún más complejos con mayor facilidad, en el menor tiempo y con menos riesgos para el paciente.

Discusión

Los resultados de este trabajo sugieren que la cirugía robótica Da Vinci representa un avance significativo en la práctica quirúrgica, ofreciendo mejoras sustanciales tanto para el cirujano como para el paciente. La precisión mejorada y la capacidad para realizar movimientos delicados son evidentes en la reducción del tiempo de recuperación postoperatoria y la disminución de los errores y las complicaciones. El robot Da Vinci confiere una mayor precisión al cirujano, ejecuta procedimientos menos invasivos, se utiliza en múltiples especialidades médicas y ofrece enormes beneficios al paciente.

Estos hallazgos son consistentes con estudios que han destacado las ventajas de la cirugía robótica en comparación con enfoques convencionales. No obstante, algunos críticos como el Dr. Marty Makari, el profesor Gilbert Welch o autores como A. Pietrabissa cuestionan los posibles beneficios de la cirugía robótica. Argumentan que no existe suficiente evidencia científica para demostrar la superioridad sobre el resto de las cirugías convencionales y que la

adopción de este procedimiento quirúrgico supone una elevada curva de formación y perfeccionamiento del cirujano, y un alto coste económico, tanto en la adquisición como en el mantenimiento de los equipos quirúrgicos, lo que dificultaría la implantación generalizada de la cirugía robótica [28].

Un aspecto fundamental de la discusión es la seguridad del paciente que influye positivamente en la duración de la hospitalización y en los costes asociados con la atención médica. Sin embargo, es crucial abordar las limitaciones identificadas dentro del estudio. Estos desafíos deben ser considerados en futuras investigaciones para garantizar una implementación más efectiva y segura de la cirugía robótica Da Vinci. Uno de los puntos esenciales es la curva de aprendizaje requerida para que el cirujano pueda dominar el uso de esta tecnología. Es fundamental tener en cuenta la necesidad de poseer una formación específica y adecuada de los cirujanos y destacar la enorme importancia de colaboración interdisciplinar del equipo (cirujanos, enfermeros y personal sanitario) para seguir mejorando y garantizar que esta tecnología continúe evolucionando. El aumento de la experiencia y la confianza del cirujano podría ampliar el alcance de la cirugía robótica en la práctica de procedimientos más complejos, rentabilizando aún más la inversión de los equipos quirúrgicos con un mayor número de cirugías, haciéndolos más productivos. Por otra parte, las nuevas competencias asumidas por el personal de enfermería con la implantación de la cirugía robótica hacen de la formación una herramienta imprescindible para el aprendizaje y actualización de esta técnica en beneficio de la eficacia, mejora de la seguridad del paciente y reducción de los tiempos quirúrgicos.

El otro punto de revisión es el elevado coste de adquisición del robot, el instrumental y su mantenimiento que aumentan los costes financieros de la asistencia sanitaria. Datos económicos obtenidos presentan unos costes totales superiores respecto de las técnicas laparoscópicas y abierta, pero, aunque la inversión inicial en equipos puede ser alta, los beneficios a largo plazo con la generalización de la cirugía robótica pueden reducir los costes generales. El abaratamiento de los equipos, con un mayor número de modelos en el mercado, la reducción del número de días de estancia hospitalaria y el uso extendido y diversificado de los robots quirúrgicos podrían reducir los costes hospitalarios hasta un tercio. Aunque todavía hay una importante deferencia de costes, una mayor oferta y difusión de la tecnología robótica podría conducir en un futuro a un descenso importante de los precios y, en consecuencia, a la implantación de la cirugía robótica como una alternativa disponible para todos los pacientes.

Por lo que respecta a la repercusión de la cirugía robótica en el campo de la enfermería, su experiencia y formación en el manejo de los equipos robóticos será fundamental para garantizar un entorno seguro y eficaz en el quirófano para brindar un cuidado de calidad al paciente.

A pesar de todo ello y, aunque la cirugía robótica sea una realidad en constante progresión, se considera necesario potenciar un mayor número de investigaciones y estudios comparativos que permitan reforzar y consolidar la superioridad de la cirugía robótica sobre los procedimientos quirúrgicos convencionales, comprender su impacto sobre los resultados clínicos

y poder respaldarla no como una técnica de futuro sino como un procedimiento quirúrgico estándar dentro de la cirugía mínimamente invasiva.

5. CONCLUSIONES

La aparición de las técnicas mínimamente invasivas a principios del s. XX y el desarrollo de la laparoscopia en los años 80 revolucionaron el mundo de la cirugía moderna, encaminada principalmente a disminuir el trance quirúrgico en el paciente. No obstante, esta técnica presentaba una serie de limitaciones como la pérdida de profundidad y de la sensación táctil del cirujano. Con el fin de superar todos estos inconvenientes se impulsó el uso de sistema robóticos en los procedimientos quirúrgicos a finales del s. XX.

Hoy en día se dispone de la suficiente evidencia científica para afirmar que la cirugía robótica es eficaz y segura. La mayoría de los estudios muestran resultados similares y, en algunos aspectos, superiores a la técnica laparoscópica. Aunque todavía hay una evidente diferencia de costes, la implantación de la cirugía robótica como alternativa a las técnicas convencionales ha abierto una puerta a las cirugías menos invasivas y más precisas para el paciente.

El uso de la cirugía asistida ha permitido eliminar un gran número de riesgos que comportaba la cirugía abierta y superar los beneficios de la cirugía laparoscópica. Se ha convertido en la técnica idónea para cirugías complejas y de difícil acceso y su uso ha permitido grandes avances en cirugía general, ginecológica y torácica, destacando principalmente en el campo de la urología oncológica.

Después de analizar el conjunto de los estudios de este trabajo podemos concluir que:

1. La cirugía robótica Da Vinci ha surgido como un elemento clave en el campo de la cirugía mínimamente invasiva para solventar las limitaciones de la cirugía laparoscópica al introducir mejoras como la visión bidimensional, la disminución de la sensación táctil, el temblor y el grado de movimiento del cirujano. Su aplicación ha encontrado aplicaciones en diversas de especialidades quirúrgicas, como la cirugía general, ginecológica, torácica, destacando mayoritariamente en el campo de la cirugía urológica.
2. Entre los beneficios clave para el paciente se incluyen una reducción del dolor, una estancia hospitalaria más breve, incisiones más pequeñas, menos complicaciones postoperatorias, tiempos de recuperación más rápidos y una menor pérdida de sangre.
3. Por lo que respecta a las ventajas del cirujano, aporta una mejora en la visión y el rango de movimiento, la precisión y el acceso a partes del cuerpo mucho más inaccesibles permitiendo cirugías más precisas y minimizando los efectos secundarios.

4. A pesar de todos estos avances, no debemos olvidar algunas limitaciones identificadas durante el estudio (la formación especializada de los cirujanos, el alto coste económico y una mayor duración de los procedimientos) que plantean un desafío para su generalización y que deben abordarse a medida que la cirugía robótica siga desarrollándose y expandiéndose.
5. La implementación de la cirugía robótica y su impacto en la enfermería ha supuesto un nuevo enfoque del entorno y del procedimiento quirúrgico, requiriendo de las enfermeras una formación específica y la familiarización con el funcionamiento del sistema robótico, lo que ha conllevado un cambio de sus responsabilidades durante la práctica quirúrgica.
6. El futuro de la CAR se encamina a aumentar el número de procedimientos y universalizar el acceso a la cirugía robótica. La incorporación de nuevas tecnologías, la miniaturización de equipos menos costosos que se adapten mejor al paciente y la fabricación de minirobots más fáciles de operar dirigidos al tratamiento selectivo de enfermedades, afianzarán una cirugía robótica más segura, ergonómica y precisa que reducirá los gastos para aumentar los beneficios clínicos y económicos.

Este trabajo sugiere que el desarrollo y la implantación progresiva de la cirugía robótica ofrece beneficios muy positivos en términos de eficacia quirúrgica y resultados clínicos que garantizan una mejora en el bienestar y la calidad de vida de los pacientes.

En última instancia, la cirugía robótica ha supuesto un cambio en la forma de abordar la práctica quirúrgica hacia técnicas más seguras, precisas y eficientes. Lo que comenzó como una práctica principalmente aplicable a procedimientos más simples, se ha expandido a una variedad de especialidades y procedimientos mucho más complejos, encontrándose en la actualidad en constante evolución y cambio permanente con el avance de las nuevas tecnologías.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Valero R, Ko YH, Chauhan S, Schatloff O, Sivaraman A, Coelho RF, et al. Cirugía robótica: Historia e impacto en la enseñanza. *Actas Urológicas Españolas [Internet]*. 2011;35(9):540–5. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062011000900006
2. Martínez-Ramos C. Cirugía robótica (I): origen y evolución. 2007;12:89–96. Available from: http://www.asecma.org/Documentos/Articulos/AE%201_3.pdf
3. Martínez-Ramos C. Cirugía robótica (II): situación actual y posibilidades futuras. 2007 [cited 2022 May 20];12:132–9. Available from: http://www.asecma.org/Documentos/Articulos/AE%201_2.pdf
4. Lucena Olavarrieta JR, Coronel P, Orellana Pérez S. Historia, evolución, estado actual y futuro de la cirugía robótica. *Revista de la Facultad de Medicina [Internet]*. 2007 Dec 1;30(2):109–14. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04692007000200002
5. Córdova Dupeyrat A, H. Ballantyne G. Sistemas Quirúrgicos Robóticos y Telerobóticos para cirugía abdominal. *Revista de Gastroenterología del Perú [Internet]*. 2003 Jan 1;23(1):58–66. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292003000100008
6. Alejandro M, Rojas H. Cirugía robótica [Internet]. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/endosco/ce-2018/ce183b.pdf>
7. Velasco MCC, Albán ÓAV. Robótica quirúrgica, desde los grandes asistentes hasta la nanotecnología. *Scientia Et Technica [Internet]*. 2016;21(2):182–90. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950866011>
8. Fm SM, Schlegl J, Rodríguez M, Font M, Redorta P, Mavrich V. Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II) [Internet]. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/aue/v31n3/v31n3a02.pdf>
9. Romero Otero J, Paparel P, Atreya D, Touijer K, Guillonneau B. Antecedentes, desarrollo y situación actual de la robótica en cirugía. *Archivos Españoles de Urología (Ed impresa) [Internet]*. 2007 May 1;60(4):335–41. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000400002
10. Martínez Ramos C. Robótica y cirugía laparoscópica. *Cirugía Española [Internet]*. 2006 Oct 1;80(4):189–94. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-robotica-cirugia-laparoscopica-13093226>
11. Goyo K. La tecnología detrás del robot da Vinci | Ingeniería.es [Internet]. Ingeniería.es - Todas las novedades que un ingeniero debe saber. 2023 [cited 2023 Dec 18]. Available from: <https://www.ingenieria.es/tecnologia-detras-del-robot-da-vinci/>

12. Pugin F, Bucher P, Morel P. History of robotic surgery : From AESOP® and ZEUS® to da Vinci®. *Journal of Visceral Surgery*. 2011 Oct;148(5):e3–8.
13. Cirugía robótica. Un avance tecnológico de presente y futuro [Internet]. *www.elsevier.es*. [cited 2023 Dec 21]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-pdf-S0009739X11001576>
14. Ricci A P, Lema C R, Solá D V, Pardo S J, Guiloff F E. DESARROLLO DE LA CIRUGÍA LAPAROSCOPICA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO: DESDE HIPÓCRATES HASTA LA INTRODUCCIÓN DE LA ROBÓTICA EN LAPAROSCOPIA GINECOLÓGICA. *Revista chilena de obstetricia y ginecología* [Internet]. 2008;73(1):63–75. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75262008000100011&script=sci_arttext&lng=en
15. Tecnología de futuro: cirugía robótica Da Vinci [Internet]. *www.elsevier.es*. [cited 2023 Dec 21]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-cirugia-ortopedica-traumatologia-129-pdf-S0210480605733702>
16. Desafío y futuro de la cirugía robótica hepática y pancreática. Análisis de 64 casos en una unidad especializada [Internet]. *www.elsevier.es*. [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-pdf-S0009739X21000312>
17. La Enfermería de Quirófano... [Internet]. *revista.seclaendosurgery.com*. [cited 2023 Dec 21]. Available from: https://revista.seclaendosurgery.com/secla/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=74
18. Moreno C, Carlos S, González L. Asociación Española de Cirujanos Cirugía robótica Monografías de la [Internet]. Available from: <https://davinci.imedhospitales.com/img/2020/03/monografias-cirugia-robotica.pdf>
19. Robots en cirugía general: presente y futuro [Internet]. *www.elsevier.es*. [cited 2023 Dec 24]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-pdf-13078296>
20. Gerardo J, Fraga P. Actualidad de la cirugía robótica Present time of the robotic surgery. *Revista Cubana de Cirugía* [Internet]. 2017;56(1). Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/cir/v56n1/cir06117.pdf>
21. van Haasteren G, Levine S, Hayes W. Cirugía robótica pediátrica: primeras evaluaciones. *Pediatrics* [Internet]. 2009 Dec 1 [cited 2023 Dec 24];68(6):303–10. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-cirugia-robotica-pediatica-primeras-evaluaciones-X0210572109462069>
22. ENDOSURGERY :: [Internet]. *revista.seclaendosurgery.com*. [cited 2023 Dec 24]. Available from: <https://revista.seclaendosurgery.com/secla/seclan21/articulos/prart01.htm>
23. Pérez Valero S, Cuadros Rivera V, Torrego Barroso N, Pérez Valero S, Cuadros Rivera V, Torrego Barroso N. Protocolo de actuación de enfermería quirúrgica en cirugía robótica. *Index de Enfermería* [Internet]. 2019 Dec 1;28(4):214–8. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962019000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

24. Torres R. ARTICULOS DE POSICIÓN Cirugía robótica: ¿una tecnología disruptiva? *Robotic surgery: a disruptive technology?* [Internet]. [cited 2023 Dec 31]. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/infodir/ifd-2019/ifd1929j.pdf>
25. El sistema robótico da Vinci: la última evolución de la cirugía mínimamente invasiva [Internet]. [cited 2023 Dec 31]. Available from: <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/123/7747/a7747.pdf>
26. CAPÍTULO 7 -INTRODUCCIÓN A LA CIRUGÍA ROBÓTICA [Internet]. Available from: <https://manualdeurologia.cl/capitulo-7-introduccion-a-la-cirugia-robotica/?print-posts=pdf>
27. Murphy D, Challacombe B, Nedas T, Elhage O, Althoefer K, Seneviratne L, et al. Equipamiento y tecnología en robótica. *Archivos Españoles de Urología* (Ed impresa) [Internet]. 2007 May 1;60(4):349–55. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000400004
28. Cirugía robótica: controversias actuales y expectativas futuras [Internet]. www.elsevier.es. [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-urologia-302-pdf-S0009739X12002655>
29. Corona Montes VE. Cirugía urológica robótica, estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Urología*. 2020 Aug 14;80(4):1–2.
30. TEMA 4. CIRUGÍA ASISTIDA POR ROBOT (CAR) [Internet]. www.salusplay.com. [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://www.salusplay.com/apuntes/quiropano-y-anestesia/tema-4-cirugia-asistida-por-robot-car>
31. Rubio M, José Andrés Martínez Gutiérrez, Santiago E, Pino P. Avances y perspectivas de la cirugía robótica: explorando las fronteras de la innovación en el campo quirúrgico. *RECIMUNDO*. 2023 Feb 23;7(1):697–705.
32. Cedeño Cedeño YM, Pazmiño Chancay MJ, D'Illo Gil HDV, Aguirre Tello AE. Cirugía robótica, la transición de la cirugía en la actualidad. *RECIAMUC* [Internet]. 2022 May 4 [cited 2022 Aug 17];6(2):269–79. Available from: <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/download/862/1259/>
33. Medicina y Robótica [Internet]. www.elsevier.es. [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-X0716864005320482>
34. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología* [Internet]. 2021 Sep 1;74(9):790–9. Available from: <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
35. Jacobo D, Portillo. Guía práctica de lectura crítica de artículos científicos originales en Ciencias de la Salud [Internet]. 2013;36-39. Available from: https://static.elsevier.es/miscelanea/SEMERGEN_guia_prac_lectura.pdf
36. Redcaspe – Programa de Habilidades en Lectura Crítica Español [Internet]. redcaspe.org. Available from: <https://redcaspe.org/>

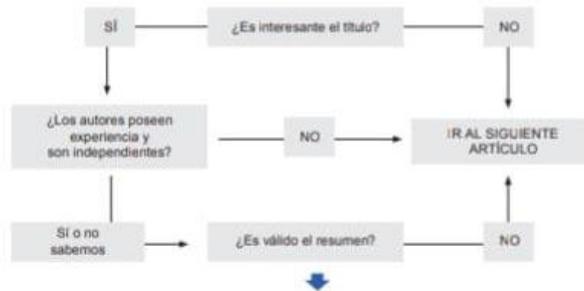
37. Villavicencio Mavrich H. Cirugía laparoscópica avanzada robótica Da Vinci: origen, aplicación clínica actual en Urología y su comparación con la cirugía abierta y laparoscópica. Actas Urológicas Españolas [Internet]. 2006 Jan 1;30(1):1–12. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062006000100001

38. De marzo de A a. 14. Dossier de Prensa [Internet]. Abexsl.es. [citado el 13 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.abexsl.es/f/documenti/Dossier%20de%20Prensa%20ABEX%202023.pdf>

7. ANEXOS

7.1. Anexo I: Esquema Lectura Crítica Díaz Portillo

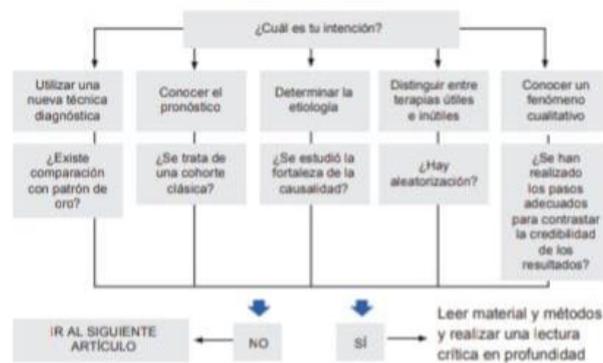
Fases de la lectura crítica: Inicio



2ª fase de la lectura crítica



3ª fase de la lectura crítica



7.2. Anexo II: Plantilla revisión sistemática Caspe. Lectura Crítica



PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe Leyendo críticamente la evidencia clínica

10 preguntas para ayudarte a entender una revisión

Comentarios generales

- Hay tres aspectos generales a tener en cuenta cuando se hace la lectura crítica de una revisión:
 - ¿Son válidos esos resultados?
 - ¿Cuáles son los resultados?
 - ¿Son aplicables en tu medio?
- Las 10 preguntas de las próximas páginas están diseñadas para ayudarte a pensar sistemáticamente sobre estos aspectos. Las dos primeras preguntas son preguntas "de eliminación" y se pueden responder rápidamente. Sólo si la respuesta es "sí" en ambas, entonces merece la pena continuar con las preguntas restantes.
- Puede haber cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En *itálica* y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las preguntas. Están pensadas para recordarte por que la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!
- Estas 10 preguntas están adaptadas de: Oxman AD, Guyatt GH et al, Users' Guides to The Medical Literature, VI How to use an overview. (JAMA 1994; 272 (17): 1367-1371)

El marco conceptual necesario para la interpretación y el uso de estos instrumentos puede encontrarse en la referencia de abajo o/y puede aprenderse en los talleres de CASPe:

Juan B Cabello por CASPe. Lectura crítica de la evidencia clínica. Barcelona: Elsevier; 2015. (ISBN 978-84-9022-447-2)

1

Esta plantilla debería citarse como:
Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender una Revisión Sistemática. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno 1. p.13-17.

A/ ¿Los resultados de la revisión son válidos?

Preguntas "de eliminación"

<p>1 ¿Se hizo la revisión sobre un tema claramente definido?</p> <p><i>PISTA: Un tema debe ser definido en términos de</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La población de estudio. - La intervención realizada. - Los resultados ("outcomes") considerados. 	<input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO
<p>2 ¿Buscaron los autores el tipo de artículos adecuado?</p> <p><i>PISTA: El mejor "tipo de estudio" es el que</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Se dirige a la pregunta objeto de la revisión. - Tiene un diseño apropiado para la pregunta. 	<input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO

¿Merece la pena continuar?

Preguntas detalladas

<p>3 ¿Crees que estaban incluidos los estudios importantes y pertinentes?</p> <p>PISTA: Busca</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qué bases de datos bibliográficas se han usado. - Seguimiento de las referencias. - Contacto personal con expertos. - Búsqueda de estudios no publicados. - Búsqueda de estudios en idiomas distintos del inglés. 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>4 ¿Crees que los autores de la revisión han hecho suficiente esfuerzo para valorar la calidad de los estudios incluidos?</p> <p>PISTA: Los autores necesitan considerar el rigor de los estudios que han identificado. La falta de rigor puede afectar al resultado de los estudios ("No es oro todo lo que reluce" El Mercader de Venecia. Acto II)</p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>5 Si los resultados de los diferentes estudios han sido mezclados para obtener un resultado "combinado", ¿era razonable hacer eso?</p> <p>PISTA: Considera si</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los resultados de los estudios eran similares entre si. - Los resultados de todos los estudios incluidos están claramente presentados. - Están discutidos los motivos de cualquier variación de los resultados. 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

B/ ¿Cuáles son los resultados?

<p>6 ¿Cuál es el resultado global de la revisión?</p> <p>PISTA: Considera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si tienes claro los resultados últimos de la revisión. - ¿Cuáles son? (numéricamente, si es apropiado). - ¿Cómo están expresados los resultados? (NNT, odds ratio, etc.). 	
<p>7 ¿Cuál es la precisión del resultado/s?</p> <p>PISTA: Busca los intervalos de confianza de los estimadores.</p>	

C/¿Son los resultados aplicables en tu medio?

<p>8 ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes cubiertos por la revisión pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio. 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>9 ¿Se han considerado todos los resultados importantes para tomar la decisión?</p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>10 ¿Los beneficios merecen la pena frente a los perjuicios y costes?</p> <p><i>Aunque no esté planteado explícitamente en la revisión, ¿qué opinas?</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO</p>