



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Evolución de la artroplastia de rodilla hasta la implantación asistida por robótica: ventajas  
y desventajas para el Sistema de Salud Colombiano**

**Evolution of knee replacement to robotic-assisted implantation: advantages and  
disadvantages for the Colombian health system**

**Lina Marcela Naranjo López**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad Nacional de Salud Pública Antioquia**

**Medellín, Colombia**

**2022**

**Evolución de la artroplastia de rodilla hasta la implantación asistida por robótica: sus implicaciones para el Sistema de Salud Colombiano**

**Evolution of knee replacement to robotic-assisted implantation: advantages and disadvantages for the Colombian health system**

**Por:**

**Lina Marcela Naranjo López**

**Proyecto para optar al título de Especialista en Administración de Servicios de Salud**

**Asesor:**

**Luis Eybar López**

**Especialista en Administración de Servicios de Salud**

**Magister en Administración Hospitalaria**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad Nacional de Salud Pública**

**“Héctor Abad Gómez”**

**Medellín, Colombia**

**2022**

## Contenido

<b>Lista de figuras .....</b>	<b>5</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>7</b>
<b>Summary .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Justificación .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Objetivo general .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Marcos.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1. Marco teórico.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1.1 Historia de la navegación y la robótica en cirugía asistida por ordenador. ....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.2 Sistemas activos (robots automáticos).....</b>	<b>18</b>
<b>5.1.3 Sistemas semiactivos .....</b>	<b>18</b>
5.1.4 Sistemas pasivos.....	18
5.1.5 Sistemas basados en imágenes (Tomografía Axial Computarizada [TAC] o fluoroscopia) y los sistemas sin imagen. ....	19
5.1.6 Sistema de navegación sin imagen.....	20
<b>5.2 Marco contextual.....</b>	<b>22</b>
<b>5.3 Marco conceptual .....</b>	<b>25</b>
<b>5.4 Marco Normativo .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Metodología .....</b>	<b>28</b>

<b>6.1 Enfoque y alcance de la investigación .....</b>	<b>28</b>
<b>6.2 Descripción de la estrategia de búsqueda .....</b>	<b>28</b>
<b>6.3 Instrumentos .....</b>	<b>29</b>
<b>7 Resultados.....</b>	<b>33</b>
<b>7.2 Tipos de dispositivos robóticos actuales .....</b>	<b>35</b>
<b>7.3 Conceptos claves .....</b>	<b>36</b>
<b>7.4 Resultados de la estancia Hospitalaria .....</b>	<b>36</b>
<b>7.5 Ventajas de la cirugía navegada .....</b>	<b>37</b>
<b>7.6 Desventajas .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>46</b>
<b>8. Discusión .....</b>	<b>47</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>50</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1. Análisis de la suma acumulada de la curva de aprendizaje del tiempo quirúrgico</b> .....	38
<b>Figura 2. Análisis de suma competitiva de la curva de aprendizaje para total o tiempo</b> .....	39
<b>Figura 3. TSolution-One.</b> .....	40
<b>Figura 4. MAKO</b> .....	41
<b>Figura 5.. Navio PFS</b> .....	42
<b>Figura 6.. CORI Surgical</b> .....	43
<b>Figura 7. Rosa Knee System</b> .....	44
<b>Figura 8. VELYS™</b> .....	45

## Abreviaturas

ATR= Artroplastia Total de Rodill

ATRAR= Artroplastia Total de rodilla asistidora por robot

ATRC= Artroplastia Total de Rodilla Convencional

TAC= Tomografía axial computarizada

CAOS: Computer-assited Orthopaedics Surgery

CIS: Computer Integrated Surgery

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

LCP: Ligamento Cruzado Posterior

AC: Alineación Cinemática

AM: Alineación Mecánica

POS: Plan Obligatorio de Salud

NHS: Servicio Nacional de Salud Británico

ERCO O PROMs: Patient Reported Outcomes Measures

AVAV O QALY: Quality- Adjusted Life Year

KSS: Knee Society Score

WOMAC: Western Ontario y Macmaster Universities Arthrits indez

SCCOT: Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología

FDA: La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) es una agencia del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EU

## Resumen

La artroplastia de rodilla es un procedimiento que ha venido evolucionando a través de los años y de acuerdo con las necesidades, que los especialistas han venido descubriendo en sus pacientes, procedimientos, encuestas de satisfacción y resultados que han encontrado en las cirugías realizadas.

Actualmente vivimos un momento importante de la historia en cuanto a la evolución de la artroplastia de rodilla, ya que esta tecnología de avanzada según la literatura está posicionada en países como Estados Unidos, Francia y España. Esta tecnología ingreso en Colombia en el año 2021, iniciando en instituciones que decidieron implementar la Artroplastia de Rodillas asistida con Robot, de donde se eséra se obtengan nuevos estudios de posicionamiento de implantes, rango de movimiento, satisfacción de los pacientes, incorporación a la actividad diaria, rango de dolor, estancia hospitalaria, minimización de opioides, fisioterapia inicial, infecciones por menos exposición quirúrgica y costos de esterilización.

Dichos estudios, nos permitirá evaluar si en Colombia esta alta tecnología tiene ventajas para todo un sistema de salud, a pesar del costo inicial al adquirir tecnología de avanzada; para esto, podemos apoyarnos de los estudios que se han realizado en Estados Unidos y Europa, donde comparan la ATRar con la ATRc que son el tema principal de esta investigación que permitirá hacer revisión de la literatura existente sobre el tema aquí tratado.

Cabe resaltar, que en la revisión de los artículos se evidencia que la artroplastia de Rodilla viene más en aumento y se necesita cada vez más tecnologías que generen ventajas al sistema de salud, el cual abarca los usuarios, las entidades prestadoras de servicios, las instituciones prestadoras y los entes regulatorios.

Palabras clave: Artroplastia total de rodilla, Artroplastia total de rodilla asistida por robot, Robótica, evolución, Artrosis.

## Summary

Knee arthroplasty is a procedure that has evolved over the years and according to needs, which specialists have been discovering in their patients, procedures, satisfaction surveys and results they have found in the surgeries performed.

We are currently living an important moment in history in terms of the evolution of knee replacement, since this advanced technology according to the literature is positioned in countries such as the United States, France and Spain. This technology entered Colombia in 2021, starting in institutions that decided to implement knee replacement assisted with Robot, where new studies are obtained implant positioning, range of movement, patient satisfaction, incorporation into daily activity, range of pain, hospital stay, opioid minimization, initial physiotherapy, infections for less surgical exposure and sterilization costs.

These studies will allow us to evaluate whether in Colombia this high technology has advantages for an entire health system, despite the initial cost of acquiring advanced technology; for this, we can rely on studies that have been carried out in the United States and Europe, where they compare the ATRar with the ATRc that are the main topic of this research that will allow us to make a review of the existing literature on the subject treated here.

It should be noted that the review of the articles shows that knee replacement is more and more in increase and more technologies are needed to generate benefits to the health system, which includes users, service providers, providing institutions and regulatory bodies.

Keywords: Total knee arthroplasty, Robotic-assisted knee arthroplast, robotics, evolution

## 1. Introducción

En esta investigación nos vamos a centrar en el área de la ortopedia, específicamente en una de sus especialidades que son la cirugía de rodilla, la cual, técnicamente se conoce con el nombre de “artroplastia de rodilla” como uno de los procedimientos quirúrgicos para tratar la artritis. Durante la cirugía, se reemplaza la articulación de la rodilla por un implante femoral y tibial en Metal y en medio un Polietileno. Se extrae el cartílago dañado y se reemplaza por estos implantes, en ocasiones la patela también se reemplaza por un botón en polietileno. (1)

Según Palomo y Crespo (2020-2022) refieren que al realizar un procedimiento como la artroplastia de rodilla a un paciente que presenta dolor, funcionalidad reducida y signos radiológicos de lesión grave articular, los cuales no se controlan con tratamientos alternativos (1), se obtiene una recuperación de la función articular de la rodilla, cuyos implantes tienen una durabilidad entre 10-15 años (2). La artroplastia de rodilla navegada fue de las primeras técnicas, diseñada con el propósito de ayudar al cirujano a mejorar la alineación y posición del implante mientras mantiene el control sobre los cortes realizados y la fijación (3).

Así mismo, los avances de la tecnología han logrado evolucionar, llegando a la implementación de la robótica, con el uso de dispositivos programables que puedan llevar a cabo una amplia variedad de tareas quirúrgicas. Según el estudio titulado ¿la robótica una tecnología que ha venido para quedarse? (2022) refieren que esta ha sido utilizada en otras especialidades para mejorar la precisión de la disección quirúrgica y la recuperación postquirúrgica. (4).

Así mismo, para las Instituciones prestadoras de servicios en salud, es importante conocer la calidad de los procedimientos realizados en la artroplastia de rodilla y el grado de satisfacción de los pacientes, lo que hace que estas instituciones se comparen a nivel nacional e internacional para poder competir globalmente, cuidar sus recursos, patrimonio de cada institución y del Estado, teniendo como centro el paciente en pro del mejoramiento continuo y desarrollo al implementar nuevas estrategias (5).

Debido a los esfuerzos que se han realizado para poder reproducir la cinemática de la rodilla y generar una alineación correcta ha sido inevitable el aflojamiento por mal posicionamiento de los implantes, siendo este uno de los principales problemas, según lo planteado por Figuero (DH en el año (2022)(6). Es por esto, por lo que el paciente debe ser sometido a reintervenciones para una revisión de rodilla, lo cual, genera un elevado costo al sistema salud.

De allí, la necesidad de mostrar a partir de esta investigación, el panorama general de la evolución que ha tenido la artroplastia de rodilla hasta llegar a la implantación, con tecnologías de avanzadas como el robot; el cual ha venido evolucionando hasta la “cirugía robótica” como dispositivo programable que puede llevar a cabo tareas quirúrgicas (4).

Es así como uno de los objetivos de estos dispositivos es poder reducir o anular esa inconformidad con la que quedan los pacientes; por eso los científicos, ortopedistas, ingenieros de la industria, trabajan en la reproductividad de la cinemática y precisión de la rodilla (1).

Para poder lograr los objetivos de esta investigación se pretende realizar una revisión sistemática de la literatura existente acerca del tema, búsqueda en base de datos con la información actualizada que nos permita precisar la evolución de la “cirugía robótica” e indagar sobre el grado de satisfacción de los pacientes, sustentando el por qué según las investigaciones se muestra como una de las alternativas actuales para los usuarios siendo tendencia a nivel mundial en la especialidad de la ortopedia.(5).

Por ende, lo que se busca es mostrar las ventajas y desventajas de lo que implica la llegada de la tecnología de avanzada para la artroplastia de rodilla en el sistema salud, planteando diferentes puntos de vista a partir de los estudios de intervenciones económicas realizados, teniendo en cuenta los costos iniciales que llegan a ser altos para las instituciones o para las entidades prestadoras de salud por la adquisición de un nuevo equipo de alta tecnología, instalación, mantenimiento, actualización de Software, imágenes preoperatorias e incremento del tiempo quirúrgico durante la curva de aprendizaje (4)(7).

## 2. Planteamiento del problema

Según Ortega, Barco y Rodríguez desde el año 2002 (8) refiere que la artroplastia total de rodilla (ATR) aporta habitualmente una disminución del dolor, un aumento de la función y una evidente mejoría en la calidad de vida relacionada con la salud. Unos mejores diseños, la utilización de nuevos materiales e instrumentaciones, la corrección del balance ligamentoso y la posibilidad de reproducir el eje mecánico de la extremidad han propiciado unos excelentes resultados y la incorporación definitiva de esta técnica a la práctica clínica habitual (8).

La artrosis de rodilla esta próxima a ser la cuarta causa de discapacidad en mujeres y la octava en varones, siendo los costes atribuidos a tal patología, representan el 10% de las consultas en atención primaria y causan el 15% de las incapacidades laborales transitorias y constituyen la primera causa de incapacidad laboral permanente (1).

A la fecha, en Colombia se cuenta con tres equipos de tecnología avanzada para realizar las cirugías de artroplastia de rodilla con alta tecnología, ubicadas en las ciudades de Cali, Bogotá y Barranquilla, siendo estas ciudades las que dan la apertura a esta tecnología. En los últimos años ha aumentado los casos de artrosis de rodilla debido a las altas actividades de movilidad visibles, causas como envejecimiento, herencia, obesidad, trastornos de sobrecarga, lesiones locales y exceso de uso de las articulaciones, impidiendo tener una mejor calidad de vida a los usuarios. según estudios de ¿Esta tecnología llevo para quedarse? (2022) (4)

Por lo anterior se plantea la pregunta problema ¿Es viable seguir incursionando en tecnología de avanzada en los sistemas de salud colombiano, para realizar artroplastia de rodilla, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de estos procedimientos?

### 3. Justificación

Esta investigación busca mostrar desde la revisión bibliográfica como ha sido la evolución de la artroplastia de rodilla y sus ventajas y desventajas, cobra importancia debido a que la medicina nunca dejara de avanzar y cada día se van implementando nuevas tecnologías para mejorar cada una de las inconformidades que se presentan en los usuarios, en este caso en la satisfacción y confort de los pacientes para realizar sus actividades cotidianas y minimizar las reintervenciones quirúrgicas por medio de implantaciones con robótica y tecnología avanzada que impactan notablemente al sistema de salud.

A partir de esto, se hace necesario determinar cuáles son las ventajas y desventajas de la artroplastia de rodilla convencional vs artroplastia con tecnología de avanzada lo cual será de impacto para el sistema salud, con el fin de que se realice el análisis de costo beneficio de esta nueva tecnología.

Según la bibliografía existente, dentro de la implementación de la robótica no solo se encuentran beneficios para el sector salud, sino que el paciente también se beneficia con:

Implantes más precisos, recuperación e integración a la actividad diaria en más corto tiempo, minimización de infecciones, precisión en los implantes.

Al cabo de un año o año y medio las Instituciones de salud pueden empezar a ver resultados financieros y minimización en las cajas a esterilizar.

Al especialista le beneficia por el grado de experiencia al cual se verá enfrentado y su curva de aprendizaje no será tan extensa, se habla de un promedio de pacientes de 30 - 40.

Debemos esperar un poco para empezar a obtener estudios a largo plazo, esta es la manera de ir construyendo para empezar a sustentar todos los beneficios por lo cual se ha diseñado la tecnología de avanzada. Además, se debe tener en cuenta que, en la artroplastia de rodilla realizada con tecnología de avanzada, se requiere de un alto costo, la curva de aprendizaje para los ortopedistas es larga y hay un aumento del tiempo quirúrgico para su realización.

Todo esto, ha llevado a los especialistas y financieros a revisar la necesidad de adquirir nuevas tecnologías de avanzada en el país, conocer la evolución de la artroplastia de rodilla hasta donde ha llegado y hacia dónde se dirige con el fin de que el sistema salud se vaya preparando y vaya teniendo en cuenta que, en un futuro no muy lejano, de acuerdo con las ventajas se pueda brindar a los usuarios estos servicios para mejorar su calidad de vida y minimizar la alta demanda de artroplastia de rodilla.

Por lo anterior, este trabajo se justifica para tener soporte de las ventajas y desventajas planteadas en las publicaciones tenidas en cuenta para esta monografía y que permita conocer la viabilidad de la implementación de la artroplastia de rodilla robótica como herramienta en el sistema de salud Colombiano.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Realizar una búsqueda sistemática de la evolución de la artroplastia de rodilla, hasta la implementación asistida por robótica sus ventajas y desventajas en el Sistema de Salud Colombiano.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Identificar la evolución de la artroplastia de rodilla desde la primera implantación hasta la implantación con tecnología avanzada.
- Observar los avances de la artroplastia de rodilla con tecnología avanzada desde la navegación hasta la robótica.
- Reconocer las ventajas y desventajas de la artroplastia de rodilla asistida por robótica en el sistema de salud colombiano y los costos que implica su implementación.

## 5. Marcos

### 5.1. Marco teórico

A continuación, se presenta en el marco teórico la evolución que ha tenido la artroplastia de rodilla con el pasar del tiempo, así como las ventajas y desventajas en cada uno de los procedimientos, a partir de la recolección de la información tenida en cuenta, desde la década de los 90's, se inicia con el uso del navegador quirúrgico que ha facilitado la introducción de la cirugía asistida por computadora en la ortopedia (Computer-assisted Orthopaedics Surgery, CAOS), con lo cual, se ha podido obtener una mayor precisión en los implantes de prótesis de cadera y de rodilla. (9)

De la misma forma, como un sistema de posicionamiento global (GPS) permite orientar a una persona en un camino desconocido, una planificación quirúrgica virtual cargada en un navegador permite guiar al cirujano en el camino que seguirá el corte de una sierra durante el procedimiento. La planificación de los cortes por computadora permite simular diferentes abordajes para el mismo problema quirúrgico. Una vez decidida la aproximación más adecuada al problema, puede ejecutarse bajo la guía de navegación intraoperatoria. De esta forma, el conjunto de tecnologías agrupadas bajo la etiqueta de “cirugía asistida por computadora” permiten efectuar resecciones tumorales disminuyendo el riesgo de un error humano al momento de efectuar los cortes óseos (9).

Según lo manifestado por Ortega, Barco y Rodríguez en 2022 (8), Hay que destacar que los resultados de la Artroplastia de rodilla (ATR) son en general muy satisfactorios y que dicha técnica ofrece una solución adecuada a muchos procesos degenerativos de la rodilla. La ATR hace desaparecer o alivia el dolor preoperatorio, y mejora la función y la calidad de vida del paciente durante un considerable período de tiempo. Los sistemas de baja fricción, las plataformas móviles, los sistemas no cementados, y la sustitución rotuliana y del ligamento cruzado posterior (LCP) son temas que con la evidencia médica actual no están resueltos y necesitan de estudios a largo plazo. La realización de una técnica quirúrgica meticulosa y una selección adecuada de los pacientes probablemente tiene mayor importancia en los resultados que los factores implicados en el diseño (8).

Según un estudio realizado por Hernández, Noriega y Suarez en el 2016, plantean que no existe controversia en cuanto a la mejor técnica de alineación en las artroplastias de rodilla, una de ellas es la alineación mecánica que pretende mantener el eje de la extremidad en  $180\pm 3^\circ$ , y para ello utiliza la instrumentación estándar y las liberaciones tendinosas necesarias hasta conseguir una separación simétrica entre fémur y tibia, y similar en flexión y extensión. (10)

También se encuentra la alineación cinemática que se basa en la elevada frecuencia del varo constitucional y para conseguirla se recomienda resecar la superficie ósea dañada sin alterar el eje preoperatorio de la extremidad y sin añadir liberación de partes blandas. No existe consenso sobre qué tipo de alineación es mejor para la función y los resultados de la artroplastia. Se reconoce que la alineación cinemática tiene sus limitaciones; puede ser que una técnica híbrida como la denominada alineación funcional sea la más recomendable, pero no existe en la literatura una pauta uniforme de recomendación. (11)

Con los conocimientos que hasta ahora poseemos no puede recomendarse la utilización rigurosa de un tipo u otro de alineamiento. La consecución del eje mecánico se ha mostrado a lo largo de los años como un objetivo de la instrumentación en las ATR. Los resultados conseguidos a largo plazo con esta técnica son conocidos y han colocado a la ATR como un procedimiento exitoso. (11)

Por otro lado, en la revisión del documento titulado la alineación de rodilla se plantea que conseguir un reparto de cargas simétrico ha evitado el desgaste de los componentes y su hundimiento. Intentando disminuir el porcentaje de pacientes que no se muestran completamente satisfechos tras la ATR, y considerando la frecuencia del varo constitucional se han divulgado en los últimos años otros sistemas de alineación. La AC persigue la colocación de la artroplastia sin modificar el eje preoperatorio de la extremidad a modo de superficialización, sin intervenir sobre el aparato ligamentoso. La comparación de resultados entre ambos tipos de alineamiento no puede efectuarse seriamente por la diferencia en los periodos de seguimiento de los casos. (11)

La alineación funcional, recientemente descrita, es una técnica híbrida entre la alineación mecánica (AM) y la alineación cinemática (AC). Es posible que el alineamiento funcional sea clave para obtener mejores resultados, pero la bibliografía aun es escasa y se necesita el apoyo de técnicas

que permitan asegurar la corrección de las resecciones óseas. No puede afirmarse que el implante de una ATR haya dejado de ser una técnica ósea para convertirse en un procedimiento de partes blandas, pero al menos debe reconocerse que las liberaciones ligamentosas son tan esenciales como las resecciones óseas. Un cirujano debe conocer y realizar correctamente tanto las resecciones óseas como las liberaciones de partes blandas hasta conseguir una rodilla estable y cinemáticamente ajustada (12).

Así mismo, se plantea según Palomo y Crespo en el 2002 (1) que la artroplastia de rodilla asistida por navegación permite alcanzar una alineación más precisa y facilita el correcto posicionamiento de los componentes protésicos, con una menor incidencia de valores atípicos, lo que podría traducirse en una mayor supervivencia de los implantes y una menor tasa de revisión. (1)

En los últimos años se está produciendo un crecimiento progresivo en la artroplastia de rodilla asistida por navegación. El artículo publicado por Boylan et al.(10) describe un incremento del 4.3% al 11.6% entre el año 2008 y 2015 ( $p<0.001$ ). También pone de manifiesto un aumento progresivo en los cirujanos y hospitales que realizan artroplastias navegadas de rodilla, pasando del 6.2% y el 16.2% en 2008, al 17.1% y el 29.2% en 2015, respectivamente ( $p<0.001$ ). Este crecimiento no resulta uniforme, pues podría ser mayor en aquellos hospitales que llevan a cabo un elevado número de artroplastias de rodilla frente a los hospitales con un menor volumen de dicho procedimiento (11).

### **5.1.1 Historia de la navegación y la robótica en cirugía asistida por ordenador.**

Existen numerosos estudios que han demostrado que incluso con cirujanos experimentados, la alineación obtenida mediante métodos de instrumentación convencional en ATR realizadas con una adecuada planificación preoperatoria restablece un eje mecánico ideal en tan sólo un 75% de las intervenciones. La cirugía asistida por ordenador, también llamada cirugía navegada, nació como una herramienta para maximizar la exactitud en la cirugía, estandarizar el procedimiento y prolongar con ello la vida de la prótesis. En 1991, el Dr. Lavallée, de la Universidad de Grenoble (Francia), utilizó por primera vez el sistema de cirugía asistida por ordenador en rodilla para reparar un LCA (ligamento cruzado anterior). Pero no fue hasta 1997, en Francia, cuando el Dr. Saragaglia y el Dr. Picard realizaron la primera artroplastia de rodilla navegada. (13)

El término "navegación" describe la actividad quirúrgica realizada por un cirujano con la instrumentación asociada a un ordenador. Se han descrito varias clasificaciones de los sistemas de ayuda informatizada en intervenciones quirúrgicas de rodilla, siendo la más reciente la de Picard que los clasifica en:

### **5.1.2 Sistemas activos (robots automáticos)**

Los sistemas activos robóticos son los más antiguos y complejos. Para este tipo de tecnología de cirugía asistida por ordenador (CAO), el propio robot es el navegador. Los robots llevan a cabo una tarea específica de forma autónoma sin apoyo adicional por el cirujano. Estos sistemas se han utilizado en la sustitución total de la articulación, pero su beneficio clínico ha sido fuertemente cuestionado(14). Debido a su complejidad y coste económico, al uso de marcadores de referencia invasivos y a la necesidad de una sala quirúrgica de mayor tamaño no han sido ampliamente implantados en la artroplastia de rodilla.

### **5.1.3 Sistemas semiactivos**

Los sistemas semiactivos o activos pasivos no realizan tareas quirúrgicas de forma autónoma, pero pueden orientar mecánicamente la mano del cirujano en la colocación del instrumental quirúrgico. Este sistema permite al cirujano operar libremente dentro de una zona de seguridad predeterminada. El primer sistema semiactivo en rodilla fue publicado por Matsen en 1993 donde el cirujano seleccionaba la posición deseada y la orientación de los componentes protésicos femorales en una plantilla de digitalización tridimensional prequirúrgica (4).

### **5.1.4 Sistemas pasivos**

Los sistemas pasivos son los más extendidos. Esta tecnología ofrece información sobre la alineación de la extremidad, geometría de la articulación y estado de distracción de las partes blandas y proporciona los datos necesarios para realizar los cortes y colocar los implantes de una manera óptima, pero deja en manos del cirujano el control para modificar cualquiera de los parámetros de salida y es él quien realiza los cortes y coloca los implantes.

Es un ordenador el que informa intraoperatoria mente y en tiempo real del rango de movilidad, de la orientación del plano de corte, de la alineación de la extremidad, de la colocación de los implantes y del equilibrio de las partes blandas siendo el cirujano el que adquiere las referencias anatómicas y realiza los cortes. Pueden ser agrupados en tres categorías en función del método de referencia que utilicen:

### **5.1.5 Sistemas basados en imágenes (Tomografía Axial Computarizada [TAC] o fluoroscopia) y los sistemas sin imagen.**

Sistemas basados en TAC: previamente a la intervención quirúrgica de artroplastia total de rodilla (ATR) se realiza un estudio TAC de cabeza femoral, rodilla y la porción distal de la tibia creando un modelo tridimensional en base a las imágenes obtenidas. La principal ventaja de este sistema es la gran exactitud de la anatomía obtenida incluso en casos de deformidades extremas. Los inconvenientes son la obligatoriedad de realizar una TAC que puede considerarse un gasto adicional de tiempo y dinero, además de ser una fuente de radiación para el paciente.

Los sistemas basados en la fluoroscopia utilizan el intensificador de imagen y permiten la recogida de un número limitado de imágenes. La combinación de éstas con los marcadores específicos permite al ordenador relacionar la posición de la imagen con la posición del marcador en el paciente.

Los sistemas sin imágenes están basados en una base de datos que dispone cada fabricante tras la digitalización de un gran número de imágenes de la anatomía de distintos pacientes. El primer sistema de navegación libre de imagen fue descrito por Leitner en 1997 siendo uno de los más sencillos y ampliamente utilizados hoy en día en la ATR (15).

Estos sistemas recopilan la información de la geometría ósea a través del mapeo (recogida de puntos de referencia y de superficie) que realiza el cirujano intra operatoriamente mediante un puntero. En base a algoritmos cinemáticos y a los puntos digitalizados por el cirujano los datos se transforman en un modelo tridimensional. Las bases teóricas de la cinemática de la extremidad inferior fueron definidas por Yoshioka en 1987 y basadas en el soporte del peso del fémur y de la tibia. La principal ventaja de este sistema es la no exposición a radiación por la exploración de TAC (1).

Existen diferentes tipos de procedimientos para realizar la digitalización del elemento terapéutico a través de los sistemas sin imagen: En primer lugar, los dispositivos emisores especializados que son dispositivos de posicionamiento de rastreo que se utilizan para determinar los puntos de referencia anatómicos intraoperatoriamente.

En segundo lugar, los procedimientos pivotantes cuyo objetivo es determinar las características cinemáticas específicas de la articulación. Técnicamente, la mecánica de los cuerpos rígidos y algoritmos matemáticos de optimización son empleados para calcular los parámetros cinemáticos deseados. En la ATR el procedimiento pivotante es utilizado para calcular el centro de rotación de la cadera, de la rodilla y del tobillo y los dispositivos de rastreo (punteros de digitalización) para el registro de puntos de superficie articular.

#### **5.1.6 Sistema de navegación sin imagen**

Los sistemas de navegación sin imagen en la ATR están compuestos por un sistema de seguimiento óptico o cámara que recoge la posición y la orientación de los transmisores ópticos que están localizados en fémur y tibia; un puntero que permite al cirujano digitalizar las referencias óseas y realizar el mapeo de la geometría de la rodilla y el instrumental quirúrgico propio de la prótesis. Todo el sistema de navegación está controlado por un ordenador que procesa los datos obtenidos y ofrece al cirujano la información necesaria para realizar los cortes. Los elementos básicos de los sistemas de la cirugía asistida por ordenador sin imagen son:

- a) Elemento terapéutico: es la zona anatómica objeto del tratamiento, en este caso la rodilla del paciente.
- b) Elemento virtual: es la representación virtual del elemento terapéutico en el ordenador que permite planificar y realizar la navegación durante la intervención creando un modelo anatómico. El elemento virtual en los sistemas sin imágenes se genera intraoperatoria tras digitalización de las superficies articulares.
- c) Navegador: es el punto de unión entre el elemento terapéutico y el elemento virtual. Está compuesto por tres elementos:

1. Plataforma informática: es el ordenador que gestiona la coordinación del flujo de información de entrada procedente del campo quirúrgico, interpreta los datos matemáticamente y transforma la información en una visión tridimensional en un monitor.

2. Sistema de rastreo: es un mecanismo de comunicación entre el elemento terapéutico y la plataforma informática. Aunque hay otros basados en cables o radiofrecuencia el más utilizado se basa en el seguimiento óptico a través de rayos infrarrojos. Para ello, es necesaria una cámara óptica.

3. Marcadores de referencia: los marcadores activos emiten luz infrarroja, los pasivos reflejan la emitida por la cámara de rastreo. El sistema de seguimiento y el ordenador asociado realizan un proceso de triangulación para determinar la posición de cada marcador de referencia (1) .

En un estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la Clínica Medihelp y San Juan de Dios de Cartagena, se concluyó que el sistema de navegación en los reemplazos totales de rodilla como una nueva técnica de aceptación mundial que ha mostrado ventajas en la funcionalidad y alineación final de los componentes protésicos comparadas con las técnicas convencionales siendo un punto de apoyo para los ortopedistas tanto con experiencia como en formación. Este estudio abre las puertas para futuras investigaciones a largo plazo para demostrar resultados definitivos y sea una puerta de entrada para que se implemente generalizadamente el sistema de navegación y los pacientes se beneficien de la nueva tecnología (3).

Con esto se quiere mostrar como ha venido evolucionando los implantes, técnicas, puntos de referencias, herramientas y equipos e instrumentos para realizar una artroplastia de rodilla con tecnología avanzada, dejando la inquietud si el Sistema Salud en nuestro país acogería la evolución de este procedimiento y lo incluiría en el POS y en cuánto tiempo.

##### 5. Complicaciones en la artroplastia de rodilla

En las Artroplastia de rodilla de cirugía de alto costo en los Estados Unidos se realizan anualmente 550.000 reemplazos de rodilla a pacientes entre 45 a 79 años. Con el envejecimiento de la población, se espera que en los próximos veinte años este número se triplique. Estas cirugías

producen una gran morbilidad especialmente temas relacionados con las infecciones, lo cual, ha generado un alto costo de gasto en el sistema. También se han visto afectados los traumatólogos porque en muchas ocasiones son demandados, por los pacientes, afectando así los profesionales que realizan dichos procedimientos.

Se puede observar el caso del Servicio Nacional de Salud Británico (NHS) recibió entre 1995 y 2010 demandas por supuesta mala praxis originadas en estos procedimientos, 523 en artroplastia de rodilla que equivalen a 21 millones de Libras.

El impacto en los pacientes por reintervenciones de los procedimientos, pueden ser devastadores para el entorno familiar, quienes son los que deben sobrellevar cada uno de los siguientes episodios junto los usuarios:

- ✓ Una segunda operación para remover la prótesis e insertar un espaciador impregnado con antibióticos.
- ✓ Antibióticos junto con posibles eventos adversos de estas drogas
- ✓ Importante dolor y disminución de la movilidad, que puede requerir la dependencia de una silla de ruedas o de un andador.
- ✓ Una tercera operación cuatro a seis semanas después de completado el esquema antibiótico para un reimplante articular.
- ✓ Período de recuperación de tres a seis meses.
- ✓ Considerables gastos de los familiares.
- ✓ En muchos casos incapacidad permanente.

## **5.2 Marco contextual**

Es importante tener presente que la artroplastia, es un procedimiento quirúrgico que se ha venido realizando desde el año 1968 aproximadamente. Es desde allí, cuando se empieza a profundizar sobre la importancia de contribuir en la salud de los pacientes con problemas de artrosis en la rodilla, para brindar posibles soluciones a dicha degeneración articular de la rodilla (16).

Por eso, la convergencia de los avances en informática y comunicaciones con la medicina en general y la cirugía en particular, ha dado como resultado un acelerado proceso de informatización de todas las áreas de la medicina. La cirugía robótica es una técnica en la cual un cirujano lleva a cabo una cirugía mediante una computadora que controla de manera remota instrumentos pequeños fijados a un robot (14).

Para Vitolo (2022) según lo planteado en su artículo, la artroplastia de rodilla ha mostrado gran éxito mejorando la funcionalidad y aliviando el dolor; con baja incidencia de complicaciones; también hay que tener en cuenta que se ha venido acortando la estancia hospitalaria, se han minimizando las infecciones y reintervenciones lo cual es un gran beneficio para los sistemas salud del mundo, se ha involucrado al paciente para que se empodere del procedimiento que le van a realizar y con esto minimizar las estancias largas, aplicando tres principios fundamentales: *la educación sanitaria del paciente, los nuevos métodos de analgesia y anestesia, y la movilización precoz en combinación con el trabajo del equipo multidisciplinar* (12) .

Ahora bien, es importante tener presente los protocolos en las instituciones: el proceso de desarrollar un protocolo de tratamiento estandarizado conlleva a la discusión de los cuidados que implica el costo-efectivo y ofrece resultados de alta calidad. La aplicación de este protocolo tiene una repercusión científica, económica y social. Se trata entonces de ofrecerles a los pacientes un servicio óptimo de salud, con una mejoría en su calidad de vida y una ganancia económica para nuestro país. Las ventajas en el manejo de los costos y la calidad de los cuidados estratégicamente colocarán a los servicios de la ATR en una "posición competitiva" que permitirá ser "Centros de Excelencia" (3).

Debido a que, se deben evitar los riesgos que se pueden dar en la implantación de la artroplastia, puesto que una de ellas son las infecciones por artroplastia de rodilla que han generado una gran sobrecarga económica al sistema de salud. Por ejemplo, en estudios realizados en los Estados Unidos estiman un impacto económico de 60.000 dólares esto triplica o cuadriplica el costo de las artroplastias de rodilla no infectadas, porque el riesgo de cada artroplastia puede generar dichos costos por los riesgos que se pueden presentar debido a una posible complicación por las infecciones.

Cada paciente infectado entre los años 2001 y 2004 costó un promedio de US \$3820 más que los pacientes que evolucionaban sin esta complicación costos que incluyen: Hospitalización, Derechos de quirófano, Insumos de artroplastia, Reintervenciones, Uso de antibióticos y Cultivos bacteriológicos.

También se puede clasificar estos costos en directos e indirectos:

**Costos directos:**

- ✓ Mayor estadía hospitalaria
- ✓ Readmisiones
- ✓ Cirugías adicionales (en general, la remoción y el reimplante)
- ✓ Rehabilitación o cuidados domiciliarios entre procedimientos
- ✓ Significativos incrementos en costos hospitalarios directos

**Costos indirectos intangibles:**

- ✓ Costo de oportunidad por el tiempo dedicado por el personal para el seguimiento y las revisiones.
- ✓ Baja productividad del paciente y de los miembros de su familia
- ✓ Gastos de bolsillo de los pacientes no reembolsables
- ✓ Menor satisfacción de los pacientes.
- ✓ Disminución de las derivaciones
- ✓ Mayor recambio de personal
- ✓ Aumentos de juicios por responsabilidad profesional (7)

Otro aspecto que se debe tener presente es la Calidad de Vida, según la Organización Mundial de la Salud abarca varios indicadores:

Estatus funcional: El cual mide la presencia y grado de interferencia de daños físicos en la realización de actividades diarias, de autocuidado, movilidad, actividades físicas propias y cotidianas.

Estatus psicológico: Definido por la regulación emocional, solución de problemas y toma de decisiones.

Funcionalidad social, se refiere a redes de apoyo formales y redes de apoyo informales, así mismo alude a las creencias religiosas y el funcionamiento global (7).

Además, en el auge que ha tenido la artroplastia de rodilla y las proyecciones de crecimiento de este procedimiento quirúrgico, una de las primeras evoluciones que se han dado ha sido la Cirugía navegada: esta aporta una sencillez en la técnica quirúrgica que se traduce en una escasa demora en el tiempo de cirugía, así como en una curva de aprendizaje corta. Las ventajas aportadas por el sistema de navegación implican una mejoría más acusada en todas las escalas de valoración clínica a lo largo de cada uno de los seguimientos, resaltando la recuperación avanzada en los tres primeros meses postquirúrgicos, lo cual, se traduce en reincorporación temprana a sus actividades cotidianas y hasta laborales.

En la actualidad, la cirugía robótica dejó de ser ciencia ficción para convertirse en una realidad. Probablemente, sea la cirugía del futuro con tendencia a la miniaturización. Su aplicabilidad 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 robóticos en forma sistemática y las comunicaciones científicas sobre fallas del robot y sus componentes son extremadamente escasas. Si bien estos y otros procedimientos son realizables, eso no los transforma automáticamente en el actual "*gold standard*" de tratamiento. En Colombia, se ha venido implementando la Robótica en dos instituciones, la Clínica Med de Cali y Clínica de los Cobos en Bogotá.

### **5.3 Marco conceptual**

**Artroplastia de Rodilla:** Artroplastia de Rodilla es una de las cirugías Quirúrgicas más eficientes y frecuentes en lo que a ortopedia se hace referencia, los pacientes sometidos a esta intervención obtienen un alivio del dolor y un nivel funcional que les permite incorporarse a una vida activa.

**Artrosis:** Enfermedad crónica que afecta al cartílago y a los tejidos que lo rodean, es una enfermedad incapacitante y genera pérdida de autonomía.

**Robótica:** Los conceptos “cirugía ortopédica asistida por ordenador” (Computer Assisted Orthopaedic Surgery CAOS) y “cirugía integrada con ordenadores” (Computer-integrated Surgery CIS), introducidos por DiGiioi y Taylor, definen la relación hombre-maquina, con el fin que los resultados sean mejores que los obtenidos de forma individual, lo cual será beneficioso para el paciente. Se ha comprobado que los componentes, femoral y tibial, se orienta mejor cuando se utiliza la navegación: posición de los implantes, restauración del eje mecánico lo cual tiene una trascendental importancia en la supervivencia del implante; la idea es que la maquina no desplace al especialista es una cooperación cirujano-máquina de donde obtendrá el paciente su beneficio (17).

La robótica como ciencia, es el resultado de varios siglos del progreso de la razón humana. Podríamos decir que tan solo faltaban las herramientas matemáticas y el progreso de la física matemática descubierta por Galileo, Newton, Gauss, entre otros; para que inventores antiguos como *Arquitas de Tarento* (400 a.C.), pudiesen desarrollar sistemas autónomos o automáticos que tenemos hoy. La robótica ha pasado por varias etapas para alcanzar su evolución y perfeccionamiento (14).

**Evolución:** En los últimos años hemos asistido a una importante evolución en los diseños protésicos de la artroplastia total de rodilla, como finalidad mejorar los satisfactorios resultados de este procedimiento, búsqueda del par de fricción ideal en este implante ha dado como resultado las mejoras en el proceso de fabricación del inserto e incluso la incorporación de nuevos materiales empleados con éxito en otras articulaciones, pero cuyos beneficios en la rodilla todavía requieren de experiencia. Los objetivos quirúrgicos de precisión y reproductibilidad de resultados han dado lugar a la incorporación de la robótica en este proceso.

Asimismo, la necesidad de restablecer la cinemática articular ha supuesto la evolución a diseños que preservan el Pivot central de la rodilla o cuya constricción es variable entre los dos compartimentos. No obstante, debemos ser cautos a la hora de evaluar los beneficios derivados de estas supuestas mejoras.

Alineación cinemática: El objetivo de la alineación cinemática (AC) es reproducir la anatomía tridimensional y cinemática de la rodilla preartrósica. En teoría representa una sustitución de la superficie articular, eliminando una cantidad equivalente de hueso y cartílago para igualar el grosor del implante.

#### 5.4 Marco Normativo

Norma #.	Definición
Decreto 4725 de 2005. Constitución Política numeral 11 del artículo 189, artículo 564 de la ley 09 de 1979, artículo 245 de la ley 100 de 1993 y el numeral 42.3 del artículo 42 de la ley 715 de 2001D	Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano.
Decreto 2078 de 2017, Decreto 1081 de 2015	Ruta de protección colectiva de los derechos a la vida, la libertad, la integridad y la seguridad personal de grupos y comunidades
Ley 1437 del 2011, Artículo 308 del Congreso de la Republica	Proteger y Garantizar los derechos y libertades de las personas, la primacía de los intereses Generales, la sujeción de las autoridades a la Constitución y demás preceptos de ordenamiento jurídico, el cumplimiento de los fines estatales, el funcionamiento eficiente y democrático de la administración, y la observancia de los deberes del Estado y de los particulares
Decreto 582 del 2017, Artículo 189 numeral 11 de la Constitución Política y en desarrollo del artículo 245 de la Ley 100 de 1993	El Invima podrá aprobar modificaciones al registro sanitario de dispositivos médicos y permisos de comercialización, cuando el solicitante demuestre que se trata de un cambio que no afecta la seguridad y efectividad del dispositivo médico o equipo biomédico.

## **6. Metodología**

En cuanto a la metodología del trabajo se realizará con enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo que orienta revisión de información, que permita realizar una comparación de la bibliografía obtenida sobre cuáles son las ventajas y desventajas que puede tener la artroplastia de rodilla con tecnología avanzada para el Sistema Salud Colombiano y así poder hacer un comparativo con los artículos que se toman para dicha argumentación.

### **6.1 Enfoque y alcance de la investigación**

El enfoque de la presente investigación es cualitativo, ya que busca solamente información y orienta a la realidad de un hecho o fenómeno analizando en este caso la información, con datos sobre la evolución de la cirugía de rodilla, beneficios para el paciente y ventajas de la robótica en la artroplastia de rodilla para el Sistema de Salud en Colombia.

Para el efecto, se partió desde la descripción de los conceptos generales de la cirugía de rodilla, a través de la recopilación de diferentes fuentes bibliográficas, hasta llegar a la descripción cualitativa de las ventajas de dicha cirugía, como ha evolucionado el procedimiento a través de la robótica y cuáles son las ventajas para el Sistema de Salud en Colombia, tema principal en el cual se central el alcance de esta investigación.

### **6.2 Descripción de la estrategia de búsqueda**

Por consiguiente, en la estrategia de búsqueda se definieron las palabras claves para la revisión bibliográfica, se utilizaron bases de datos (Opac Sistema de Bibliotecas UdeA, Repositorio Institucional Universidad de Antioquia, Science Direct, Pubmed, Taylor & Francis; Springer, Google académico, Biblioteca Virtual de Salud), donde se extrajo la información de esta investigación, y se precisaron los términos con la ayuda de tesauros, con el fin de representar cada uno de los conceptos. (Artroplastia de Rodilla, Artrosis, Artroplastia de Rodilla asistida por Robot, Evolución).

Estas herramientas permiten realizar las búsquedas de los términos para precisar el lenguaje único en la indagación de artículos de revistas científicas, libros, anales de congresos, e informes técnicos.

- Descriptor en español: Artroplastia de rodilla, cirugía de rodilla, artroplastia de rodilla asistida por robot, Cirugía asistida por robot, Robótica, Evolución de la artroplastia de rodilla, Curva de aprendizaje

Una vez establecidas las palabras clave para iniciar la revisión bibliográfica y utilizados los Tesauros, se establecieron los criterios puntuales con los cuales realizó la consulta, se consideraron como criterios de inclusión de artículos originales.

### **6.3 Instrumentos**

Teniendo en cuenta que este estudio es sobre cuáles son las ventajas y desventajas que puede tener la artroplastia de rodilla con tecnología avanzada para el Sistema Salud Colombiano, se tendrán en cuenta solo los datos de los artículos que cumplen con los criterios de la búsqueda y que contengan los puntos de atención de esta investigación.

Teniendo en cuenta que en esta investigación no se utilizaron instrumentos de investigación clásicos, el procedimiento usado normal fue aplicar el instrumento de consulta de fuentes bibliográficas, a través de la búsqueda de las principales fuentes y extrayendo de ellos, los principales conceptos y teorías. Entre las fuentes bibliográficas usadas como instrumentos, se usaron enlaces, textos, informes, revistas especializadas y artículos. Posteriormente, se seleccionó un tema específico, en este caso, Artroplastia de rodilla y su evolución; se planteó el problema de investigación, los objetivos, y se estructuraron los marcos teóricos, referenciales y legales, para así llegar a obtener una serie de resultados sobre los cuales concluir y plantear recomendaciones. Para este caso, no se requirieron permisos especiales para realizar las consultas en las bases de datos ni para usar la información en este trabajo monográfico.

Para efectos de esta investigación, se tuvieron en cuenta los hallazgos positivos y negativos de las investigaciones relacionadas en las cuales se respetaron todos los derechos de autor, se

establecieron citas y referencias de cada uno de los artículos que se encontraron en base de datos (Opac Sistema de Bibliotecas UdeA, Repositorio Institucional Universidad de Antioquia, Science Direct, Pubmed, Taylor & Francis; Springer, Google académico, Biblioteca Virtual de Salud) donde se extrajo la información de esta investigación, con el fin de dar transparencia al estudio realizado. Así mismo, debido a que esta investigación no involucra una población específica, esta monografía constituye un recurso valioso que puede extender a una población general, en la cual se muestren tanto las ventajas y desventajas de la artroplastia de rodilla en el Sistema de Salud en Colombia.

Para los objetivos específicos se recogió información de los buscadores: (Opac Sistema de Bibliotecas UdeA, Repositorio Institucional Universidad de Antioquia, Science Direct, Pubmed, Taylor & Francis; Springer, Google académico, Biblioteca Virtual de Salud)

Para el primer objetivo, evolución de artroplastia de rodilla se tomaron 10 artículos de los cuales se trabajó con 3 de ellos.

Con el segundo objetivo: Avance de la artroplastia de rodilla con tecnología avanzada asistida por Robótica se extrajeron 15 artículos, tomando para la monografía 9 artículos:

Para transmitir la información de las ventajas y desventajas de la artroplastia de rodilla en el rastreo de la información se encontraron 9 estudios de los avances que se han tenido con respecto a esta tecnología en los países de Estados Unidos, Europa y Colombia, tomando como base 3 artículos.

### Objetivo 1

- 
- 1 Reemplazo total primario de rodilla en la Clínica Foscal de Colombia. El Hosp [Internet]. 2016 [cited 2022 Nov 29];8(6). Available from: <https://www.elhospital.com/es/noticias/reemplazo-total-primario-de-rodilla-en-la-clinica-foscal-de-colombia;>(18)
  - 2 M. Ortega Andreua RBLECRM. Artroplastia total de rodilla. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2002;46(5):476–84. M. Ortega Andreu, R. Barco Laakso, E
-

C. Rodríguez Merchan Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica, Hospital Universitario La Paz, Madrid. (8)

- 
- 3 Gómez-García F. Historia y desarrollo de la artroplastía de cadera. Acta Ortopédica Mexicana 2021; 35 (4): 369-383 (1) (19)
- 

## Objetivos 2

- 
1. Ochoa-Cázarez R, Cuadra Castillo M. Artroplastía total de rodilla navegada. ¿Por qué utilizarla? Acta Ortopédica Mexicana 2013; 27(3): May.-Jun: 205-210. (20)
- 
2. Silvestre A, Peña F., López r. C. Últimas tendencias en Cirugía Protésica de Hospital Clínico Universitario de Valencia. Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Revista Española de Cirugía Osteoarticular; 261(50).61-65 (21)
- 
- 3 Hernández -Vaquero. La alineación de la artroplastia de rodilla. Antiguos mitos y nuevas controversias. The alignment of the knee replacement. Old myths and new controversias. Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Oviedo, Oviedo, Asturias, España. Revista Española de Cirugía y Traumatología; 2021 65(5): 386-397 (11)
- 
4. Kyung Bae, D, Sang Jun Song. Computer Assisted Navigation in Total Knee Arthroplasty. 2011 Dec; 3(4): 259–267. (22)
- 
- 5 Balaguer-Castro M, Torner P, Jornet-Gibert M, Martínez-Pastor JC. Situación actual de la robótica en cirugía protésica de rodilla, ¿una tecnología que ha venido para quedarse? Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2022 Oct (4)
- 
- 6 Suarez Mora, RD. Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la Clínica Medihelp y San Juan de Dios de Cartagena, 2008 [Internet]. [Cartagena]: Universidad de Cartagena; 2010 [cited 2022 Oct 19]. Available from: [https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la clínica MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio%20comparativo%20de%20la%20artroplastia%20convencional%20y%20navigada%20en%20la%20cl%C3%ADnica%20MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (3)
- 
7. The Ability of Robot-Assisted Total Knee Arthroplasty in Matching the Efficiency of Its Conventional Counterpart at an Orthopaedic Specialty Hospital (23)
- 
- 8 Improving Arthroplasty Efficiency and Quality Through Concentrating Service Volume by Complexity: Surviving the Medicare Policy Changes (21)
- 
9. Balaguer-Castro M, Torner P, Jornet-Gibert M, Martínez-Pastor JC. Situación actual de la robótica en cirugía protésica de rodilla, ¿una tecnología que ha venido para quedarse? Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2022 Oct. (4)
-

### Objetivo 3

- 
1. Suarez Mora RD. Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la Clínica Medihelp y San Juan de Dios de Cartagena, 2008 [Internet]. [Cartagena]: Universidad de Cartagena; 2010 [cited 2022 Oct 19]. Available from: [https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la clínica MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio%20comparativo%20de%20la%20artroplastia%20convencional%20y%20navigada%20en%20la%20cl%C3%ADnica%20MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (3)

---

  2. Projected Volume of Primary Total Joint Arthroplasty in the U.S., 2014 to 2030. Ventajas y Desventajas de la artroplastia de rodilla se encontraron 9 estudios de los avances que se han tenido con respecto a esta tecnología en Estados Unidos, Europa de los cuales se referenciaron 3 (24)

---

  3. Yee C., Axelrod D., Rubinger L., Bhandari M. Economic studies in medical research: ‘Importance, targets, outcome evaluation. Injury; abril 2022. In press (25)

## 7 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la búsqueda sistemática sobre el análisis de costes, ventajas y desventajas de la artroplastia de rodilla en el sector de Salud.

### 7.1 Análisis de costes

En un estudio de Kayani en el 2019 (26), los costes se calculan entre 400.000 y 1,5 millones de dólares. Algunos estudios a corto plazo sugieren que la inversión inicial que se realiza con el equipo puede verse compensada con la disminución del consumo de:

Analgesia

Evaluación de los resultados comunicados por los pacientes (ERCO O PROMs de sus siglas en inglés: Patient Reported Outcomes Measures),

Reducir la estancia hospitalaria media

Reducir la tasa de reingreso

La posibilidad de realizar artroplastia de forma ambulatoria

Estimación de costes por tipo de procedimiento:

ATRar aumenta costes respecto al ATRc (Basada en imágenes: incrementaría unos 2600 dólares por prótesis, no basada en imágenes: 1530 dólares) es decir con imágenes tendría un sobrecosto de 1070 dólares.

En el análisis del modelo de MARKOV, se estima que la ATRar podría ser un procedimiento rentable en términos de años de vida ajustados por calidad (AVAC O QALY de las siglas en inglés: Quality-Adjusted Life Year) realizando un mínimo de 253 casos al año. Otro estudio refiere que se pueden evitar 131 casos de revisión. Se encontraron también otros estudios donde se revela que la

ATRRar es rentable cuando las tasas de revisión anuales estaban por debajo del 1,6% y la calidad de vida más alta (4).

Así mismo, se espera que el sistema de navegación tenga más años para poder realizar estudios a largo plazo y con esto demostrar que realmente las tasas de revisión y los resultados funcionales son mejores en la ATRRar respecto a las ATRC (26).

Teniendo presente el aporte del autor Siebert, el cual evidencio que los pacientes con ATRRar presentaron menos inflamación y edema (4); los autores como Kayani (26), reportaron que los pacientes con ATRRar tenían menos dolor postoperatorio, menor necesidad de analgésicos y menos tiempo de rehabilitación comparado con la ATRC. El mismo autor (Kayani) en otro estudio demostró que la ATRRar se realizaban menos liberación medial en deformidad en varo corregibles y fijos, que los cortes femoral y tibial eran más precisos y se produce menor lesión macroscópica de tejidos blandos. Esto también evidencia que ATRRar disminuía en 4,5 veces el riesgo de necesitar una movilización forzada bajo anestesia a las ATRC.

Según Ren (2022), en su artículo donde se realizó una revisión sistemática se reportaron mejores resultados en ATRRar en las escalas Knee Society Score (KSS) y Western Ontario y McMaster Universities Arthritis index (WOMAC) seguimiento de 6 meses (4)

El autor Kim (2019), menciona en su ensayo clínico aleatorizado comparado con ATRRar vs ATRC seguimiento a 10 años, que acá no se encontraron diferencias de aflojamiento aséptico, supervivencia global ni complicaciones (27). En otros metaanálisis publicados en el 2020 se encontró menor pérdida sanguínea y un aumento del tiempo quirúrgico en las ATRRar. Y un estudio adicional menciona como existen diferencias a favor de la ATRRar a nivel de dolor postoperatorio, rehabilitación postoperatoria y estancias más cortas (27).

La utilización de la navegación quirúrgica ayuda a la buena colocación de los implantes, da una mejor estabilidad, preserva los tejidos blandos lo cual facilita para dar una altura correcta a la línea articular (entre +/-1mm). El paciente presenta un mejor rango de movimiento para poder ejercer sus actividades diarias, mejorando su calidad de vida (2). Relevancia del equilibrio de los

ligamentos colaterales de la rodilla en la Artroplastia de rodilla navegada, estudio anatómico-clínico y dinámico-funcional de los mismos (2).

## **7.2 Tipos de dispositivos robóticos actuales**

En cirugía ortopédica se han utilizado diferentes Robot que han venido evolucionando a través de la historia y que actualmente se comercializan a nivel mundial:

\* Robodoc, fue el primer navegador que se utilizó para realizar artroplastia de rodilla y cadera actualmente se conoce como TSolution-One.

Curexo Technology, actualmente THINK SurgicalInc., Fremont, CA, EE.UU 1992

Mako o the Robotic Arm interactive Orthopedic System (MAKO Surgical Corporation), comercializado por Stryker Orthopedics, aprobado en el 2008 por la (FDA)

OMNIBotic aprobado en el 2017 por la (FDA)

NAVIO PFS (Blue Belt Technologies, Plymouth, MN, EE.UU.) distribuido por Smith&Nephew aprobado por la FDA en el 2018 y su actualización REAL INTELLIGENCE CORI (CORI) (Blue Belt Technologies, Plymouth, MN, EE.UU.) aprobado en el 2020 por FDA.

ROSA Knee robotic surgicalsystem (Medtech Sa. Montpellier,FR)aprobado para su uso por la FDA en el 2019.

VELYS Robotic-Assisted Solution (Depuy Synthes) aprobacion en el 2021

HURWA robor assisted TKA SYSTEM (15)

### **7.3 Conceptos claves**

Según estudios, en promedio, un 20% de los pacientes no se muestran conformes después que se someten a una ATR, la ciencia ha trabajado en mejorar ese 20%, insatisfecho por eso se han diseñado estos sistemas para ayudarle al cirujano a mejorar el control de las partes blandas y precisión del posicionamiento de los implantes (4).

El TKAar ha surgido para ayudar a la planificación preoperatoria, el ajuste intraoperatorio para personalizar el plan del paciente y ejecución quirúrgica que facilita menos valores atípicos en los cortes y posicionamiento de los implantes (27).

Es importante, calcular el volumen de reemplazos articulares a futuro, es de vital importancia para la asignación de recursos en los sistemas de salud de los diferentes países. Según Kurtz, a la estima que los gastos de medicare en procedimientos primarios de prótesis de rodilla y cadera podrían aumentar de \$5mil millones en 2006 a \$50 mil millones en 2030. En la U.S., 2014 a 2030 la proyección es que se duplicaran los procedimientos de TKA.

Como en robótica hay una recolección de datos de los pacientes es importante dejar claro quiénes serán los propietarios de los datos (paciente, industria, centros asistenciales o las plataformas nacionales) para poder realizar estudios y no quede sujeta a sesgos por intereses comerciales)(28).

### **7.4 Resultados de la estancia Hospitalaria**

En cuanto al tiempo de la estancia hospitalaria para los pacientes que fueron intervenidos en artroplastia de rodilla, se pudo evidenciar que se redujo a 4 a 2 días, debido a los protocolos que se han venido desarrollando en las instituciones especializadas en artroplastia de rodilla, con la robótica se pretende que esta estancia llegue a ser ambulatoria teniendo en cuenta los factores de riesgo de los pacientes (2).

Pacientes sometidos a una ATRar se evidencio que el sangrado se redujo después del postoperatorio no fue superior a 150 cc, por lo tanto hay una disminución de transfusiones sanguíneas(29).

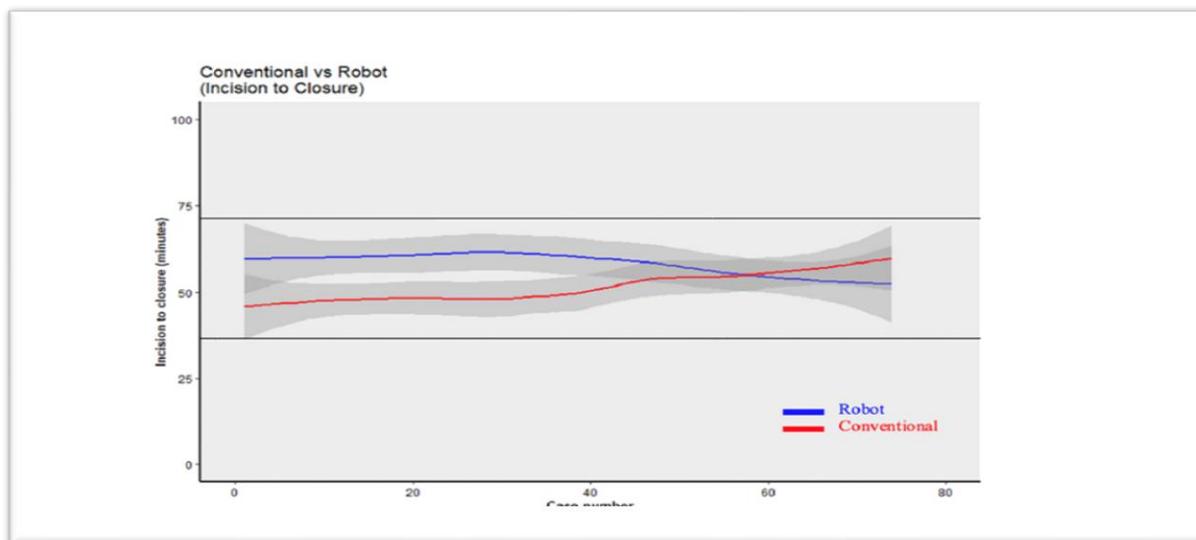
### **7.5 Ventajas de la cirugía navegada**

Entre las ventajas se encuentra la disminución del sangrado quirúrgico el cual, se atribuye al no uso de guías intramedulares femorales, abordajes mínimamente invasivos. La alineación es otra gran ventaja, el recambio de los implantes con cirugía navegada mejora a mediano y largo plazo podemos llegar de 8-10 años, es decir mientras que con cirugía convencional el re cambio de los implantes puede hacerse de 2-3 años (30). Encontramos dentro de las ventajas la relevancia del equilibrio de los ligamentos colaterales de la rodilla en la Artroplastia de rodilla navegada, estudio anatómico-clínico y dinámico-funcional de los mismos del Dr. Agustín Arranz Roa 2020. comenta que disminuye las variaciones de alineación del eje mecánico y mejora el dolor postoperatorio (4).

### **7.6 Desventajas**

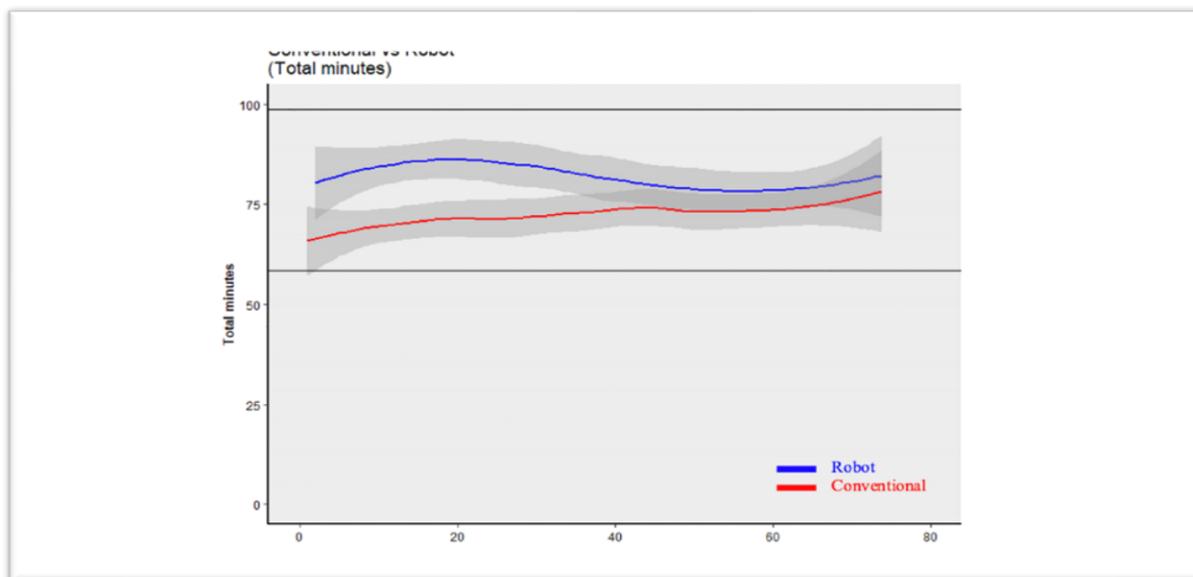
Dentro de las desventajas encontramos, el aumento del tiempo quirúrgico de 16 a 20 minutos, aunque este tiempo se mejora con la curva de aprendizaje, el gasto económico elevado por los costos de los sistemas robóticos, el uso de pines roscados en Fémur y en Tibia para colocar ahí los sensores, puede demorar un poco más cuando no se tiene una amplia experiencia; también se puede concluir, que el sistema robótico es muy joven para concluir que reduce las revisiones de artroplastia de rodilla tempranas; algunos sistemas robóticos para ser utilizados, se requiere que el paciente se tomen tomografías computarizados, lo cual aumenta las irradiaciones y los sobrecostos; cada sistema de robótica está ligado a un tipo específico de implante o casa comercial.(4).

**Figura 1. Análisis de la suma acumulada de la curva de aprendizaje del tiempo quirúrgico**



La figura 1 muestra como en un hospital especializado de Estados Unidos se realizó un estudio comparativo con 74 pacientes para ATRar y 74 para ATRc y en el cual los resultados muestran de tiempo de incisión y cierre de la herida, donde el paciente 30 en cuanto a la curva de aprendizaje se hace más hábil para la ATRar, en el paciente 58 se iguala la ATRar y ATRc y se marca a partir de este la confianza del especialista con el equipo de alta tecnología provocando en cambio que el tiempo en ATRc antes aumente.

**Figura 2. Análisis de suma competitiva de la curva de aprendizaje para total o tiempo**



La figura 2 hace referencia al estudio comparativo que se realizó en el tiempo operativo se nota que para la ATRar los tiempos inicialmente van a ser más largos, más o menos por 20 minutos hasta llegar a un descenso y finalmente llegar a un promedio más largo de 3 minutos en comparación con la ATRc, lo cual no va a ser relevante si a costos se refiere porque la tendencia es a mejorar estos tiempos cada vez que el equipo se familiarice con la tecnología de avanzada.

**Figura 3. TSolution-One.**



Fuente: (<https://www.prnewswire.com/news-releases/tsolution-one-surgical-system-hits-double-digits-in-total-knee-arthroplasty-cases-in-korea-300527142.html>)

En la figura 3 TSolution-One, antes conocido como Robodoc, fue el primer robot diseñado para realizar artroplastia de rodilla y cadera. Es un sistema de fresado con base en Tomografías TC preoperatoria. Se compone de tres partes: 1. Una estación de trabajo de planificación preoperatoria 3D, un Robot quirúrgico y una unidad de control de ordenador para la preparación precisa de cavidades y superficies.

**Figura 4. MAKO**



Fuente: (<https://www.stryker.com/us/en/portfolios/orthopaedics/joint-replacement/mako-robotic-arm-assisted-surgery.html>)

En la figura 4, se observa a Mako, es un sistema robótico que se compone de un brazo robótico el cual necesita imágenes previas para poder realizar la planeación quirúrgica del dimensionamiento de los componentes y posicionamiento del implante para poder realizar la artroplastia de rodilla. El sistema permite al cirujano ejecutar el plan preoperatorio con precisión, pero si este plan es defectuoso, el sistema no puede compensarlo.

**Figura 5.. Navio PFS**



Fuente: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128142455000268>)

En esta figura 5, se observa el Navio Surgical System la cual es una plataforma robótica de mano de próxima generación diseñada para ayudar a los cirujanos con posicionamiento de componentes, equilibrio de ligamentos y preparación o factores clave que pueden impulsar la supervivencia del implante.<sup>1,2</sup> Navio está diseñado para ayudar al cirujano con la planificación quirúrgica y el equilibrio de la articulación a las necesidades específicas del paciente. La instrumentación de mano utiliza múltiples modos de control para ayudar al cirujano a preparar con precisión el hueso para la implantación.

**Figura 6.. CORI Surgical**



Fuente: System <https://www.smithnephew.com/professional/products/robotics/cori-surgical-system/>)

En esta figura 6, El sistema CORI es una solución compacta y totalmente movable que incorpora un sistema de imágenes intraoperatorio en 3D con una herramienta avanzada de escultura robótica. El sistema robótico permite a los cirujanos medir, planificar y realizar una cirugía de rodilla que se personaliza a la anatomía individual del paciente en el quirófano. El sistema Smith+Nephew es considerablemente más compacto que los sistemas robóticos alternativos\*, tiene un tiempo de configuración mínimo y es tan portátil\*\* que se puede mover de quirófano para optimizar el flujo de pacientes a través de las unidades quirúrgicas.()

**Figura 7. Rosa Knee System**



Fuente:(<https://www.zimmerbiomet.eu/en/products-and-solutions/specialties/knee/rosa--knee-system.html>)

En la figura 7, El sistema de rodilla ROSA (Robotic Surgical Assistant) (Zimmer Biomet, Varsovia, IN) para la artroplastia total de rodilla (TKA) puede considerarse como robótica colaborativa, donde el cirujano permanece a cargo del procedimiento y colabora con una herramienta robótica inteligente, para realizar la cirugía con una alta precisión y reproducibilidad.

**Figura 8. VELYS™**



Fuente: (<https://www.jnjmedtech.com/en-US/news-events/depuy-synthes-illustrates-future-connected-or-its-expanding-velys-digital-surgery>)

En la figura 8, la solución asistida por robot (VEYLYS) (DePuy Synthes, Varsovia, Indiana) de VELYS utiliza nueva tecnología para recoger con precisión la anatomía ósea y la envoltura de tejido blando de la rodilla. Esto permite a los cirujanos utilizar esta información para planificar intra-operacionalmente la colocación anatómica de una artroplastia total de rodilla (TKA) con preservación de los tejidos blandos con el objetivo de restaurar movimiento funcional de la rodilla. La sierra asistida por robot ofrece entrega precisa, y eficiente de este plan de implantación. ( )

## 7. Conclusiones

Desde los años 1845 se han ingeniado cantidad de técnicas para minimizar la sintomatología de la artrosis, trabajando con el mismo tejido, se han realizado artrodesis, osteotomías, perforaciones; los ingenieros han entrado a jugar un papel muy importante en la evolución de la artroplastia de rodilla diseñando implantes que se adapten a la anatomía de los pacientes, con el fin de realizar técnicas quirúrgicas más precisas. Cadera y\_rodilla SCCOT. La ATRar se empezó a realizar hace tres décadas con el fin de mejorar la precisión de la alineación de los componentes, reducir las complicaciones, mejora la recuperación funcional(4) y la satisfacción de los pacientes.

La evolución de técnica y diseño ha superado los resultados en cuanto al alivio del dolor, recuperación funcional y corrección de las deformidades; también cabe resaltar que gracias a esta evolución, el utilizar el navegador quirúrgico en cirugía de artroplastia de rodilla mejora los resultados biomecánicos, clínicos, funcionales y nos brinda una mejor alineación correcta de la artroplastia de rodilla (4).

Resultados tempranos encontraron que los pacientes con ATRar tuvieron una estancia corta, un menor consumo de opioides, puntajes de dolor más bajos, mejor rango de movimiento, y menos sesiones de fisioterapia antes del alta(31).

En Estados Unidos se están realizando estudios para describir mejor costo beneficio en el Sistema Salud, teniendo en cuenta que la ATR está creciendo de una manera exponencial y liberar los centros de salud especializados para poder atender más pacientes hace que más eficiente el Sistema (32).

A partir de la revisión sistemática se evidencia que existe un gran número de ventajas en artroplastia de rodilla; En Colombia hasta ahora se ha venido implementando esta tecnología de avanzada en las ciudades de Cali, Bogotá y Barranquilla donde se espera exista un avance en las demás ciudades y se logre cubrir la alta demanda que existe actualmente en el sistema de salud colombiano como solución a la artroplastia de rodilla.

## 8. Discusión

Finalizando los 80 años como tecnología avanzada las artroscopias, inicialmente en las articulaciones de rodilla y hombro para reparaciones de meniscos, ligamentos; reparación de manguito rotador e inestabilidades respectivamente inicialmente se notó la resistencia a estos procedimientos en vista de que era mejor abrir la articulación y solo tenían acceso los particulares o las personas que tuvieran mejor condición económica, ahora vemos lo mismo con la artroplastia de rodilla, actualmente esta tecnología en Estados Unidos y Europa, en América Latina se cuenta con esta tecnología en Chile, Brasil y Colombia en donde se hizo la primer cirugía robótica el 4 de Octubre del 2021 en Clínica Med en la ciudad de Cali y en Bogotá el 15 de septiembre del 2022 en Clínica los Cobos Dr. Cesar Rocha. ¿Actualmente toda la población no accederá al sistema, pero cuando esta tecnología compruebe costos - beneficios de quien será el riesgo quien asumirá el costo, las EPS o las IPS o será un riesgo compartido?

En este trabajo hemos visto el interés del hombre por la ciencia, la tecnología, la calidad de vida y los costos del sistema salud y como unir todas estas características y avances para proporcionar al paciente una mejor calidad de vida, por eso desde mediados del siglo XVIII, se empiezan a diseñar técnicas y optimizar tejidos del mismo paciente para suplir ese tejido que duele y que necesita ser reparado, después pasar a artroplastia con componentes metálicos los cuales se debían fijar al hueso a mediados del Siglo XIX, fue entonces cuando el cemento acrílico sirvió para esta fijación, después el desarrollo de construcción, es decir prótesis bisagradas, después se llega a las prótesis de platillo móvil cuya característica es el contacto femoro-tibial reduciendo el desgaste del polietileno (16).

Después, llegan las prótesis postero estabilizadoras o conservadoras de ligamento, después llega el debate de como cementar si cementar o no cementar. Luego, se empiezan a realizar estudios de cómo obtener la mejor alineación para de esta manera darle mejor posicionamiento al implante y evitar el aflojamiento, (16). Someter a los paciente a una revisión temprana, en vista de todas estas situaciones y avances se empieza a trabajar en la cirugía asistida por ordenador, se diseñan los sistemas de navegación basados en imágenes es decir necesitan tomografías previas lo cual tiene

un aumento de costos y tiempo, después llegan los sistemas robóticos es decir, van a mejorar la precisión de los cortes óseos, toda esta evolución para mejorar la calidad de vida de los pacientes, con el fin que puedan incorporarse más rápidamente a sus actividades diarias (4).

Adicional cada vez son sometidos a esta cirugía pacientes muy jóvenes, o pacientes muy activos, recordemos que la insatisfacción de los paciente que han sido sometidos a artroplastia de rodilla oscila entre el 20% pues manifiestan dolor o que no hacen las mismas actividades que realizaban, es ahí donde un grupo de científicos e ingenieros empiezan a trabajar en CAO, Navegación y llegar ya a Robótica con el fin de obtener ventajas tales como: precisión en los cortes óseos lo cual lleva a la precisión en la colocación de implantes, minimización de la estancia hospitalaria, hemos visto que esta ha venido disminuyendo, a través de los años, incorporando al paciente en todo el proceso, pero con robótica la pretensión incluso es realizar esta cirugía ambulatoriamente con el fin de minimizar gastos al sistema salud, disminución de opioides, incorporación a la vida laboral más rápidamente y se concluye que todavía nos falta más tiempo para determinar si el hecho que los implantes sean más precisos minimizaría las tasas de revisión pero a esto le faltan más años de vida al sistema de alta tecnología para poder llegar a concluir más ventajas de las que actualmente estamos viendo (33).

En cuanto a gastos de esterilización también se están haciendo estudios de cuánto puede llegar disminuir el costo de esterilización cuando se adquiere esta tecnología en vista que las cajas a esterilizar de una ATRc Vs una ATRar son menor(4), también hay que tener en cuenta que según la proyección que realizaron en EU con respecto al aumento de esta intervención quirúrgica desde el año 2014 al 2030 tendrá un aumento de tres veces más, lo cual hace que estas tecnologías de avanzada tengas más auge porque si podemos realizar más procedimientos quirúrgicos en un centro especializado donde la estancia hospitalaria sea menor a la actual se va a tener más capacidad para poder realizar más procedimientos y el paciente va demorarse menos tiempo en el centro especializado, Clínica o Institución y poder cubrir la alta demanda que se tiene pronosticada, lo cual es de beneficio para el Paciente, Institución, Grupo Quirúrgico en conclusión todo el Sistema Salud (34).

Otra de las situaciones que hacen que estas cirugías con alta tecnología sean más costo efectivas, son los entrenamientos a todo el grupo quirúrgico el cual debe estar enterado de cada uno de los pasos previos a la cirugía, durante y después esto garantiza que los procedimientos cumplan el rango establecido para ser más costos efectivos incluso superar una ATRc (35).

Aunque la ATRar ha mostrado éxito a corto plazo es necesario la evaluación a largo plazo para comprobar la supervivencia del implante, la satisfacción del paciente y las tasas de artroplastia de revisión (4)

## Bibliografía

1. Palomo JMG, Hijano MRF, Crespo AM. Beneficios de la navegación en la artroplastia de rodilla. Rev la Soc Andaluza Traumatol y Ortop [Internet]. 2020 [Citado 2022 Oct 19];37(2):17–27. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7880513>
2. Roa AA. Relevancia del equilibrio de los ligamentos colaterales de la rodilla en la Artoplastia de rodilla navegada, estudio anatomico-clínico y dinamico-funcional de los mismos. [Murcia]: Universidad de Murcia; 2020.
3. Suarez Mora RD. Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la Clínica Medihelp y San Juan de Dios de Cartagena, 2008 [Internet]. [Cartagena]: Universidad de Cartagena; 2010 [Citado 2022 Oct 19]. Disponible en: [https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio comparativo de la artroplastia convencional y navegada en la clínica MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2057/Estudio_comparativo_de_la_artroplastia_convencional_y_navegada_en_la_clínica_MediHelp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. Balaguer-Castro M, Torner P, Jornet-Gibert M, Martínez-Pastor JC. Situación actual de la robótica en cirugía protésica de rodilla, ¿una tecnología que ha venido para quedarse? [Internet] Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2022 Oct; [Citado 2022 Oct 19]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-cirugia-ortopedica-traumatologia-129-estadisticas-S1888441522002958>
5. El hospital.com. Reemplazo total primario de rodilla en la Clínica Foscal de Colombia. 2016 [Internet]. 2016 [Citado 2022 Nov 29];8(6). Disponible en: <https://www.elhospital.com/es/noticias/reemplazo-total-primario-de-rodilla-en-la-clinica-foscal-de-colombia>
6. Figueroa DH. El sistema robotico asistido [Internet]. Clínica Alemana. 2020 [Citado 2022 Nov 29]. Disponible en: <https://www.clinicaalemana.cl/articulos/detalle/2019/mako->

cirugia-robotica-en-artroplastia-bilateral-de-rodilla

7. Baker P, van der Meulen J, Lewsey J, Gregg P. The role of pain and function in determining patient satisfaction after total knee replacement. Data from the National Joint Registry for England and Wales. *J Bone Jt Surg Br* [Internet]. 2007 [Citado 2022 Oct 19];89(7):983–900. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17673581/>
8. Ortega Andreua M, Barco Laaksoa R, Rodríguez Merchana E. Artroplastia total de rodilla. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2002;46(5):476–84.
9. Fernández R M, Mateo G, Pérez A, Gayoso N, Vendrell F. Gestión del dolor en pacientes del programa rapid recovery (rr) en artroplastia total de rodilla (atr). *Rev Rol Enfermería* [Internet]. 2015 [Citado 2022 Oct 19];38(6):420–5. Disponible en: <https://medes.com/publication/100450>
10. Hernandez-Vaquero D, Noriega-Fernandez A, Suarez-Vazquez A, Sandoval-Garcia MA, Sierra-Pereira AA, Gil-Martinez L, et al. Cirugía asistida con ordenador en las artroplastias totales de rodilla. Factores relacionados con la alineación final del implante. *Rev Latinoam Cirugía Ortopédica*. 2016 Oct;1(4):128–34.
11. D. Hernández-Vaquero. La alineación de la artroplastia de rodilla. Antiguos mitos y nuevas controversias. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* [Internet]. 2021 [Citado 2022 Oct 19];65(5):386–97. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888441521000527>
12. Vítolo F. Infecciones del sitio quirúrgico luego de artroplastia de cadera y rodilla, [Internet]. Noble Compañía de Seguros. 2013 [Citado 2022 Oct 19]. Disponible en: <http://asegurados.descargas.nobleseguros.com/download/posts/November2017/avF9G4C4f4MnoAGVeP0C.pdf>
13. Serrano MD. Estudio retrospectivo de la alineación obtenida en el plano coronal en artroplastia total de rodilla. Cirugía navegada vs. convencional [Internet]. Zaragoza:

- Universidad de Zaragoza; 2018. [Citado 2022 Oct 19] Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/111966/files/TAZ-TFG-2018-778.pdf>
14. Pereira Fraga JG. Actualidad de la cirugía robótica. *Rev Cuba Cirugía* [Internet]. 2017 [Citado 2022 Nov 28];56(1):50–61. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74932017000100006&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932017000100006&lng=es)
  15. Leitner F, Picard F, Minfelde R. Computer-Assisted Knee Surgical Total Replacement. In: *Basic Tools and Applications in Knee Surgery*. Berlin: Springer; 1997. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BFb0029288>
  16. Rojas J. Historia de la artroplastia de cadera y rodilla. In: *Cadera y Rodilla*. México: Panamericana; 2021.
  17. Orlando M. de Cárdenas Centeno; Rodrigo Álvarez Cambras; Félix Antuán Croas Fernández; Mariela Guzmán Vázquez; Susana Hernández Masón; Maribel León García. Presentación de un protocolo para la artroplastia total de rodilla. *Rev Cuba Ortop y Traumatol* [Internet]. 2008 [Citado 2022 Oct 19];22(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-215X2008000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2008000200001)
  18. El Hospital.com. Reemplazo total primario de rodilla en la Clínica Foscal de Colombia. *El Hosp*. 2016;8(6).
  19. Gómez-García F. Historia y desarrollo de la artroplastía de cadera. *Acta Ortopédica Mexicana*. 2021;35(4):369–80.
  20. Ochoa-Cázares R, Cuadra-Castillo M. Artroplastía total de rodilla navegada. ¿Por qué utilizarla? *Acta Ortopédica Mex* [Internet]. 2013 [Citado 2022 Oct 19];27(3):205–10. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2013/or1331.pdf>
  21. Silvestre A, Peña F, López R, Carratalá R. Últimas Tendencias en Cirugía Protésica de Rodilla. *Latest Trends in Prosthetic Knee Surgery*. [Internet]261(2015). *Revista Española*

- de Cirugía Osteoarticular. [Citado 2022 Oct 19] Disponible en: [http://www.cirurgia-ostearticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/2381\\_61.pdf](http://www.cirurgia-ostearticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/2381_61.pdf)
22. Kyung Bae, D SJS. Computer Assisted Navigation in Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Surg.* 2011;3(4):259–67.
  23. Shetty AA, Tindall A, Ting P, Heatley FW. The evolution of total knee arthroplasty. Part II: the hinged knee replacement and the semi-constrained knee replacement the hinged total knee article in press. *Curr Orthop.* 2003;17:403–7.
  24. Sloan M, Premkumar A, Sheth NP. Projected Volume of Primary Total Joint Arthroplasty in the U.S., 2014 to 2030. *J Bone Jt Surg Am* [Internet]. 2018 [Citado 2022 Oct 19]100(17):1455–66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30180053/>
  25. Yee C, Axelrod D, Rubinger L. BM. Economic studies in medical research: ‘Importance, targets, outcome evaluation. *Injury.* 2022;1.
  26. Kayani, Babar, Konan, S.S. S. Huq JT& FSH. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty has a learning curve of seven cases for integration into the surgical workflow but no learning curve effect for accuracy of implant positioning. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2019;(27):1132–41.
  27. Jeon SW, Kim K II, Song SJ. Robot-Assisted Total Knee Arthroplasty Does Not Improve Long-Term Clinical and Radiologic Outcomes. *J Arthroplasty.* 2019 Aug 1;34(8):1656–61.
  28. Giannopoulou E, Prodromidou A, Blontzos N, Iavazzo C. The Emerging Role of Robotic Single-site Approach for Myomectomy: A Systematic Review of the Literature: 28, *Surgical Innovation.* SAGE Publications Inc.; 2021. p. 352–9.
  29. Nickel B, Carrol K, Pearle A et al. The Accuracy and Clinical Success of Robotic-Assisted Total Knee Arthroplasty. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surgery* [Internet]. 2021 [Citado 2023 Jan 16];17(3):261–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34539265/>

30. Denzin N, Lincoln Y. Handbook of qualitative research. London: Sage Publications; 1993.
31. Peters BS, Armijo PR, Krause C, Choudhury SA, Oleynikov D. Review of emerging surgical robotic technology. Vol. 32, Surgical Endoscopy. Springer New York LLC; 2018. p. 1636–55.
32. Matthew Sloan APNPS. Projected Volume of Primary Total Joint Arthroplasty in the U.S., 2014 to 2030. J Bone Jt Surg Am [Internet]. 2018 [Citado 2022 Nov 28];100(7):1455–60. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30180053/>
33. Nickel BT, Carroll KM, Pearle AD. The accuracy and Clinical Success. HSS J [Internet]. 2021 [Citado 2022 Nov 29];17(3):261–6. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15563316211026307>
34. Lorio R, Patrcik P. Improving Arthroplasty Efficiency and Quality Through Concentrating Service Volume by Complexity: Surviving the Medicare Policy Changes. J Arthroplast [Internet]. 2021 [Citado 2022 Nov 29];36(9):3055–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33931281/>
35. Meghpara MM, Goh GS, Magnuson JA, Hozack WJ, Courtney PM, Krueger CA. The Ability of Robot-Assisted Total Knee Arthroplasty in Matching the Efficiency of Its Conventional Counterpart at an Orthopaedic Specialty Hospital. J Arthroplast [Internet]. 2023 [Citado 2022 Nov 29]; 38(1):72–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35940350/>