

# Evaluación de Calidad de los Instrumentos empleados en Cirugía Robótica

L.J. Teneud<sup>1</sup>, R.J. Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Simón Bolívar/Departamento de Ingeniería Mecánica, Caracas, Venezuela

<sup>2</sup> Universidad Simón Bolívar /Departamento de Procesos Biológicos, Caracas, Venezuela

**Abstract**— The Da Vinci Surgical System, is a robot that allows any type of operation traditionally performed by laparoscopy with a very high level of accuracy. The big problem is the cost of the system, because the tools used are programmed to be used a specific number of times (usually 10). This paper studies the conditions of two tools after 10 uses to determine the level of wear they exhibit. The observation was made of in a Scanning Electron Microscope (SEM), with a chemical analysis by electron scattering spectroscopy (EDS). In conclusion, the studies prove that analyzed tools are high quality products with high resistance to wear and disposal after 10 uses is not technically justified.

**Palabras claves**— Instrumental Quirúrgico, Acero Inoxidable, Corrosión, Fractura.

## I. INTRODUCCIÓN

La cirugía robótica ha experimentado en los últimos años un crecimiento importante debido a su practicidad y a que permite realizar operaciones que tradicionalmente resultan de alto riesgo o muy invasivas con técnicas mínimamente invasivas y de gran exactitud. Uno de los robots quirúrgicos mas populares es el modelo Da Vinci desarrollado por Intuitive Surgical, el cual tiene más de diez años en el mercado y se encuentra operativo en distintos centros clínicos y hospitalarios de Venezuela. A pesar de las grandes ventajas que ofrece, tiene un aspecto negativo en el precio de la operación ya que tanto la tecnología, como las herramientas usadas requieren de una inversión muy alta, a lo cual se suma que cada herramienta viene programada para ser utilizada un numero específico de veces (generalmente 10), después de los cuales es automáticamente desechada por el robot. El presente proyecto estudia las condiciones de dos herramientas con 10 usos, para determinar el nivel de desgaste que presentan las mismas, para así responder si efectivamente después de haberse utilizado en esa cantidad de intervenciones quirúrgicas las mismas deben ser desechadas. El proyecto consistió en la realización de ensayos procedentes a determinar el material con el cual se construyen las herramientas, mediante microscopía electrónica y prácticas de metalografía, con objeto de determinar el nivel de desgaste y corrosión de las piezas en estudio, y se estudiaron propiedades tales como dureza y potencial de corrosión en distintos medios.

## II. EL ROBOT DA VINCI

El sistema quirúrgico Da Vinci, es un robot quirúrgico que en su definición original permite realizar cualquier tipo de operación tradicionalmente efectuada por laparoscopia con un nivel de exactitud muy alto. El fabricante describe al equipo en los siguientes términos [1]: El sistema quirúrgico Da Vinci provee un diseño ergonómico consistente de una consola, un carro para el paciente con 4 brazos móviles, un sistema de visión de alto rendimiento y una serie de herramientas especialmente diseñadas para el equipo. Utilizando tecnología robótica, los movimientos del cirujano son reproducidos a escala, mejorando altamente las capacidades quirúrgicas. El sistema traduce los movimientos de la mano y muñeca del cirujano en tiempo real, permitiendo el accionar de las herramientas dentro del paciente. Los instrumentos son diseñados con 7 grados de movimiento que imitan los movimientos y destreza de la mano y la muñeca humana. Cada instrumento tiene una función bien definida (pinzas de sujeción, sutura, manipulación del tejido). Poseen palancas de liberación que se pueden utilizar en caso de que se haga necesario el reemplazo de una herramienta durante la operación.

En Venezuela el Robot Da Vinci fue utilizado por primera vez en mayo de 2006 en el Hospital de Clínicas Caracas, actualmente el equipo también está en uso en el Instituto Médico La Floresta y en el Hospital Clínico de la Universidad Central de Venezuela, utilizado en cirugías de tipo cardiológico y urológico.

El gran problema del sistema es el costo, Alexis Bello (ex director del Hospital de Clínicas Caracas) señalo [2]: 8.140 US\$ (al cambio oficial de 4,3 BsF/US\$) es el precio de los insumos descartables del robot, en solo una intervención. 30% más sobre el costo de una operación abierta debe pagar el paciente por la cirugía robótica. 130.000 US\$ al año cancela la Unidad de Robótica por el mantenimiento del Da Vinci. y 25.581US\$ se erogaron por una cirugía con robot para tratar un cáncer en la próstata.

### III. ACEROS QUIRÚRGICOS

Los Aceros Quirúrgicos se utilizan tradicionalmente en la elaboración de herramientas quirúrgicas y deben presentar tres características principales:

1. No provocar reacciones alérgicas en el cuerpo humano.
2. Alta resistencia al desgaste, debido al uso repetido.
3. Alta resistencia a la corrosión, dado lo altamente corrosivo de los fluidos tales como la sangre.

El acero inoxidable quirúrgico, se diferencia de otros tipos de acero inoxidable en que contiene típicamente cerca de un 18% de cromo y un 8% de níquel, adicionalmente no suele ser endurecido por tratamientos térmicos. Además, el acero inoxidable quirúrgico no es poroso, lo cual facilita su limpieza y dificulta que se puedan quedar en la pieza bacterias o agentes contaminantes, lo cual lo hace altamente higiénico. La resistencia a la corrosión, la brinda el cromo, que al reaccionar con el oxígeno, crea una especie de barrera, impidiendo que el hierro se oxide, esta característica es vital, dado lo corrosivo de la sangre y fluidos corporales.

Los aceros quirúrgicos suelen ser martensíticos, dada su dureza que brinda una mayor resistencia, la dureza característica de la martensita se debe a su alto contenido de carbono, lo cual también lo hace frágil. Igualmente es característico su magnetismo. La composición química de los aceros martensíticos usados para herramientas quirúrgicas se define en la norma UNE-EN ISO 7153-1:1991 [3].

### IV. CARACTERIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

Para el presente trabajo se realizó el estudio de dos herramientas: Large Needle Driver (portaagujas) y Fenestrated Bipolar Forceps (pinza), en primer lugar se realizó una evaluación visual y consulta con los operarios del equipo. La observación no reportó ningún tipo de fallas, sin embargo, debido al pequeño tamaño de las herramientas este resultado es poco concluyente. Al consultar con el equipo de médicos operarios, se indicó que ninguno de las dos herramientas en estudio presenta dificultad para su uso a medida que se realizan nuevas operaciones, sin embargo indicaron que en el caso de las tijeras si se siente cierta dificultad en su uso, cuando ha sido utilizada 8 ó 9 veces.

Posteriormente se realizó la observación de las piezas en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), para lo cual se utilizó un equipo marca JEOL modelo JSM-6390 con un voltaje de aceleración de 25kV. Igualmente se realizó un análisis químico en el microscopio electrónico que permitiría determinar la composición de las herramientas. Posteriormente se realizó un ensayo metalográfico, de acuerdo a lo establecido en el ASM "Metals Handbook: Volumen 9" [4], siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

1. Se embutió la herramienta en baquelita roja debido a su tamaño. Se colocó de forma longitudinal para observar distintas fases y debido también a su tamaño.
2. Se realizó el desbaste grueso, hasta llegar a una zona que permitiera observar las distintas fases.
3. Se realizó el desbaste fino con 4 lijas de diferente esmeril, comenzando por la de menor número.
4. Se realizó la fase de pulido con alúmina de 1 micrón.
5. Ataque químico: Debido a la composición química de la pieza se usó Reactivo de Vilella por un tiempo de 11 seg.

### V. RESULTADOS OBTENIDOS

Para las distintas piezas en la fase de observación, se procedió a evaluar la morfología de las piezas seleccionadas mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Se utilizó un equipo marca JEOL modelo JSM-6390 con un voltaje de aceleración de 25 kV. Se realizaron observaciones con aumentos que van desde 30 a 5000x en diversos puntos de cada una de las piezas. Para la Pinza Forceps, se observa en pequeño signo de corrosión en una de las esquinas de la pieza, sin embargo en general no se observa ningún otro rastro de desgaste químico. En cuanto al desgaste, se puede observar en la Figura 1 que los dientes de la pinza, no muestran evidencia de desgaste, esto se determina al ver que todos mantienen el mismo tamaño y geometría.

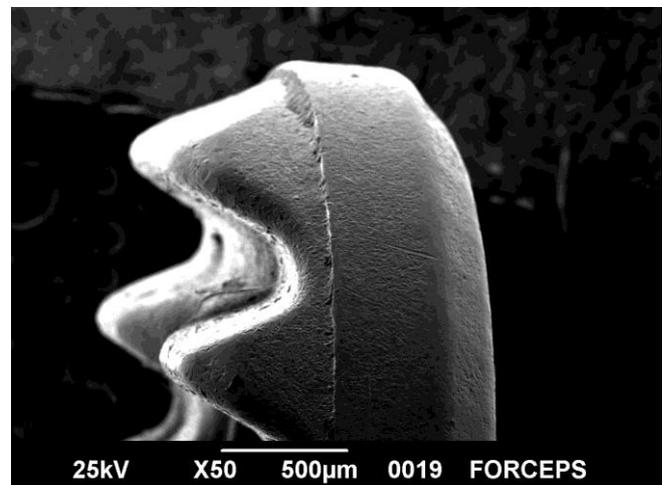


Fig. 1 Microscopía electrónica de la Pinza Forceps de forma transversal. En ella se ratifica que el desgaste de los dientes es prácticamente inexistente y que los mismos están perfectamente alineados

En la Figuras 2 se observa un detalle de los valles (espacio entre los dientes) mostrando indicios de un pequeño desgaste, el cual se evidencia al observar la dirección de las líneas. Este desgaste observado en los valles y no presente

en los dientes sugiere que el mismo se debe al roce entre dientes al trasladar la pieza y no a su uso en quirófano, además de permitir anticipar su uso en nuevas operaciones.

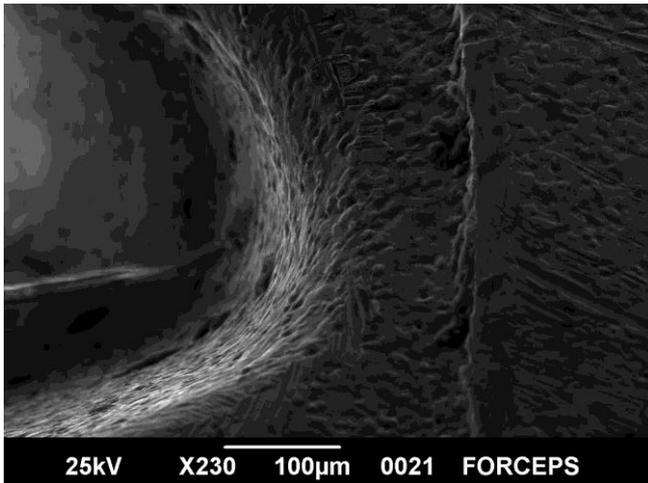


Fig. 2 Acercamiento longitudinal a la zona de un valle, de la pinza mostrada en la Figura 1. En ella se ratifica lo mínimo del desgaste y que no afectaría el uso de la pinza.

De manera similar a la anterior se realizaron observaciones por microscopía electrónica a la Pinza Porta Agujas. De las observaciones realizadas llama la atención un cambio de sección que se nota en los bordes de la pinza. Al observarse longitudinalmente la pieza se nota que todos los dientes internos mantienen su geometría, sin embargo los del borde presentan un tamaño menor, por lo cual se hizo necesario realizar un acercamiento Figura 3. La uniformidad de los dientes del borde entre sí y de la zona de desgaste lleva a pensar que se trata del proceso de elaboración de la pieza y no un proceso de desgaste.

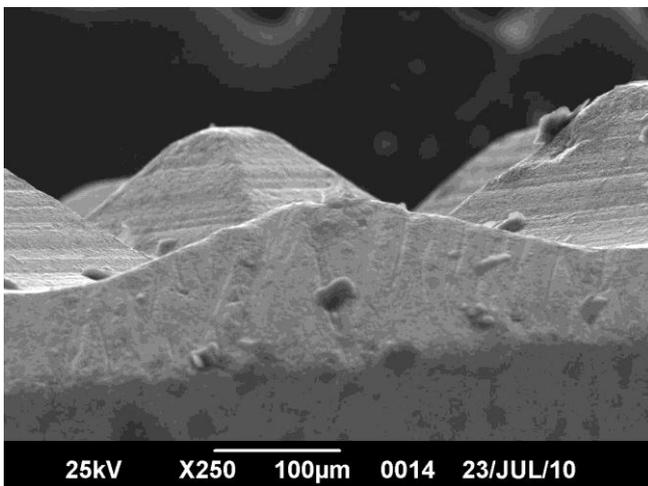


Fig. 3 Acercamiento a uno de los dientes del borde de la Pinza Porta Agujas, ratificando su menor tamaño.

El Microscopio Electrónico de Barrido, permite realizar ensayos semi-cuantitativos de composición química mediante un dispositivo de espectroscopia de dispersión de electrones (EDS) marca INCAOXFORD modelo 7582. Mediante dicho ensayo se determinó la composición química de las piezas en zonas puntuales, y posteriormente se evaluaron los resultados obtenidos de dichos análisis. En cuanto a la composición química llamó la atención la alta cantidad de tungsteno presente en un primer análisis (en vez de hierro y cromo como se puede esperar en un acero inoxidable), por lo cual la pieza sometida a estudio metalográfico fue analizada nuevamente, evidenciando tres fases que se pueden observar en las Figura 4.

Una vez evidenciadas las tres fases se realizó el análisis químico de cada fase obteniéndose lo siguiente: La zona brillante (Fase 1) es un inserto de Tungsteno, lo cual le brinda a la herramienta mayor resistencia al desgaste. La zona oscura (Fase 2) es rica en hierro y cromo, además de presentar aleante como cobre y níquel, esta es la composición esperada en un acero quirúrgico, el cual es de tipo martensíticos. La zona intermedia (Fase 3), es rica en plata, y presenta algunos otros aleantes, esta fase sugiere que las partes de acero y tungsteno fueron unidas mediante el proceso de soldadura conocido como Brazing.

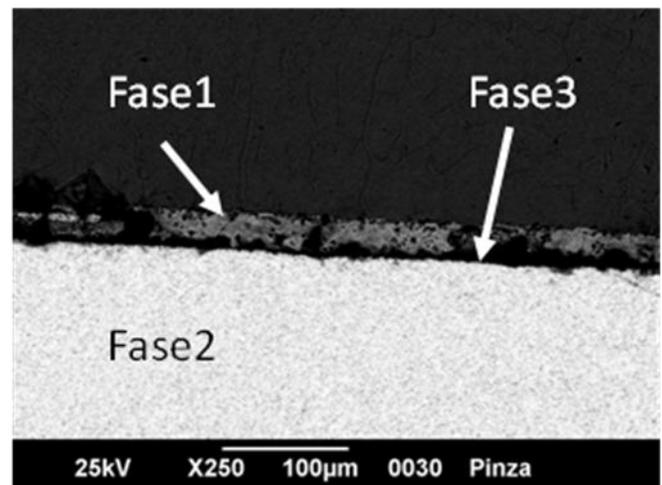


Fig. 4 Corte transversal de una de las Pinzas en la que se observan tres fases metálicas.

Posteriormente se realizó la metalografía a la pinza porta agujas, para comprobar la existencia de las tres fases y conocer su microestructura, así como la medición de microdureza en las dos fases principales para comparar con los datos obtenidos. El ataque químico se realizó con el Compuesto de Valella, dada la composición esperada en la pieza (acero inoxidable y tungsteno), se obtuvo que las composiciones de las fases se corresponden a las esperadas para las diversas aleaciones [4].

Tabla 1 Composición química obtenida por EDS para las tres fases de los instrumentos analizados. El valor se expresa en peso (%)

Elemento	Fase1	Fase2	Fase3
O	3.85	0	10.33
Si	0	0.66	0
Cr	0	16.25	0
Fe	0	75.66	1.01
Ni	8.17	4.10	2.72
Cu	0	3.33	13.23
Zn	0	0	23.92
Ag	0	0	48.78
W	87.98	0	0
Total	100	100	100

En la Tabla 1, se muestra la composición obtenida para cada una de las fases, no se muestra el contenido de Carbono, ya que la lectura en el microscopio con el patrón utilizada genera un error en el cálculo del mismo. Los resultados confirman que la Fase 3 es una fase de soldadura, por lo que se procedió a realizar las mediciones de microdureza para las Fases 1 y 2. Al realizar las mediciones de microdureza se obtuvieron los valores observados en la Tabla 2.

Tabla 2 Dureza Vickers con una carga de 10 Kp

Mediciones	Tungsteno	Acero
1	1419	301
2	1402	295
3	1398	292
4	1382	284
5	1377	305
Promedio	1395,60	295,40
Error	16,77	8,14

El error asociado en la Tabla 2 se determinó al medir la desviación estándar de las mediciones, realizadas. Los valores reportados en la zona de tungsteno, se acercan a los reportados en la literatura para aleaciones de este material, aunque la literatura reporta valores más altos. Los valores reportados para el acero no permiten concluir acerca del tipo de acero, ya que estos dependerán del tratamiento térmico al cual haya sido sometido más allá de su propia composición. Sin embargo, los altos valores de dureza reportados confirman la alta resistencia al desgaste que debe tener la pieza en estudio, principalmente el inserto, el cual debería fracturarse antes de sufrir un desgaste progresivo.

## VI. CONCLUSIONES

Como conclusión de los estudios realizados se puede determinar que las pinzas analizadas son productos de alta calidad y alta resistencia al desgaste. Cuando el acero usado en las herramientas contiene una combinación de más de 7% de tungsteno, molibdeno o vanadio, y más de 0,60% de carbono, se habla de aceros rápidos [4]. Este término se refiere a las altas velocidades que se podían obtener en las herramientas de corte construidas con este material. En consecuencia no se justifica desde el punto de vista técnico la desincorporación del instrumental robótico, después de únicamente 10 usos.

## RECONOCIEMIENTOS

Debemos reconocer al departamento de Cirugía Robótica de la Policlínica la Floresta, por facilitarnos el acceso a la tecnología y los instrumentos a ser evaluados. Así mismo debemos agradecer al Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad Simón Bolívar por permitirnos emplear el Microscopio para los ensayos por EDS.

## REFERENCIAS

1. Aurora Llanos Méndez y Román Villegas Portero. Cirugía robótica mediante el sistema de telemanipulación robótica da Vinci® en la prostatectomía. Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía; Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 2007.
2. Alexis Bello, Medicina robótica es más costosa que la tradicional, Artículo de opinión publicado en el Diario el Mundo, Economía y Negocios, Sep 02, 2010.
3. UNE-EN ISO 7153-1:1991. Instrumentos quirúrgicos Materiales metálicos Parte 1: Acero inoxidable. 2001.
4. ASM International Metals Handbook. Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys. Vol.1. 1993.

Autor: Ricardo Silva Bustillos  
 Instituto: Universidad Simón Bolívar  
 Calle: Edf. De Física y Electrónica I  
 Ciudad: Caracas  
 País: Venezuela  
 E-mail: rjsilva@usb.ve