



Diseño mecánico de un sistema robótico para el estudio de propiedades biomecánicas de deformación del tejido del cerebro

Israel A. Acevedo Mondragon^{1,*}, Iván Campos Esquivel¹, Juan S. Pérez Lomelí¹, Miguel A. Padilla Castañeda^{2,+}

¹Unidad de Desarrollo de Prototipos, CCADET, UNAM.

²Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico, CCADET, UNAM, Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”.

Circuito exterior S/N, Ciudad Universitaria,
Coyoacán, México D. F. CP 04510.
Tel. 56 22 86 02 – Ext. 1111
*iacevedomon@hotmail.com
+miguel.padilla@ccadet.unam.mx

RESUMEN

Los sistemas de simulación virtual para procedimientos quirúrgicos son una alternativa novedosa para el entrenamiento de habilidades médicas por su bajo costo relativo, su alta disponibilidad y la seguridad para el paciente, además de ser un procedimiento no invasivo [1,2]. Sin embargo, la mayoría emplean modelos anatómicos genéricos no apegados a la realidad. En especial, carecen de realismo biomecánico adecuado y las evaluaciones de los modelos son cualitativas [3].

En este trabajo se describe el diseño de un sistema robótico, el proyecto *koyolomtl*, para la evaluación de propiedades biomecánicas de deformación de tejidos cerebral de animales pequeños y/o cadáveres humanos e integrar esa información en un sistema de microcirugía de cerebro en desarrollo en la UIDT del CCADET-HGM.

El sistema *koyolomtl* consta del diseño de un brazo mecánico de 3 DoF rotacionales con una aguja de punción con un sensor de carga acoplado a uno de sus extremos accionado mediante un movimiento de desplazamiento lineal.

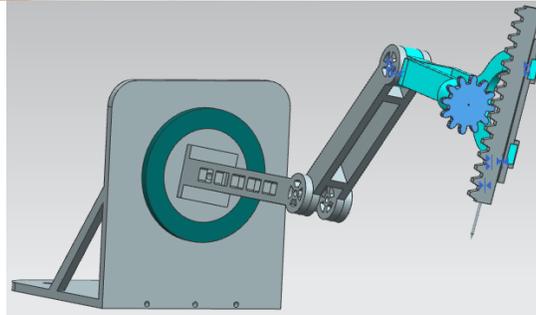


Figura1. Correspondiente al ensamble del brazo mecánico.

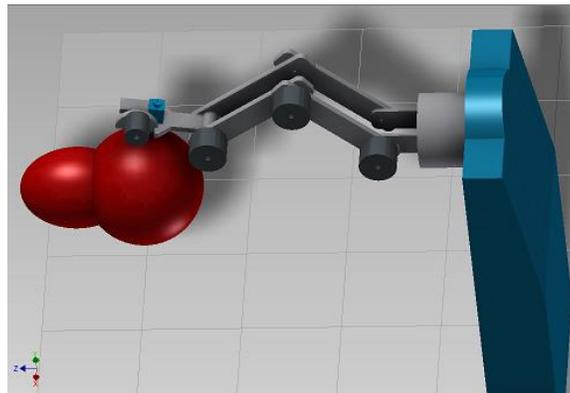


Figura2. Correspondiente al espacio de trabajo.

TEORIA

1.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para su diseño se han considerado los requerimientos de espacio de trabajo del cerebro, de portabilidad, evitar un posible crecimiento de bacterias, así como compatibilidad con el tejido humano.

La selección de materiales depende de la función de cada uno de los componentes del prototipo, pues cada pieza está sometida a distintos parámetros mecánicos y ambientales.



Para elegir el material idóneo hacemos uso de los gráficos de Ashby, los cuales son técnica que hace una ponderación de los materiales de acuerdo a las características a considerar. El propósito es hacer una gráfica donde en el eje de las ordenadas tengamos una propiedad y en el eje de las abscisas otra, obteniendo así una familia de materiales y de acuerdo a la propiedad a optimizar iremos reduciendo las familias con el fin de obtener un solo material. Para el caso particular se compararon los materiales mediante algunas de sus propiedades como son el Modulo de Young vs densidad para así obtener: acero inoxidable 304 (base del sistema), aluminio 1100 (brazos del robot), acetal (para el mecanismo de cremallera y engrane del efector final con la aguja de punción del tejido), acero inoxidable 304 (para la aguja de punción del tejido).

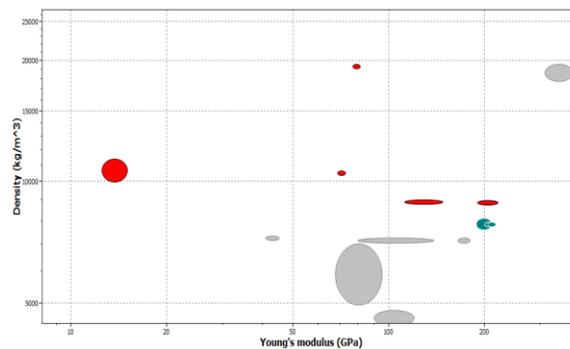


Figura3. selección de material de la base tipo L comparando módulo de Young vs. Densidad

Pieza	Material
Base L	Acero inoxidable 304
Bae giratoria	Aluminio 1100
Brazos	Aluminio 1100
Cremallera y engrane	Acetal
Aguja	Acero inoxidable 304

Tabla 1. Correspondiente a la selección de los materiales de los componentes.

1.2 ESTUDIO FEM

El análisis por el método de elementos finitos consta de la discretización de los elementos a estudiar, es decir, se hace un mallado de la pieza con el fin de analizar a la misma en diferentes regiones de manera localizada.

En el proyecto koyolomiti se hace uso de esta metodología específicamente en la aguja del brazo mecánico pues es esta quien va a tener contacto directo con el tejido del cuerpo humano.

para analizar la aguja de punción del efector final montada en el brazo mecánico a cargas máximas de 10 N sobre una aguja de 60mm de longitud; para dicho estudio se hizo uso de una malla tipo cuadrática de un tamaño de 0.1, deduciendo así que hay un desplazamiento de un máximo de 0.0141 mm aceptable para acero inoxidable 304. También mediante la representación del *esfuerzo de Von*



Misses de manera nodal, se aprecia el lugar geométrico de una posible falla en el sistema, que es la punta de la aguja pues la tener menos material y menos área de contacto es posible una flexión de la misma.

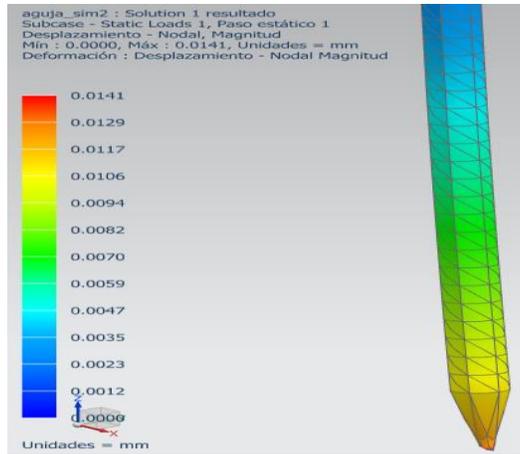


Figura 4. Resultado del desplazamiento nodal mediante FEM

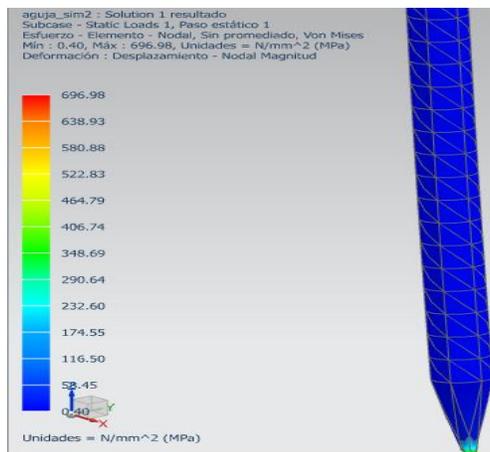
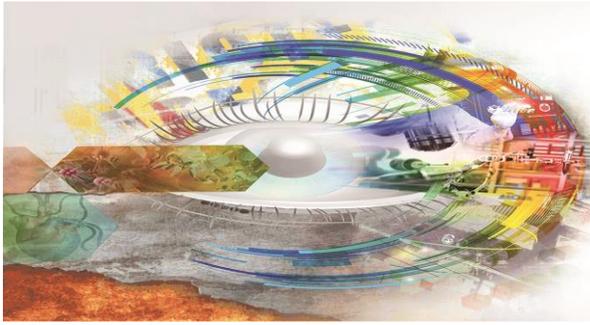


Figura 5. Representación del esfuerzo de Von Misses.



CONCLUSIONES

Los sistemas de intervención quirúrgica virtuales son una gran opción para aumentar el factor seguridad del paciente, el cual es la principal prioridad pues al ser un proceso no invasivo se evita poner en riesgo la integridad de la persona; la gente practicante de la medicina podrá optar por un entrenamiento previo a la cirugía e incrementar la confianza y la habilidad de la persona encargada del procedimiento quirúrgico.

Actualmente se está trabajando en el proceso de manufactura de la pieza, las cuales se llevarán a cabo por corte con chorro de agua y manufactura aditiva debido a la accesibilidad que tenemos a dichos recursos; a la par se está trabajando en el sistema de control del mismo, con ayuda de una tarjeta lógica pretendemos manipular el brazo mecánico, además se desea integrar sensores de posición de efecto Hall para así obtener un mejor manejo del mismo.

Referencias

- [1] A. Alaraj, M. G. Lemole, J. H. Finkle, R. Yudkowsky, A. Wallace, C. Luciano, P. P. Banerjee, S. H. Rizzi, y F. T. Charbel, "Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications", *Surgical Neurology International*, vol. 2, p. 52, 2011.
- [2] L. M. Desender, I. Van Herzeele, R. Aggarwal, F. E.G. Vermassen, y N. J. W. Cheshire, "Training with simulation versus operative room attendance.", *J Cardiovasc Surg (Torino)*, vol. 52, núm. 1, pp. 17– 37, feb. 2011
- [3] Maab s y U. Kühnapfel, "Noninvasive measurement of elastic properties of living tissue", en *13th Int. Congress on Comp. Assisted Radiology (CARS)*, 1999, pp. 865–870.