

# Modelado de placa cervical anterior auto-ajustable y de fácil fijación e instrumental con introducción de electrónica de sensado

Samaniego Villacrés, Pilar Estefanía  
Máster en Ingeniería Mecatrónica  
Universidad de Oviedo

Seminario de Biomecánica  
Gijón, España  
pilar.samaniego@eu4m.eu

**Resumen** — En este trabajo presenta el modelado de una placa cervical anterior autoajustable y de fácil fijación gracias a dos elementos intermedios de separación, que son determinados según la medida real de la separación entre vértebras de los pacientes, cuenta con su correspondiente instrumental, un distractor-compresor que se le ha añadido un sensor de desplazamiento, que puede ser adaptado a cualquier instrumental y con un visualizador para determinar el tamaño más adecuado de placa cervical a colocar.

**Palabras Clave** — *placa cervical, implante, vértebras, distractor de Caspar, sensor.*

## I. INTRODUCCIÓN

La interfaz entre el cráneo y el tórax se conoce como la columna cervical, y está compuesta por 7 vértebras C1 a C7, C1 es llamada Atlas, que actúa como la base del cráneo; C2 permite el movimiento del sistema del cuello, y se conoce como Axis. La vértebra C3 a C6 sirven para sostener el cuello, transfiriendo carga del cráneo a la vértebra torácica T1

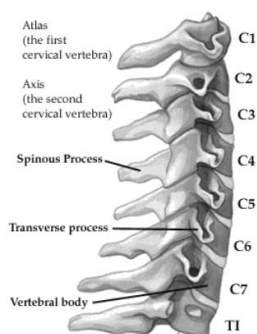


Fig. 1. Columna Cervical

Los cuatro principios básicos del tratamiento quirúrgico de la columna vertebral son: estabilidad – alineación – biología – función. La estabilización es para obtener un resultado terapéutico específico, la alineación es el equilibrio de la columna vertebral en las tres dimensiones, la biología, Etiología, patogenia, protección neural y curación tisular. Por último el funcionamiento que consiste en la conservación y restablecimiento funcionales para evitar la discapacidad.

En base a lo anterior, los platos cervicales ( Fig. 2 )son muy utilizados para restaurar la estabilidad de la columna, mediante la fusión intervertebral, particularmente cuando el

cuerpo ha sido dañado o cuando hay inestabilidades asociadas con fracturas/dislocaciones, enfermedades degenerativas, tumores y espondilectomías parciales o totales, esto ofrece la posibilidad de incorporar al paciente a sus actividades normales casi de inmediato. Para complementar este procedimiento, se utiliza una placa cervical para fijar un injerto óseo y las vértebras, garantizando la estabilidad mecánica de los elementos en el sistema.



Fig. 2. Placa cervical.

Para obtener un modelo preciso del sistema, la placa cervical debe doblarse para obtener una curvatura de acuerdo con la forma natural de la columna vertebral (lordosis). La Fig. 3 muestra el modelo CAD de la vértebra cervical C3-C5 con la curvatura necesaria, en la cual la placa cervical debe estar fija. La Fig. 4 muestra el diseño de placa propuesta en este trabajo

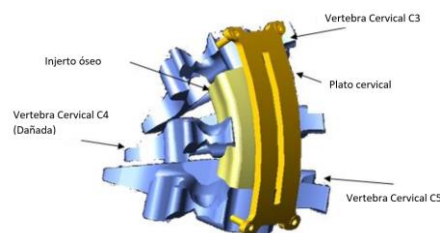


Fig. 3. Columna Cervical

De acuerdo la información técnica, esta curva no afecta las propiedades mecánicas de la placa. El propósito principal de la forma en el diseño de la placa es reducir la distancia entre los tornillos fijados al hueso superior e inferior a las vértebras adyacentes a través de la placa, lo que permite que el dispositivo responda adecuadamente a los cambios en las condiciones de carga. La flexión lateral de esta porción

intermedia no permite que el dispositivo sobresalga anteriormente en órganos críticos o posteriormente.

## II. DISEÑO DE LA PLACA CERVICAL ANTERIOR

Una placa cervical restaura la estabilidad de la columna, pero, cada columna vertebral de cada persona es totalmente diferente en cuanto tamaño y características, por lo que el presente trabajo propone un nuevo diseño o ajuste de placas anteriores cervicales, ya que en el mercado únicamente se encuentran placas de longitudes determinadas, pero para evitar este inconveniente, se propone la siguiente idea mostrada en la Fig. 4.

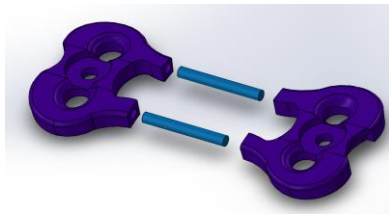


Fig. 4. Placa cervical anterior diseñada

Esta idea de placa cervical anterior, requiere que incluso se compre una única placa comercial y a esta se le haga un corte en la mitad y se le hagan dos agujeros en cada una de sus partes para la inserción de dos elementos intermedios; dos tubos que podrán ser cortados a medida una vez se determine la longitud necesaria según la columna del paciente, esto presupone que los costes no son tan altos como fabricar una placa a medida, sino simplemente se hará una correcta medición de la columna del paciente con el sistema de sensado, que también se propone en este trabajo en la siguiente sección y que será incorporado al distractor diseñado, junto con un indicador de la longitud medida.

Las ventajas que este nuevo diseño aporta son que, sin necesidad de ser una placa específica de un paciente, se ajuste adecuadamente a él y a las dimensiones de su columna. Además, al tener este elemento intermedio entre las placas se facilita de cierta forma en milésimas de mm la movilidad y rigidez de esta zona, ya que la holgura que pueda presentar permitiría el movimiento de esta barra intermedia entre las placas, y obviamente considerando que no se salga de su sitio según la profundidad a la que será insertada.

La placa cervical y la barra que permiten que sea una placa autoajustable estarán hechas de un material biocompatible con el organismo que soporta la flexión mencionada anteriormente, una aleación de titanio Ti-6Al-4V en concordancia con la Norma ISO-5832-3 con las siguientes propiedades mecánicas proporcionadas por el fabricante en la TABLA I. , que son necesarias para evaluar mediante FEM (Método de Elementos Finitos) [3].

TABLA I. ESPECIFICACIONES DE MATERIAL

Parámetro	Valor
$E$	102 GPa
$\nu$	0.30
$S_y$	827 MPa

En la Fig. 5 se puede ver que la separación entre placas depende únicamente de la longitud de la barra central que será determinará el médico durante la cirugía y en la columna real del paciente.

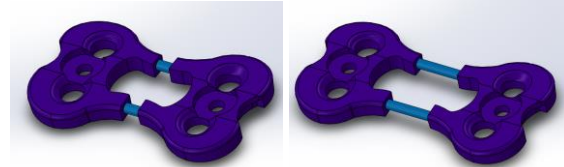


Fig. 5. Placa anterior cervical autoajustable

Finalmente, igual que las demás placas comerciales, el diseño propuesto tendrá sus tornillos auto-roscantes con su tornillo de ajuste central, como se muestra a continuación:

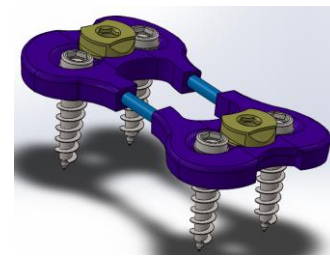


Fig. 6. Placa cervical anterior diseñada

## III. DISTRACTOR CON SENSADO DE DESPLAZAMIENTO

La placa diseñada además de ser autoajustable a la medida real de la columna del paciente se libra del problema de ubicación con los pines de autoguiado, no corre el riesgo de acunamiento, al tener su elemento intermedio, esto da cierta movilidad al médico para separar o unir las vértebras para la colocación adecuada de la placa. Cómo el elemento intermedio tiene una pequeña holgura de movimiento, no hay problema en su ubicación, por lo que ahora el problema es determinar la longitud real que deberá tener la placa.

Entonces, es necesario determinar cuál va a ser la longitud de los tubos intermedios que tendrán las placas anteriores, para esto, es necesario el sistema de medida incorporado a un distractor de Caspar ya sea como el diseñado en la Fig. 8 O uno comercial cualquiera, la idea es implantar este pequeño circuito de medida en la parte lateral del distractor, el sensado propuesto está compuesto de los siguiente:

### A. Electrónica utilizada

Se utilizará para el sensado, un sensor marca Pololu de precio muy bajo de dimensiones 33x10x8 mm, junto con una pantalla TFT OLED de 24.7x22.5x1.9 mm y un microcontrolador Mini PIC32 que será integrado en una caja aparte junto con una batería. Todos estos elementos se han escogido de manera

de cumplir con los requerimientos, el sensor tiene un alcance de hasta 150 mm, suficiente como para determinar la distancia entre vértebras. Las dimensiones de los elementos se han buscado de manera que encajen con el instrumental sin causar perturbaciones en su uso.

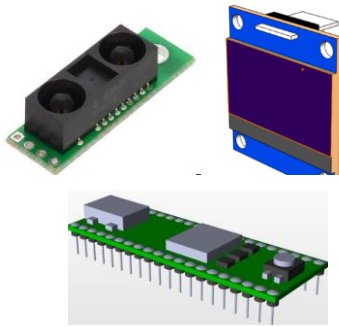


Fig. 7. Electrónica de Sensado

### B. Distractor Propuesto

El distractor de Caspar diseñado (Fig. 8) es muy similar a cualquier distractor comercial, con la diferencia de que uno de sus extremos debe permitir la colocación del sistema de sensado y en el otro extremo debe tener una superficie saliente para poder referenciar la distancia que mide el sensor, lo mencionado anteriormente se puede aplicar a cualquier distractor si se le hiciera unos agujeros y a las otras partes se les permitiría sujetarlas mediante tornillos, es decir esta propuesta de sensado puede considerarse como un módulo adaptado a cualquier instrumento.

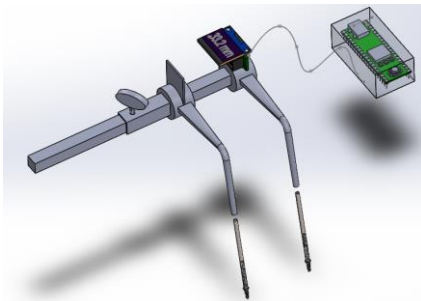


Fig. 8. Distractor Propuesto

## IV. INSTRUCCIONES DE USO

### A. Colocación del Paciente

El paciente se coloca con la cabeza ligeramente girada hacia el lado contrario a donde se halla el cirujano. Si está previsto que la placa abarque varios segmentos vertebrales, se recomienda efectuar una larga incisión a lo largo del borde anterior del músculo esternocleidomastoideo. Para exponer el cuerpo vertebral, es importante retirar o cortar el ligamento longitudinal anterior sólo en la zona donde el disco intervertebral va a quedar afectado por la fusión. En ningún caso se lesionará el ligamento longitudinal anterior en los segmentos vecinos que no se verán afectados por la fusión.

### B. Inserción de los pines de fijación

Con ayuda de la pieza de destornillador cruciforme autosujetante y el mango de anclaje rápido, insertar el pin de fijación de placas para columna cervical. Para facilitar la penetración del pin en la región cortical, puede golpearse ligeramente el extremo proximal del mango. Acto seguido se procede a atornillar el pin en el cuerpo vertebral. Tras insertar un segundo pin de fijación en el orificio diagonalmente opuesto de la placa, retirar el destornillador y la guía. Con ambos pines insertados como en la imagen, se procede a insertar el distractor de Caspar.

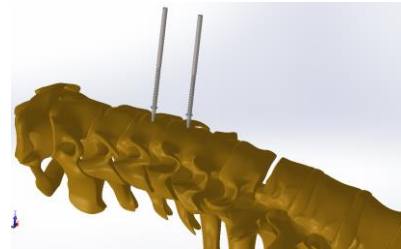


Fig. 9. Electrónica de Sensado

### C. Selección del tamaño de la placa

A la hora de escoger el tamaño adecuado de la placa, es preciso escoger un tamaño de placa que garantice que los tornillos se sitúen por completo en el cuerpo vertebral, sin penetrar en el espacio intervertebral. Se comprueba también que quede espacio suficiente entre los tornillos y los discos intervertebrales adyacentes intactos. Con esto, es necesario montar el distractor de Caspar con la disposición de la Fig. 10.

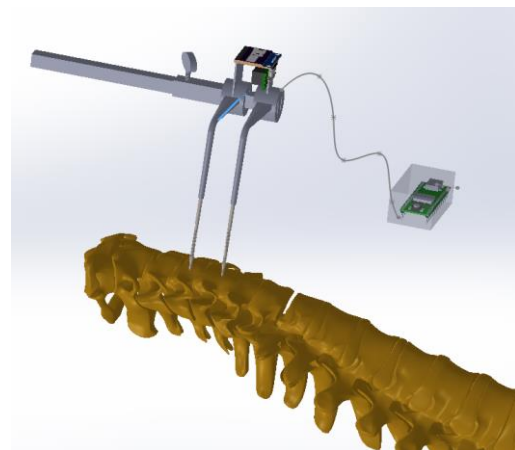


Fig. 10. Distractor Propuesto

Ya que se lleva anclado el sistema electrónico de medida de separación entre pines se leerá la separación entre vértebras, que será a su vez la separación entre centros de la placa, en este caso particular la longitud entre agujeros centrales de la placa es de  $12\text{ mm}$ , sin considerar la separación entre ellas con los tubos de separación centrales, Fig. 11.

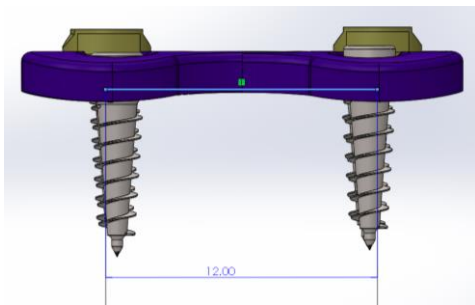


Fig. 11. Placa sin elementos de separación

Con lo anterior, por ejemplo, si la medida que el indicador del distractor de Caspar es de  $18\text{ mm}$ , para saber por donde se debe cortar los tubos separadores intermedios, habría que restarle de  $12\text{ mm}$  y sumarle la profundidad de ambos lados en donde van a estar inmersos dichos tubos Fig. 12, dicha profundidad es de  $3.5\text{ mm}$  por cada lado máximo a  $3.75\text{ mm}$  para dejar una holgura de  $0.25\text{ mm}$  a  $0.5\text{ mm}$ .

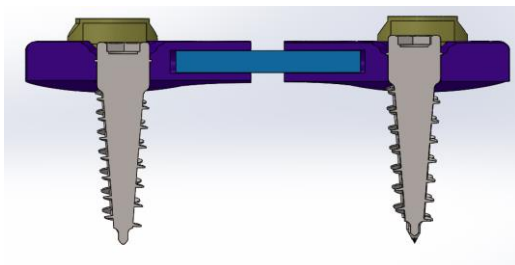


Fig. 12. Placa con elementos de separación

Entonces, de lo anterior, la resta sería de  $18\text{ mm}$  que se mide con el instrumento, menos  $12$  que es una separación de placas por defecto y entonces lo que se necesita de espacio adicional en la mitad es  $6\text{ mm}$ , más la suma de  $3.75\text{ mm}$  de profundidad para cada lado de los tubos. De esta manera los tubos intermedios deberán estar cortados con una longitud total de  **$13.5\text{ mm}$** , esto se lo puede realizar con alguna herramienta de corte especial para este material, que puede ser un próximo avance de este proyecto o si ya hubiera una herramienta comercial, que por ahora no se ha considerado su diseño. Entonces, para evitar este cálculo al médico, se puede mostrar en la pantalla el valor a cortar, una vez se conozcan todos los parámetros con anterioridad.

#### D. Colocación de la placa

A continuación, la placa se introduce y mediante los pines se alinea sobre la columna vertebral, considerando que debido a los tubos intermedios ya no hay problema de su montaje sobre la columna, todo se vuelve más flexible (en un rango mínimo). Se comprueba que los tornillos se sitúen por completo en el cuerpo vertebral sin penetrar en el espacio intervertebral.

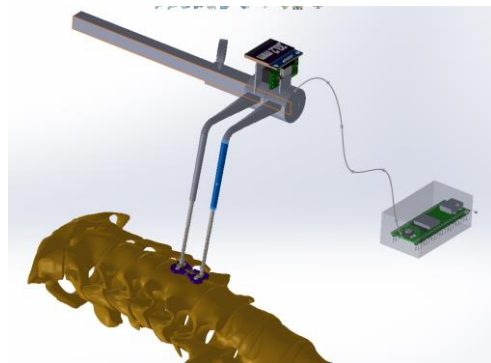


Fig. 13. Fijación final de la placa

Se retiran finalmente los pines de fijación, y se insertan los tornillos intermedios de la placa, quedando finalmente la fusión de la placa, de la siguiente manera:

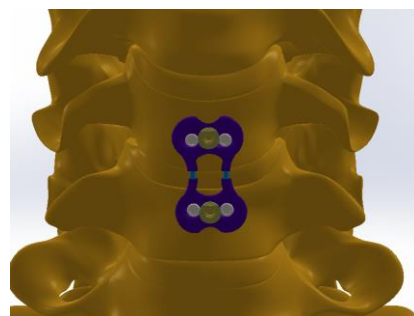


Fig. 14. Fijación final de la placa

#### REFERENCIAS

- [1] Modelling of a Cervical Plate and Hu, Panimalar Institute of Technology, TN, India. Disponible en: [https://www.idosi.org/mejsr/mejsr24\(S1\)16/40.pdf](https://www.idosi.org/mejsr/mejsr24(S1)16/40.pdf)
- [2] CSLP-Placa autoestable para columna cervical
- [3] Aesculapimplantsystems, "Instructions for Use Quintex™ Cervical Plating System". Disponible en: [https://www.aesculapimplantsystems.com/assets/base/doc/instruction/s/ais/spine/Instructions\\_for\\_Quintex\\_Cervical\\_Plating\\_System\\_SOP-AIS-5000716.pdf](https://www.aesculapimplantsystems.com/assets/base/doc/instruction/s/ais/spine/Instructions_for_Quintex_Cervical_Plating_System_SOP-AIS-5000716.pdf).

#### ANEXOS

1. Diseño de la Placa anterior cervical.  
Archivo: Montaje\_Placa\_anterior.SLDASM
2. Diseño del distractor.  
Archivo: DIstractor.SLDASM / Carpeta-Distractor
3. Montaje con la Columna Vertebral.  
Archivo: Montaje\_distractor\_mas\_placa\_anterior.SLDASM