Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Proyecto:

COLABORACIÓN DE CTC Y DEL HOSPITAL VIRTUAL VALDECILLA

Título:

Análisis de hisopo

Edición Nº:	Fecha:	Código documento:
nº2	12/04/2020	PR-00819.NT.001-02

Elaborado por: Roberto Báscones Vega

Revisado por: Álvaro Rodríguez Ruiz

Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN)
Isabel Torres, 1 · 39011 - Santander (CANTABRIA)
Tel.: 942 76 69 76 | Fax.: 942 10 08 37 | *info@centrotecnologicoctc.com*
www.centrotecnologicoctc.com

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

HOJA DE CONTROL DE MODIFICACIONES Y DISTRIBUCIÓN

CONTROL DE MODIFICACIONES

Edic.	Modificaciones
0	Edición inicial.
1	Añadido el análisis de hisopo con material Dental SG. Reforma de los apartados §3, §4 y §6.1. Añadido resultado de intensidad de tensión en hisopo de material Surgical Guide en apartado §5.2.1.1. Añadidos los apartados §5.2.2.1 y §5.2.2.2. Ampliados los apartados §6.1 y §6.2.
2	Corrección de la nomenclatura de los materiales.

DISTRIBUCIÓN

Externa	Interna	Nº copias / Soporte
Hospital Virtual Valdecilla	CTC	1 / Informe pdf

ÍNDICE

1 INTRODUCIÓN 4
2 GEOMETRÍA 4
3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 5
4 LÍMITES 5
5 ANÁLISIS 6
5.1 MÉTODOS 6
5.1.1 MODELOS DE SIMULACIÓN 6
5.1.2 CONDICIONES DE CONTORNO 8
5.1.2.1 EMPOTRAMIENTO DE LA BASE 8
5.1.2.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR 9
5.1.3 CARGAS 9
5.2 RESULTADOS 10
5.2.1 HISOPO DE RESINA SURGICAL GUIDE 10
5.2.1.1 EMPOTRAMIENTO EN LA BASE 10
5.2.1.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR 17
5.2.2 HISOPO DE RESINA DENTAL SG 18
5.2.2.1 EMPOTRAMIENTO EN LA BASE 18
5.2.2.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR 25
6 RESUMEN DE TENSIÓN Y CONCLUSIONES 26
6.1 RESUMEN DE TENSIÓN 26
6.2 CONCLUSIONES 27
7 LISTADO DE ARCHIVOS INFORMÁTICOS 28
8 REFERENCIAS 28

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

1 INTRODUCIÓN

La presente nota técnica expone el análisis de un hisopo nasofaríngeo realizado mediante fabricación aditiva. El Hospital Virtual Valdecilla estudia la posibilidad de utilizar dos resinas diferentes denominadas Surgical Guide [5] y Dental SG [6].

2 GEOMETRÍA

El hisopo tiene una longitud total de 120.7 mm. Está formado por una base de manipulación, una barra de diámetro variable y un extremo para captación y retención de muestras [1], [2].

La base de sujeción tiene un diámetro de 6 mm.

La parte ancha del tronco tiene 3 mm de diámetro y la parte estrecha tiene un diámetro de 1.3 mm. Estas dos partes están unidas por una transición cónica de 16.9 mm de longitud.

En el extremo opuesto a la base de sujeción está el cabezal captador de muestras. El cabezal captador está dotado de 10 espiras de 3 mm de diámetro.

Es importante destacar que esta nota técnica mostrará un modelo de simulación de todo el hisopo y otro modelo de simulación solo para el cabezal captador.

Figura 1. Forma del hisopo.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

La fabricación aditiva de este componente utiliza una resina biocompatible denominada Surgical Guide. Esta resina es un polímero sensible a la luz. La Tabla 1 expresa las propiedades mecánicas de Surgical Guide.

El coeficiente de Poisson es 0.35. Por falta de datos, el autor del análisis ha utilizado el módulo de Poisson de la resina epoxy de la librería de materiales de ANSYS [1]. Los otros valores están extraídos de la hoja de datos del productor de resina Formlabs [4].

Esta nota técnica también presenta los resultados para la fabricación alternativa en una resina denominada Dental SG [5] y suministrada por el mismo fabricante. La Tabla 1 expresa las propiedades mecánicas de Dental SG. El módulo de Poisson ha sido seleccionado de la misma forma que en la resina Surgical Guide.

Tabla 1. Propiedades de los materiales.

Tipo de resina	Módulo de elasticidad frente a la flexión (MPa)	Límite de rotura frente a la flexión (MPa)	Elongación máxima (%)
Surgical Guide	2500	103	12.3
Dental SG	1500	50	-

4 LÍMITES

Los límites de cada material son los siguientes y han sido extraídos de las hojas de datos [4], [5].

Tabla 2. Límites.

Tipo de resina	Límite de rotura frente a la flexión (MPa)	Elongación máxima (%)
Surgical Guide	103	12.3
Dental SG	50	-

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

5 ANÁLISIS

El presente apartado muestra el método de análisis y los resultados obtenidos.

5.1 MÉTODOS

El análisis está basado en el método de elementos finitos. El programa utilizado es ANSYS Workbench [1] .

Las cargas son desconocidas. Por esta razón, el autor del análisis procede a un método iterativo que tiene como objeto identificar la carga a la cual se produce la tensión de rotura por flexión.

5.1.1 MODELOS DE SIMULACIÓN

Los modelos de simulación están formados a partir de la importación de modelo de diseño en tres dimensiones facilitado [1]. El analista ha creado mallas de dominio hexaédrico en las que también aparecen tetraedros. Los elementos son de tipo cuadrático para evitar un falseado de la rigidez de elementos no hexaédricos.

El modelo general está formado por 71551 elementos y por 256796 nodos. El modelo de mallado fino para el captador tiene 44736 elementos y 147203 nodos.

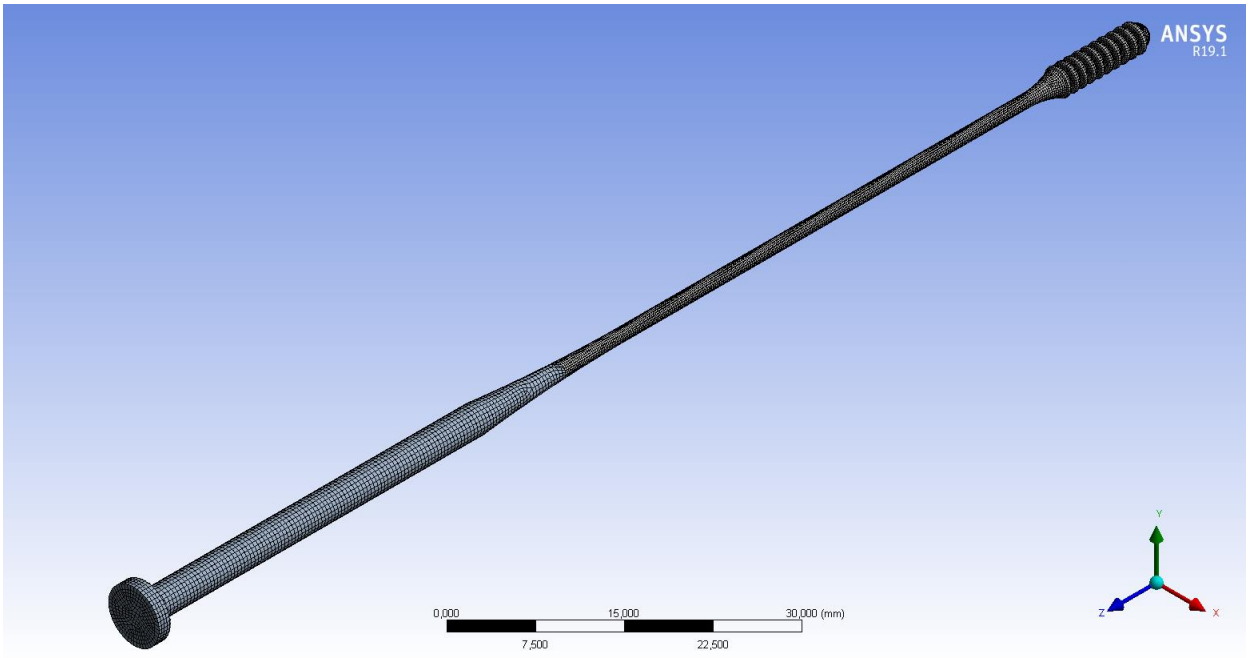

Figura 2. Mallado del modelo general.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

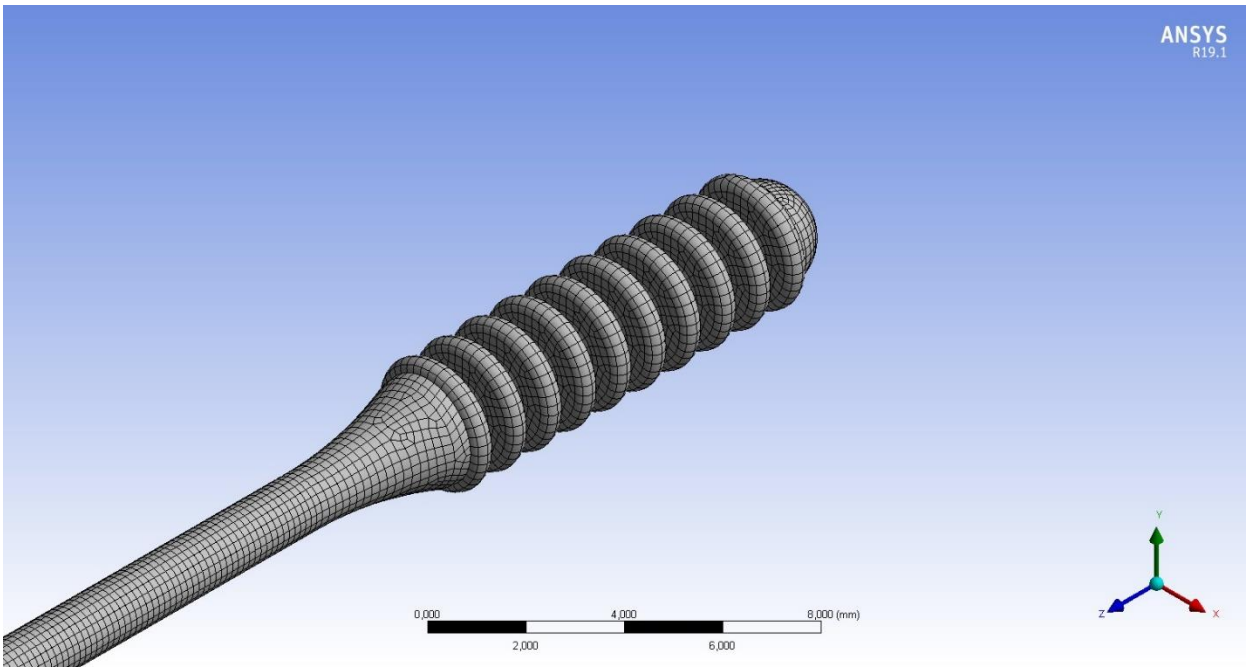

Figura 3. Detalle del mallado del modelo general sobre el captador del hisopo.

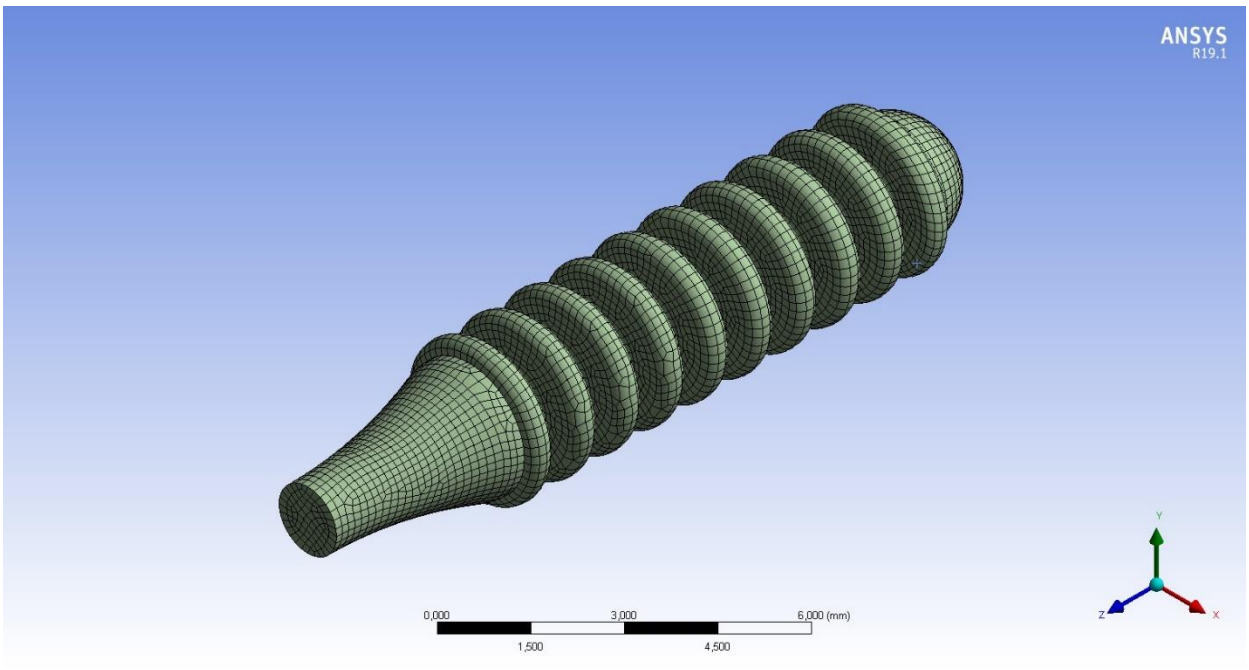

Figura 4. Mallado fino para el modelo de captador.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

5.1.2 CONDICIONES DE CONTORNO

El analista ha probado dos combinaciones de condiciones de contorno diferentes. Las condiciones de contorno están deducidas de los posibles contactos que puede tener el hisopo con las fosas nasales [6].

5.1.2.1 EMPOTRAMIENTO DE LA BASE

La primera combinación supone que el catador del hisopo está en contacto con el suelo de la fosa nasal y consiste en:

1. Empotrar la base del hisopo que está en el extremo que utilizaría el sanitario para manipularlo. La Figura 5 muestra esta condición de contorno.
2. Desplazar la espira más cercana al extremo captador. El desplazamiento está programado en dirección perpendicular al eje del hisopo. El analista programa este desplazamiento de forma iterativa para averiguar cuál es el valor que produce los límites. La Figura 6 muestra esta condición de contorno.

Estas condiciones de contorno están aplicadas al modelo general mostrado en la Figura 2 y en la Figura 3.

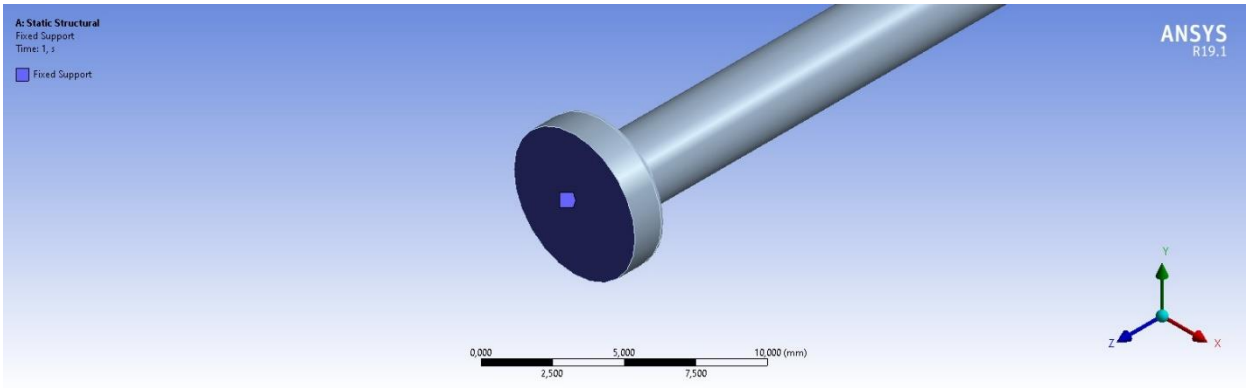

Figura 5. Empotramiento de la base del hisopo.

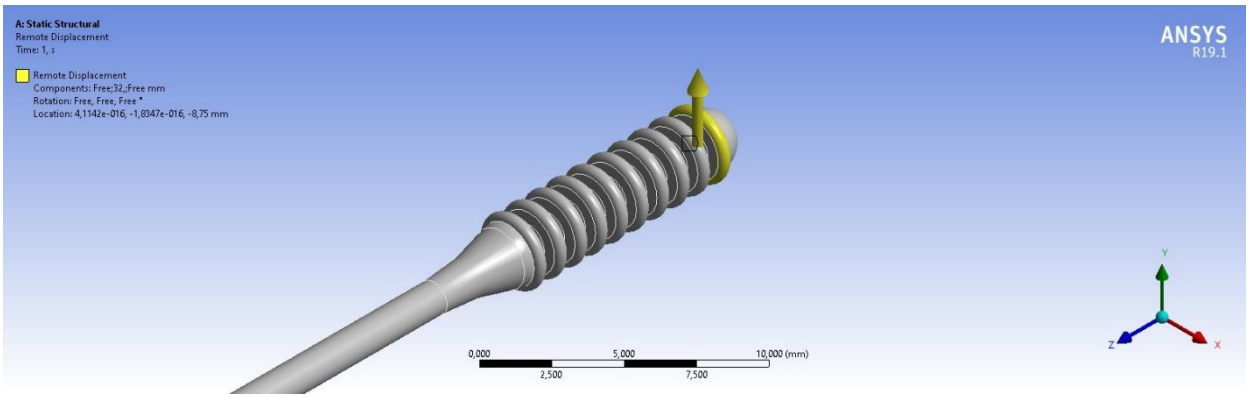

Figura 6. Desplazamiento forzado en la espira de la punta del hisopo.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

5.1.2.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR

La segunda combinación supone que el hisopo ha llegado a la pared del fondo de la fosa nasal y consiste en:

1. Empotrar la raíz del captador. La unión entre el captador y el tronco estrecho del hisopo tiene el movimiento impedido. La Figura 7 muestra esta condición de contorno.
2. Desplazar la espira más cercana al extremo captador. El desplazamiento está programado en dirección perpendicular al eje del hisopo. El analista programa este desplazamiento de forma iterativa para averiguar cuál es el valor que produce los límites. La Figura 6 muestra esta condición de contorno.

Estas condiciones de contorno están aplicadas al modelo de cabezal captador con mallado fino mostrado en la Figura 4.

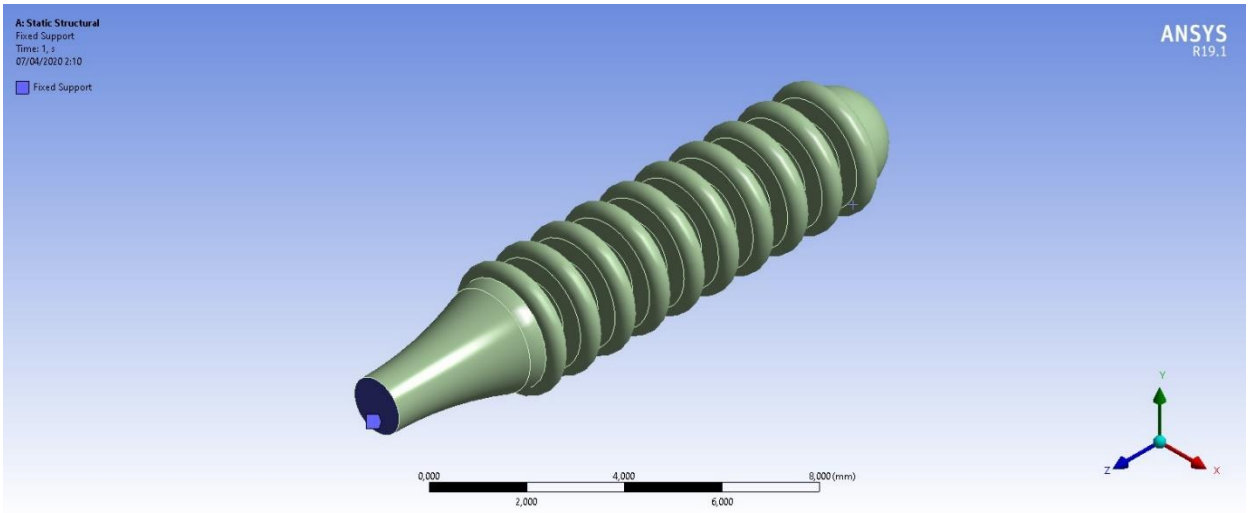

Figura 7. Empotramiento en la raíz del captador.

5.1.3 CARGAS

Las cargas son desconocidas porque no han sido facilitadas ni localizadas. Las cargas son incógnitas de estos análisis y serán encontradas a partir de los resultados que ofrezcan las simulaciones. El modelo de análisis ofrecerá las fuerzas que es necesario hacer para producir los desplazamientos forzados en cada combinación de condiciones de contorno.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

5.2 RESULTADOS

Los resultados mostrados en los siguientes apartados están separados en función de la combinación de condiciones escogidas y modelos escogidos.

5.2.1 HISOPO DE RESINA SURGICAL GUIDE

Este apartado muestra los resultados obtenidos en los análisis de modelos del hisopo y del cabezal captador dotados de resina Surgical Guide.

5.2.1.1 EMPOTRAMIENTO EN LA BASE

El analista ha configurado una simulación en la que ha forzado 100 mm de flecha para la espira de la punta. El programa guarda resultados de pasos de simulación y esto permite al analista mostrar los resultados relevantes.

La Tabla 3 muestra la evolución de las tensiones máximas normales de tracción y de compresión entre las flechas de 60 y de 80 mm. Se puede observar máximos locales de tensión entre 68 y 70 mm. La Tabla 4 muestra la tensión para flechas entre 81 y 90 mm. Es en esta tabla donde observamos que la tensión supera el límite a partir de una flecha de valor 86 mm.

A continuación, la Figura 8 muestra un gráfico con los datos de tensiones máximas normales de tracción y de compresión para flechas de valores entre 60 y 90 mm.

La última flecha forzada que ha mostrado tensión inferior al límite es 85 mm. La tensión en ese instante es 93.6 MPa en el lado de tracción y 98.1 MPa en el lado de compresión. La Figura 9 muestra el mapa de tensión para esta flecha.

Por otro lado, la deformación normal correspondiente al mismo instante es 3.6 % en el lado de tracción y 3,8 % en el lado de compresión. La Figura 10 muestra el mapa de deformación normal para esta flecha.

La Tabla 4 muestra que la fuerza que provoca la flecha de 85 mm es 4.08 N.

En los análisis presentados hasta ahora, la tensión de comparación ha sido la tensión normal. Si en lugar de utilizar esta tensión de comparación, utilizamos la intensidad de tensión, obtenemos 101.14 MPa para la misma deformación forzada. Por encima de 85 mm de desplazamiento forzado, se obtiene una intensidad de tensión superior a 103 MPa. La intensidad de tensión es una combinación de tensiones que tiene en cuenta las tensiones normales en todas las direcciones y las tensiones cortantes en todas las direcciones. La Figura 11 y la Figura 12 muestran el mapa de intensidad de tensión.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Tabla 3. Evolución de la tensión y de la fuerza.

Flecha (mm)	Tensión en el lado de compresión (MPa)	Tensión en el lado de tracción (MPa)	Fuerza (N)
60	-57.5	55.5	0.54
61	-58.4	56.3	0.59
62	-59.4	57.1	0.64
63	-60.3	57.8	0.69
64	-61.1	58.3	0.75
65	-61.7	58.8	0.82
66	-62.1	59.2	0.89
67	-62.5	59.4	0.97
68	-62.8	59.4	1.06
69	-62.9	59.4	1.16
70	-63.0	59.2	1.26
71	-62.8	58.8	1.38
72	-62.4	58.3	1.49
73	-61.9	57.6	1.63
74	-61.3	56.7	1.77
75	-60.6	55.7	1.92
76	-59.8	55.9	2.08
77	-61.7	59.5	2.25
78	-65.6	63.2	2.43
79	-69.7	67.1	2.62
80	-73.9	71.1	2.83

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Tabla 4. Evolución de la tensión y de la fuerza. Continuación.

Flecha (mm)	Tensión en el lado de compresión (MPa)	Tensión en el lado de tracción (MPa)	Fuerza (N)
81	-78.4	75.2	3.05
82	-83.0	79.6	3.28
83	-87.8	84.1	3.53
84	-92.8	88.7	3.80
85	-98.1	93.6	4.08
86	-103.5	98.6	4.39
87	-109.2	103.8	4.71
88	-115.1	109.3	5.06
89	-121.3	114.9	5.44
90	-127.7	120.8	5.84

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

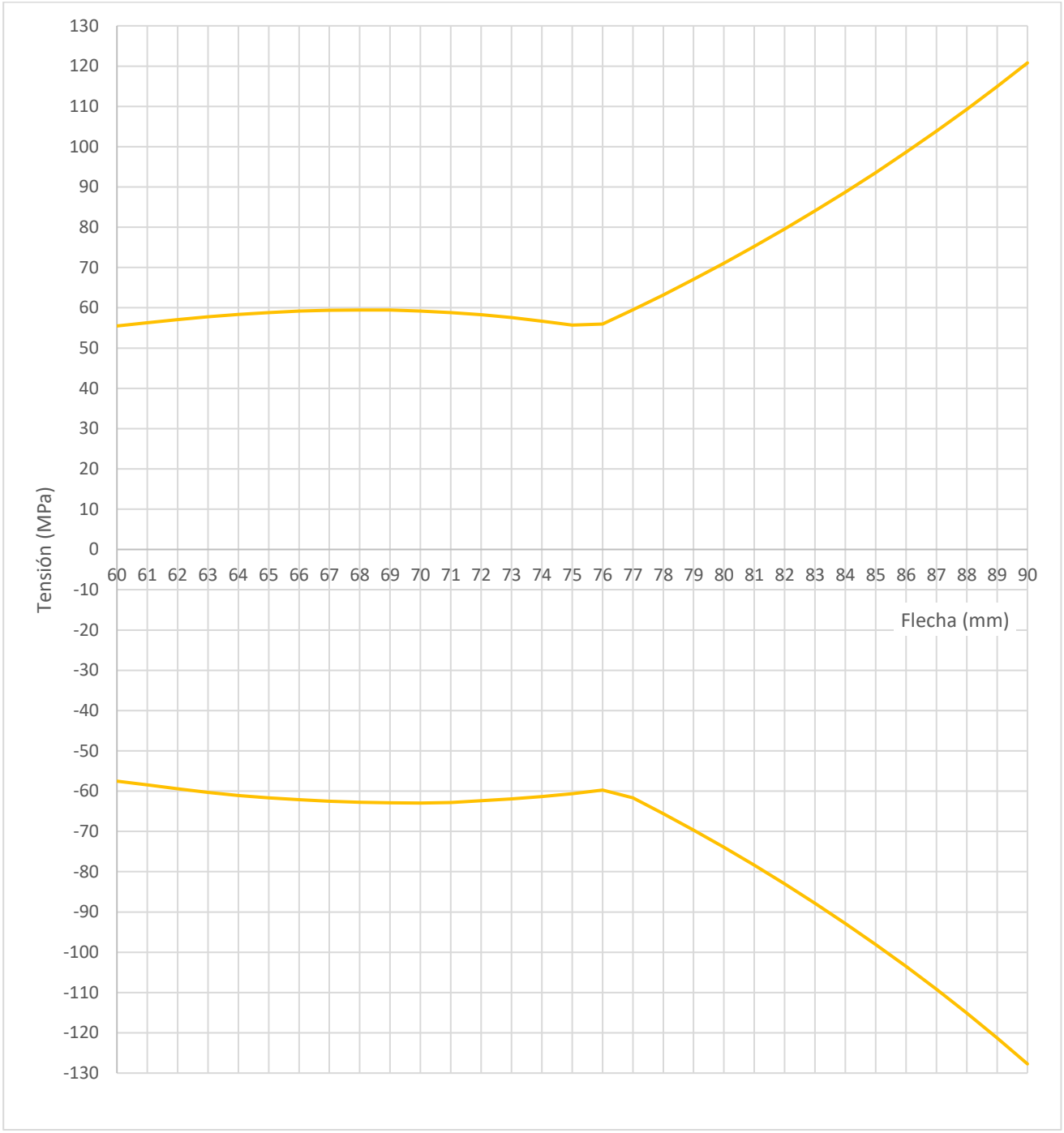

Figura 8. Tensiones normales máximas de tracción y de compresión.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

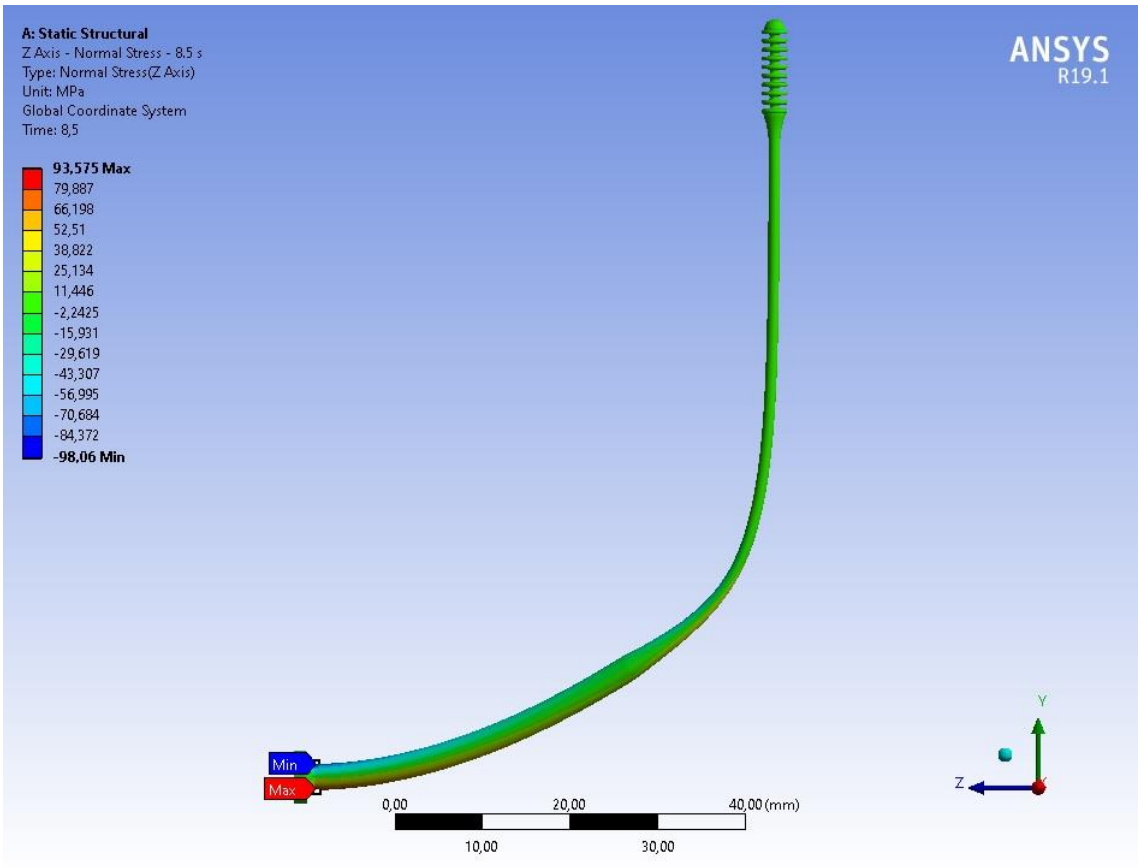

Figura 9. Tensión con desplazamiento forzado a 85 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

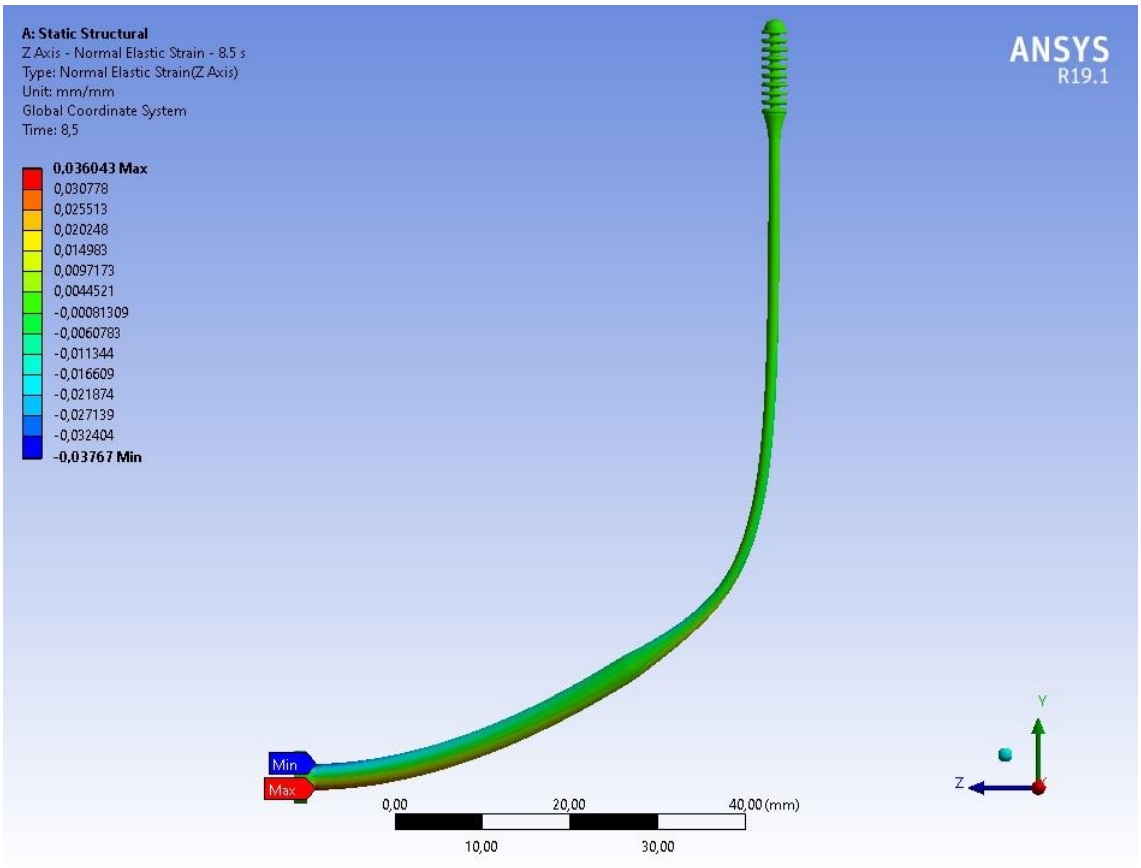

Figura 10. Deformación durante un desplazamiento forzado de 85 mm.

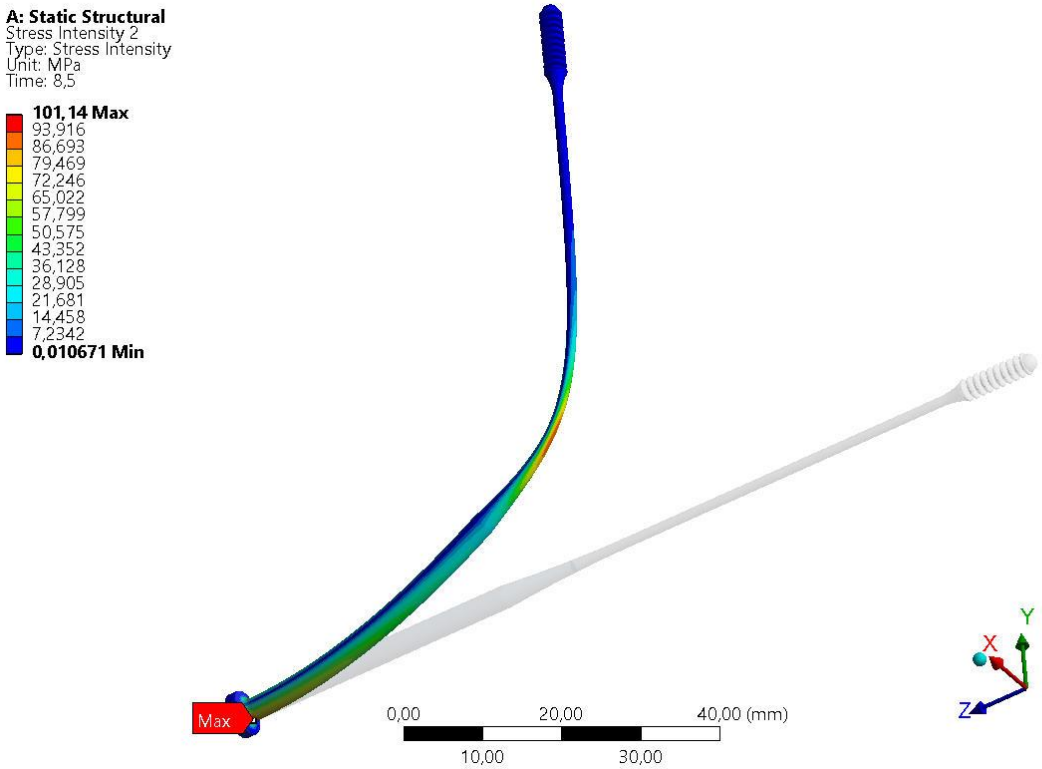

Figura 11. Intensidad de tensión.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

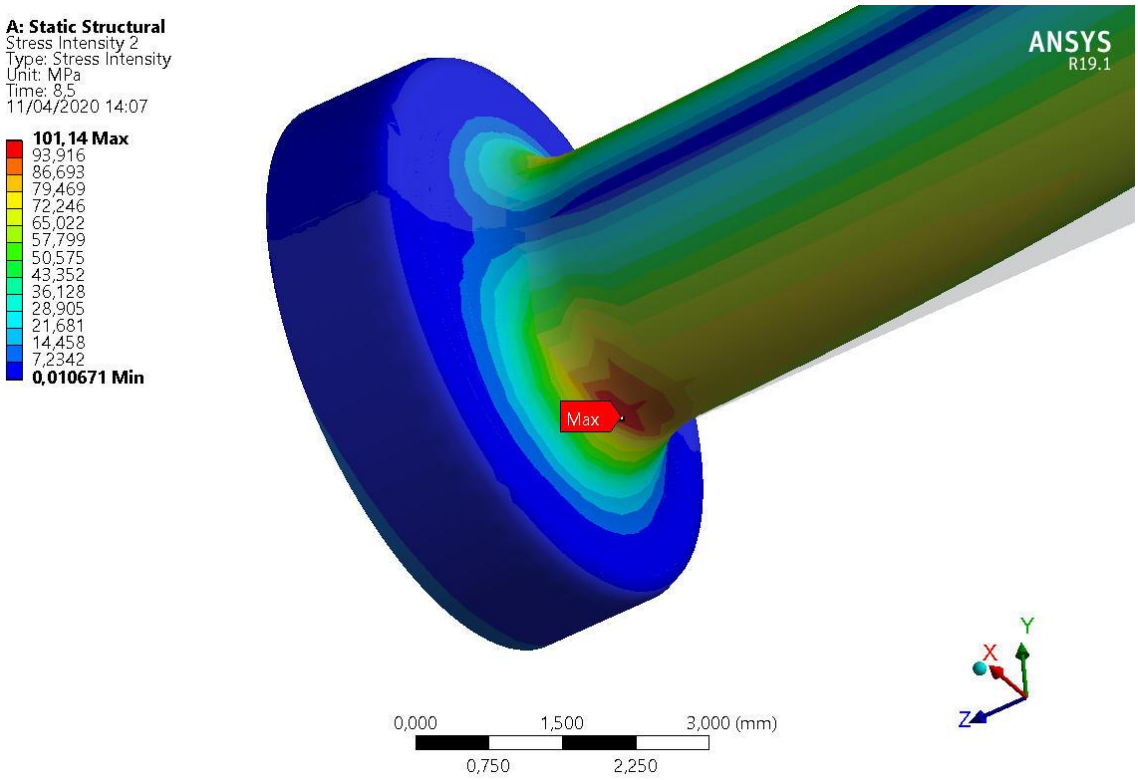

Figura 12. Intensidad de tensión. Detalle.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

5.2.1.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR

El analista ha encontrado el desplazamiento forzado máximo que se puede realizar para no superar el límite. El desplazamiento es 1.45 mm. La tensión resultante es 101.9 MPa y su localización se observa en la Figura 13. Por otro lado, la elongación es del 3.8 % y se observa su localización en la Figura 14. Tanto la tensión como la elongación son inferiores a los límites. La fuerza aplicada para conseguir esta flexión es 0.79 N.

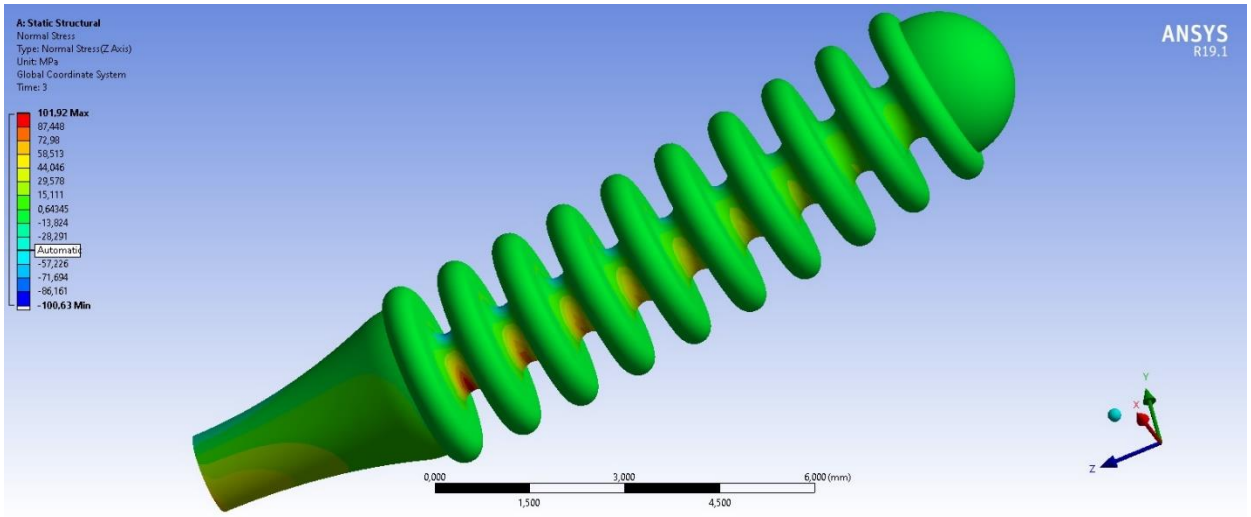

Figura 13. Tensión normal para un desplazamiento forzado de 1.45 mm.

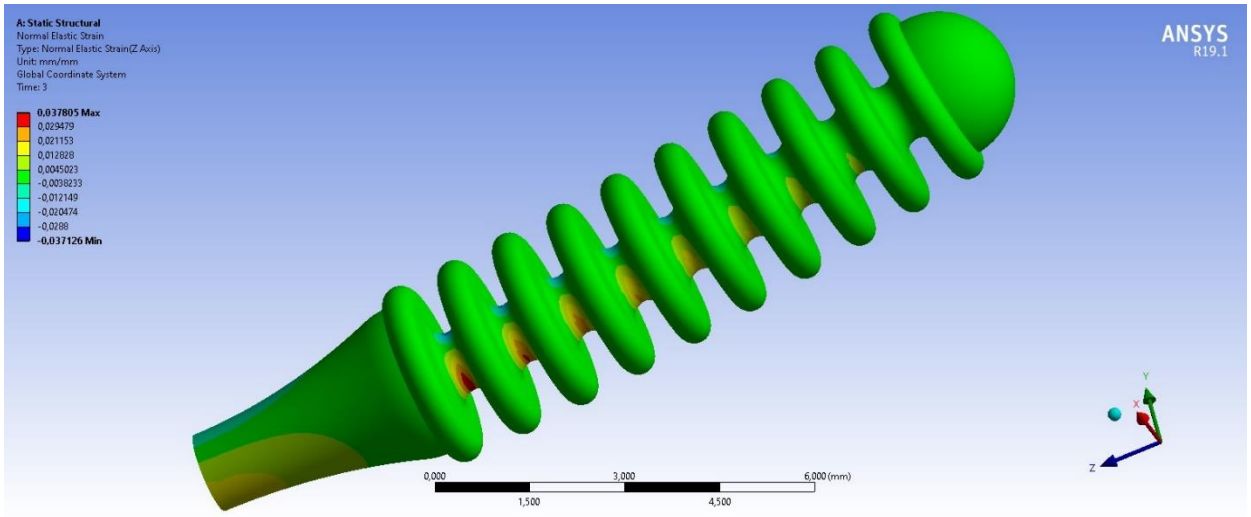

Figura 14. Elongación para un desplazamiento forzado de 1.45 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

5.2.2 HISOPO DE RESINA DENTAL SG

Este apartado muestra los resultados obtenidos en los análisis de modelos del hisopo y del cabezal captador dotados de resina Dental SG.

5.2.2.1 EMPOTRAMIENTO EN LA BASE

El analista ha configurado una simulación en la que ha forzado 100 mm de flecha para la espira de la punta. El programa guarda resultados de pasos de simulación y esto permite al analista mostrar los resultados relevantes. El modelo utilizado usa las propiedades del material alternativo, que es la resina denominada Dental SG.

Los resultados del análisis indican que la tensión normal supera el límite de tensión cuando la flecha es 81 mm. El límite de tensión es 50 MPa. La Tabla 5 y la Tabla 6 muestran la evolución de la tensión normal para flechas entre 60 mm y 90 mm. La misma tabla muestra la fuerza que se debe desempeñar para producir la flecha forzada. La Figura 15 muestra la evolución de la tensión normal entre las flechas de 60 mm y de 90 mm. La flecha máxima admisible es 80 mm y es necesario realizar una fuerza de 1.72 N. La Figura 16 y la Figura 17 muestran la tensión normal en el lado traccionado y el lado comprimido respectivamente.

Si en lugar de utilizar esta tensión de comparación, utilizamos la intensidad de tensión, entonces el límite de 50 MPa es alcanzado antes. La intensidad de tensión es una combinación de tensiones que tiene en cuenta las tensiones normales en todas las direcciones y las tensiones cortantes en todas las direcciones. Con una flecha de 69 mm, la intensidad de tensión supera el límite de 50 MPa. La última flecha cuya intensidad de tensión es inferior al límite es 68 mm.

La Tabla 7 muestra la evolución de la intensidad de tensión entre 60 mm y 80 mm.

La Figura 18 muestra el mapa de la intensidad de tensión para una flecha de 68 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Tabla 5. Evolución de la tensión y de la fuerza.

Flecha (mm)	Tensión en el lado de compresión (MPa)	Tensión en el lado de tracción (MPa)	Fuerza (N)
60	-34.8	33.4	0.33
61	-35.4	33.9	0.35
62	-35.9	34.4	0.38
63	-36.4	34.8	0.42
64	-36.8	35.1	0.46
65	-37.1	35.4	0.50
66	-37.3	35.6	0.54
67	-37.5	35.7	0.59
68	-37.7	35.8	0.64
69	-37.8	35.7	0.70
70	-37.8	35.6	0.76
71	-37.6	35.3	0.83
72	-37.4	35.0	0.91
73	-37.1	34.6	0.99
74	-36.8	34.2	1.07
75	-36.4	35.2	1.16
76	-38.8	37.5	1.26
77	-41.3	39.9	1.36
78	-44.0	42.4	1.47
79	-46.7	45.0	1.59
80	-49.6	47.7	1.72

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Tabla 6. Evolución de la tensión y de la fuerza. Continuación.

Flecha (mm)	Tensión en el lado de compresión (MPa)	Tensión en el lado de tracción (MPa)	Fuerza (N)
81	-52.6	50.4	1.84
82	-55.7	53.3	1.99
83	-59.0	56.4	2.14
84	-62.4	59.5	2.30
85	-65.9	62.7	2.47
86	-69.6	66.1	2.66
87	-73.5	69.6	2.85
88	-77.5	73.2	3.06
89	-81.7	77.0	3.29
90	-86.1	81.0	3.54

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

Tabla 7. Evolución de la intensidad de tensión.

Flecha (mm)	Intensidad de tensión (MPa)
60	41.1
61	42.2
62	43.4
63	44.5
64	45.7
65	46.8
66	47.9
67	48.9
68	49.9
69	50.9
70	51.9
71	52.8
72	53.7
73	54.4
74	55.1
75	55.7
76	56.1
77	56.3
78	56.6
79	56.8
80	57.0

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

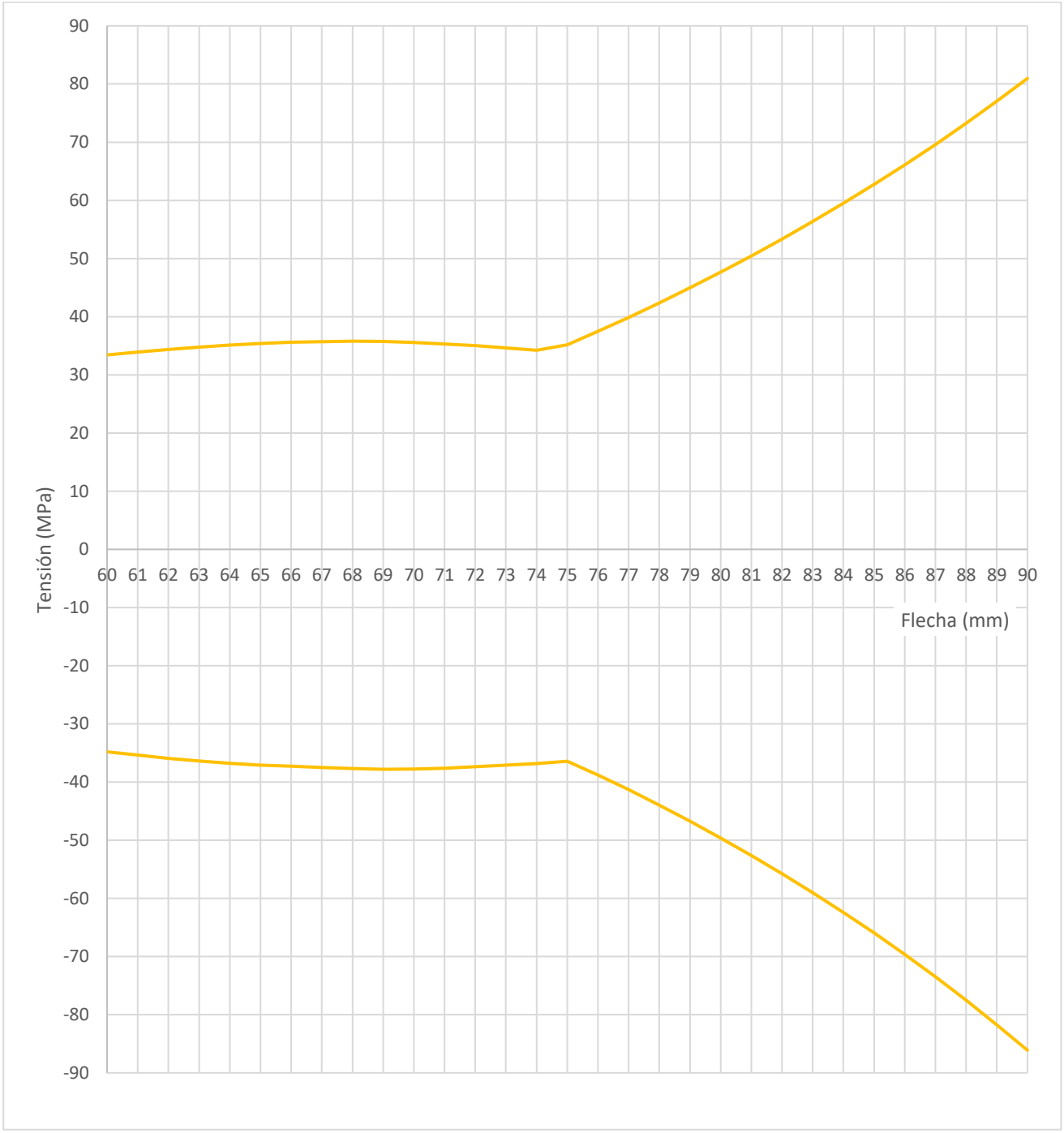

Figura 15. Tensiones normales máximas de tracción y de compresión.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

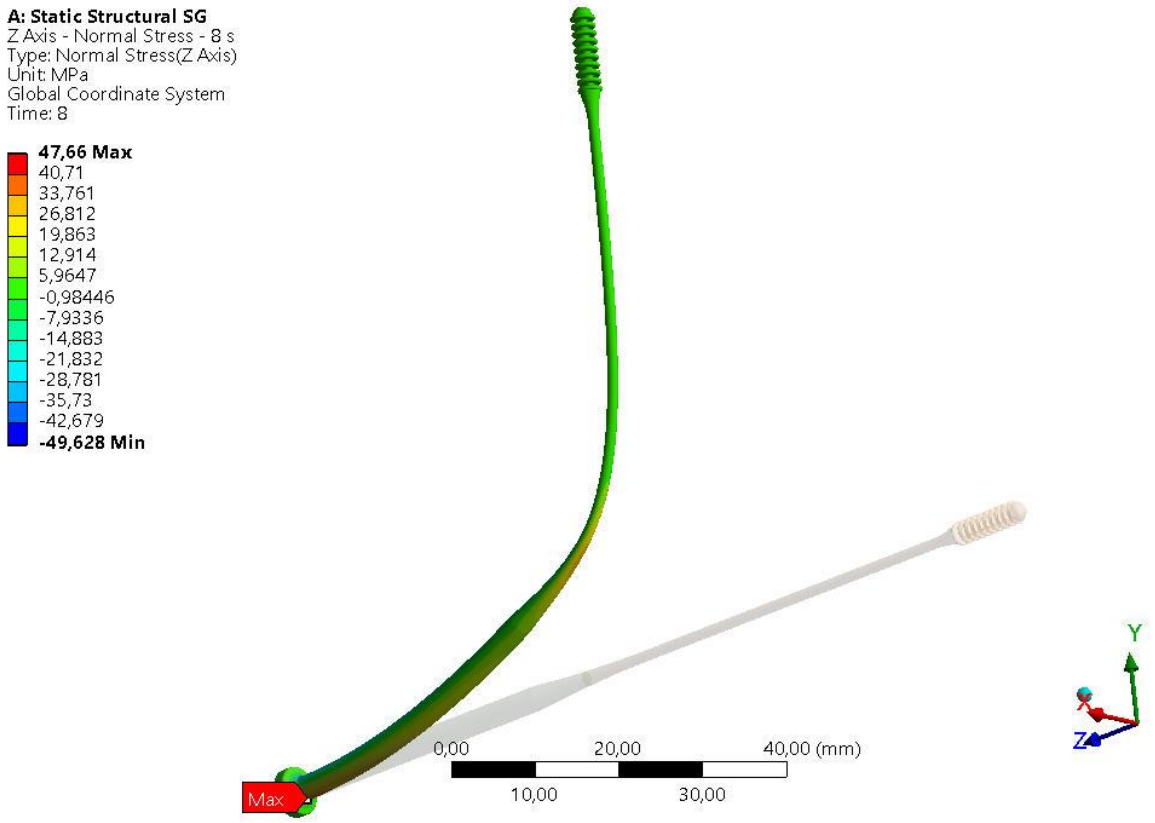

Figura 16. Tensión normal con flecha de 80 mm. Detalle del lado en tracción.

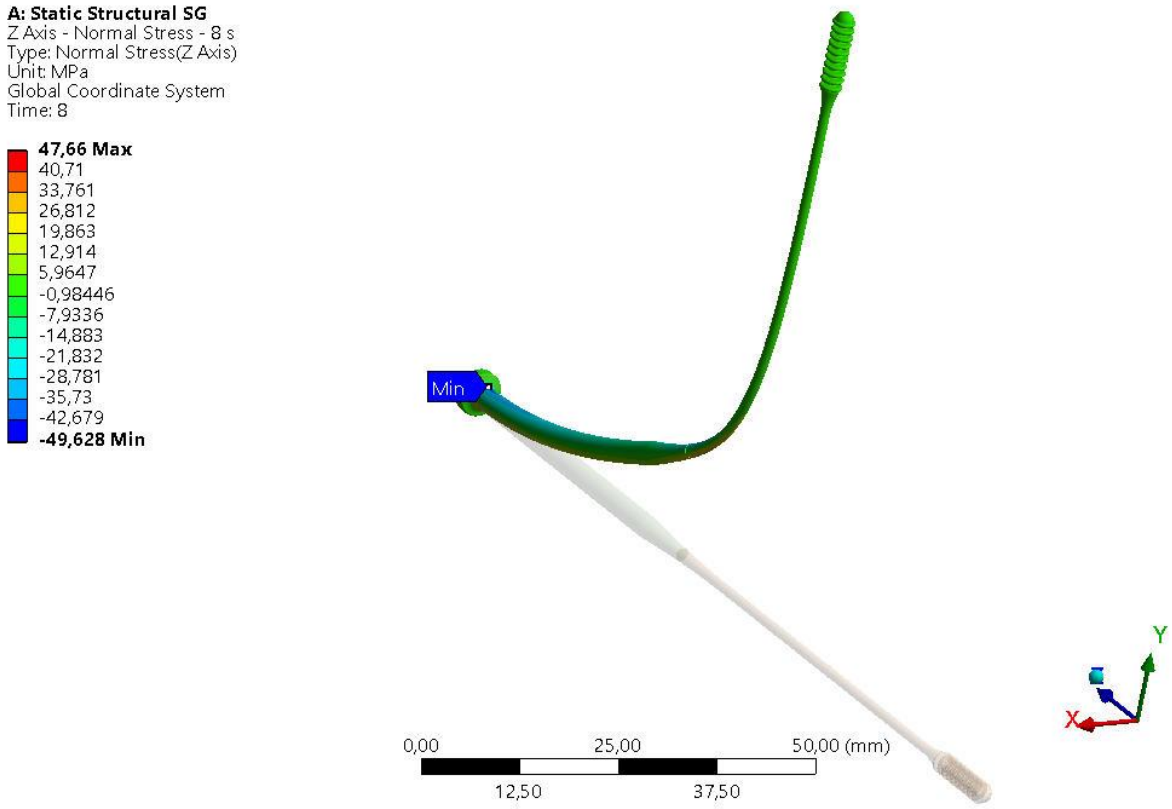

Figura 17. Tensión normal con flecha de 80 mm. Detalle del lado en compresión.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

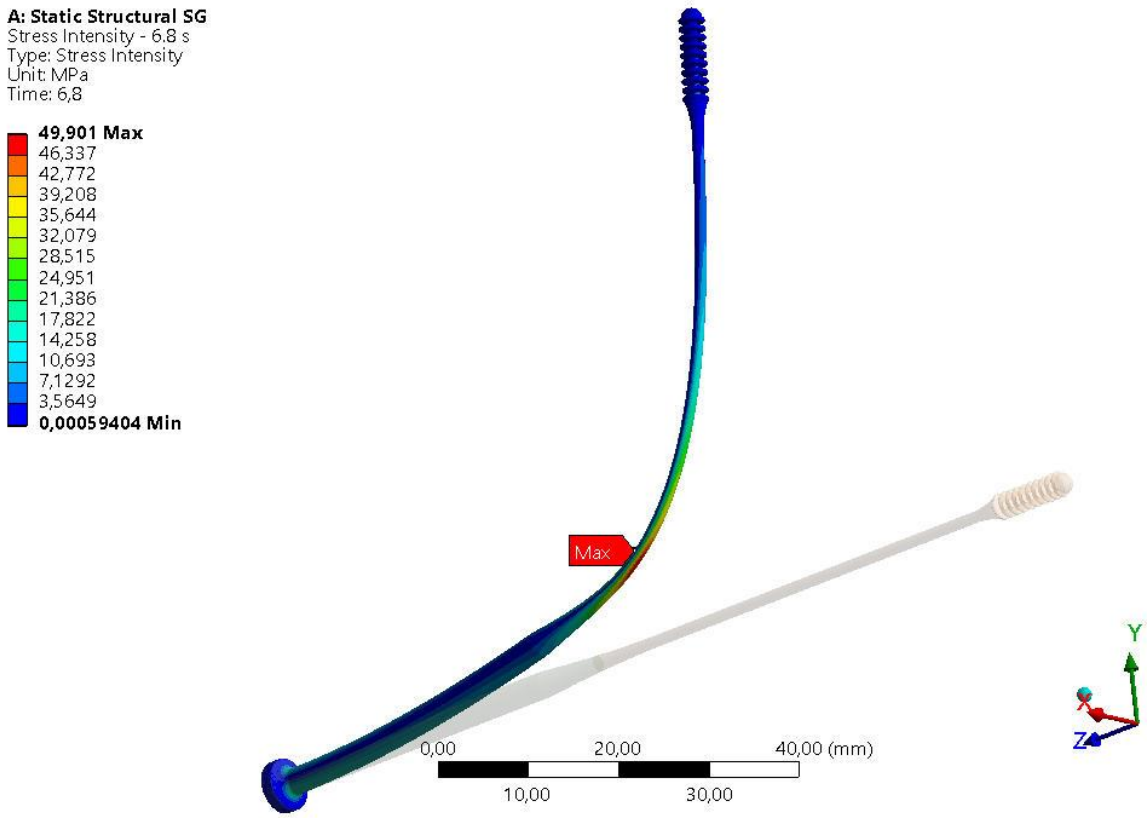

Figura 18. Intensidad de tensión con flecha de 68 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

5.2.2.2 EMPOTRAMIENTO EN LA RAIZ DEL CAPTADOR

El analista ha configurado una simulación en la que ha forzado 1.5 mm de flecha para la espira de la punta. El programa guarda resultados de pasos de simulación y esto permite al analista mostrar los resultados relevantes. El modelo utilizado usa las propiedades del material alternativo, que es la resina denominada Dental SG.

Con una flecha forzada de 1.2 mm, la tensión normal del captador supera el límite de 50 MPa. La última flecha en la que se respeta el límite es 1.15 mm. La Figura 19 muestra que la tensión normal del captador es 48.6 MPa en el lado de tracción y 47.8 MPa en el lado de compresión para una flecha de 1.15 mm.

Si utilizáramos la intensidad de tensión como tensión de comparación, la flecha límite es la misma. En este caso, el valor de la intensidad de tensión es 48.6 MPa. La Figura 20 muestra el mapa de intensidad de tensión para una flecha forzada de 1.15 mm.

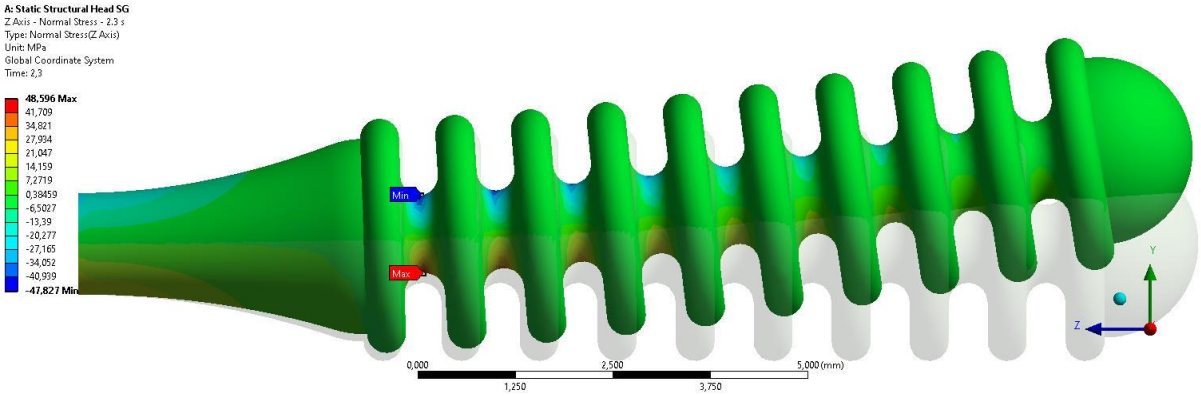

Figura 19. Tensión normal para una flecha de 1.15 mm.

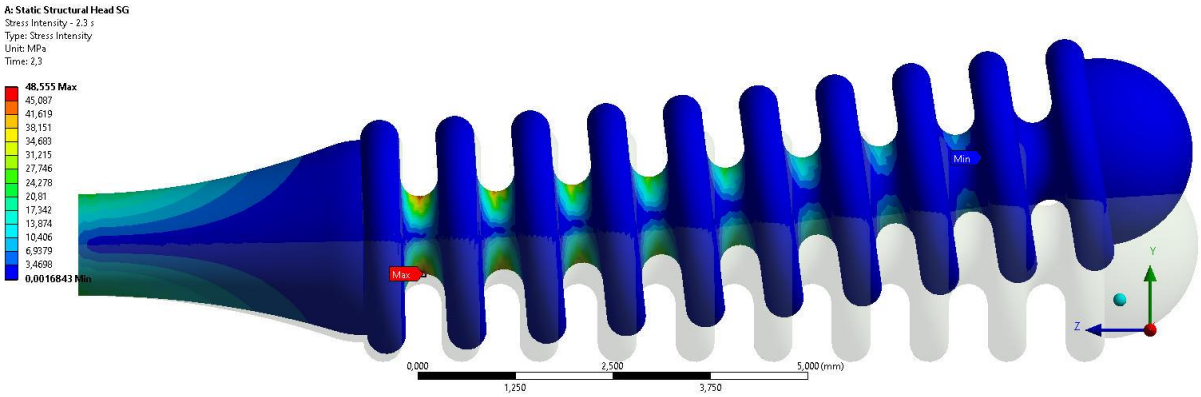

Figura 20. Intensidad de tensión para una flecha de 1.15 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

6 RESUMEN DE TENSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1 RESUMEN DE TENSIÓN

El presente apartado muestra la reunión de resultados de tensión para los hisopos. La Tabla 8 muestra los resultados del análisis del hisopo de resina Surgical Guide y la comparación con los límites. La Tabla 9 muestra el mismo resumen para el hisopo de resina Dental SG.

Tabla 8. Resumen de tensión en hisopo de resina Surgical Guide.

Condición	Valor de comparación	Resultado (MPa)	Límite (MPa)	Ratio
Empotramiento en la base y soporte del captador en el suelo de la fosa nasal. La deformación forzada es 85 mm.	Tensión normal	98.1	103	0.95
Empotramiento en la base y soporte del captador en el suelo de la fosa nasal. La deformación forzada es 85 mm.	Intensidad de tensión	101.2	103	0.98
Empotramiento en la raíz del captador y soporte del captador en el fondo de la fosa nasal. La deformación forzada es 1.45 mm.	Tensión normal	101.9	103	0.99

Tabla 9. Resumen de tensión en hisopo de resina Dental SG.

Condición	Valor de comparación	Resultado (MPa)	Límite (MPa)	Ratio
Empotramiento en la base y soporte del captador en el suelo de la fosa nasal. La deformación forzada es 80 mm.	Tensión normal	49.7	50	0.99
Empotramiento en la base y soporte del captador en el suelo de la fosa nasal. La deformación forzada es 68 mm.	Intensidad de tensión	49.9	50	0.99
Empotramiento en la raíz del captador y soporte del captador en el fondo de la fosa nasal. La deformación forzada es 1.15 mm.	Tensión normal	48.6	50	0.97
Empotramiento en la raíz del captador y soporte del captador en el fondo de la fosa nasal. La deformación forzada es 1.15 mm.	Intensidad de tensión	48.6	50	0.97

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 - CIF: G39492947

6.2 CONCLUSIONES

El hisopo fabricado con resina biocompatible Surgical Guide para fabricación aditiva es un componente flexible. El presente análisis demuestra la deformación que puede adquirir el hisopo sin romperse.

El objeto del análisis es buscar la carga de flexión a la cual se rompe el hisopo por llegar al límite de tensión o al límite de elongación. Los resultados de las simulaciones y el uso de la tensión normal como valor de comparación llevan a las siguientes deducciones:

- ✓ El hisopo soporta una flecha de 85 mm y una fuerza de 4.08 N cuando está soportado sobre el suelo de la fosa nasal.
- ✓ El hisopo soporta una flecha de 1.45 mm y una fuerza de 0.79 N cuando contacta con el fondo de la fosa nasal.

Por otro lado, el uso de la resina Dental SG lleva a las siguientes deducciones a través del mismo método de análisis:

- ✓ El hisopo soporta una flecha de 80 mm y una fuerza de 1.72 N cuando está soportado sobre el suelo de la fosa nasal.
- ✓ El hisopo soporta una flecha de 1.15 mm y una fuerza de 0.37 N cuando contacta con el fondo de la fosa nasal.

Destaca una diferencia en el comportamiento de los dos hisopos de materiales diferentes respecto a la llegada hasta sus límites. La diferencia reside en la localización de la parte que alcanza antes el límite de tensión.

- ✓ En el caso del hisopo de resina Surgical Guide, la parte que primero llega a la tensión límite es la unión entre la base de sujeción y el tronco de 3 mm de diámetro. Esto es independiente de la elección de la tensión normal o de la intensidad de tensión como valor de comparación.
- ✓ En el caso del hisopo de resina Dental SG, la tensión límite se alcanza en la unión entre la base de sujeción y el tronco de 3 mm de diámetro si se utiliza la tensión normal como tensión de comparación. Pero si se utiliza la intensidad de tensión como valor de comparación, la primera parte del componente que llega al límite es el tronco de diámetro 1.3 mm.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947

7 LISTADO DE ARCHIVOS INFORMÁTICOS

El presente apartado muestra los archivos que contienen los modelos de elementos finitos y los resultados de las simulaciones.

Las simulaciones han sido ejecutadas en equipos de las siguientes características:

- ✓ Nombre del equipo: WSCTC112
- ✓ Procesador: Intel ® Core™ i7 CPU 870 2.93GHz.
- ✓ Sistema operativo: Windows 7 Professional SP1, 64 bits.

- ✓ Nombre del equipo: SIMULACION04
- ✓ Procesador: Intel ® Xeon ® CPU E5-2630 v4 2.20GHz.
- ✓ Sistema operativo: Windows 10 Pro, 64 bits.

Tabla 10. Listado de archivos informáticos.

Nombre	Fecha	Descripción	Programa
Hisopo01.wbpz	10/04/2020	Análisis de cabezal captador con mallado refinado y resina Surgical Guide.	ANSYS Workbench
Hisopo02.wbpz	08/04/2020	Análisis de hisopo de resina Surgical Guide.	ANSYS Workbench
Hisopo03.wbpz	10/04/2020	Análisis de hisopo de resina Dental SG.	ANSYS Workbench
Hisopo04.wbpz	10/04/2020	Análisis de cabezal captador con mallado refinado y Dental SG.	ANSYS Workbench

8 REFERENCIAS

[1] modelo.stp

[2] step.stp.

[3] ANSYS Workbench, Rev.19.1, SAS IP Inc.

[4] MATERIAL DATA SHEET. Surgical Guide. Formlabs. Rev. 01. 11.04.2019.

[5] Dental SG. Biocompatible Photoplymer Resin for Form 2. MATERIAL PROPERTIES. Formlabs. 04/15/2016.

[6] Toma de muestra exudado nasofaríngeo. Estudio virus. Servicio de Medicina Preventiva. Servicio de Microbiología. CONSORCI. HOSPITAL GENERAL UNIVERITARI. VALÈNCIA. Ver. 1. Enero 2020.

Fundación Centro Tecnológico de Componentes, inscrita en el Registro de Fundaciones del Gobierno de Cantabria, Clasificación: " Otras" ; Código: O, I, 2 · CIF: G39492947