

## **Pasantía Universitaria de cuarto año**

### ***Concepción de una pinza laparoscópica***

Estudiante ENI-Val de Loire

Clément GUICHETEAU

Tutor Francés  
ENI-Val de Loire

Jerome FORTINEAU

Tutor Argentino  
Facultad de Ingeniería  
UNCuyo  
Ing. Roberto HAARTH

Fecha. Agosto 2012

## Agradecimiento

En primer lugar, quisiera agradecer mi tutor de pasantía en Argentina, Ing. Roberto HAARTH, que nos ha acogido en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuyo y que nos ha apoyado a lo largo de la pasantía. Agradezco para sus consejos et su buen humor permanente.

Quisiera agradecer también el profesor Christian CAROL que nos oferta la oportunidad de hacer os pasantías en Argentina.

Agradezco el Profesor Jérôme FORTINEAU, mi tutor de pasantía en Francia, que estaba vigilante al bueno desarrollo de la pasantía.

Agradezco Fanny TRICHET que nos ayuda para nuestro integración en el país, y que me ayuda por mi pasantía.

Por fin, quisiera agradecer mi familia por su apoyado, su ayuda y si no nada de todo ese habría sido posible.

## Tabla de contenido

<b>Agradecimiento</b>	<b>1</b>
<b>Tabla de contenido</b>	<b>2</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Ambiente de trabajo</b>	<b>4</b>
<b>Objetivo de la pasantía</b>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>La cirugía laparoscópica y sus instrumentos</b>	<b>5</b>
<b>La cirugía laparoscópica</b>	<b>5</b>
Definición	5
Aplicaciones	5
Ventajas y Desventajas	7
<b>Los instrumentos de la cirugía laparoscópica</b>	<b>8</b>
Las pinzas laparoscópica	8
Partes de una pinza laparoscópica	8
Las diferentes tipos básicos de pinzas laparoscópicas	9
Los trocares	10
<b>Concepción de una pinza laparoscópica</b>	<b>11</b>
<b>Estudio de la pinza convencional</b>	<b>11</b>
Presentación	11
Esquema cinemático	12
<b>Concepción de la nueva pinza</b>	<b>13</b>
Pliego de condiciones	13
Trabajo en el ángulo de apertura de la pinza	14
Añadido de una nueva degrada de rotación	16
Las diferentes ideas	16
El concepto final	18
La elección de materiales semirrígidos	20
La concepción con el software CATIA	22
La elección del resorte	24
Calculo del diámetro mínimo del cable	25
<b>Las dificultades encontradas</b>	<b>26</b>
<b>Conclusión</b>	<b>26</b>

## Introducción

Hice mi practica en la Universidad de Cuyo, a la facultad de ingeniería de Mendoza. Esta práctica me permite de utilizar mis capacidades que he aprendido a la ENIVL y, por eso, de tener experiencias de esta pasantía. Especialmente hablando de capacidades de ingeniería de mecánica.

Este pasantía estaba de una duración de cuatro meses durante pude disfrutar de la vida en Argentina. Es una experiencia única que me permite de prueba mis capacidades de integración et de conocer una cultura de que yo no conocía casi nada antes de llegar a Argentina.

Mi pasantía estaba la concepción de una pinza para la cirugía laparoscópica. Este tema esta solo una parte de un más gran proyecto que mi tutor de pasantía, Roberto HAARTH, ha pensado.

En un primer tiempo, tenía que estudiar los modelos ya existente de pinzas laparoscópicas. La secunda etapa estaba de trabajar en el ángulo de abierta de la pinza. Al fin la mayor parte del trabajo estaba de diseñar una nueva pinza totalmente mecánica que tiene un degrado de libertad mas que las pinzas convencionales.

En este informe, a primera vista, presentaré la Universidad de Cuyo y el ambiente de trabajo. Después, explicaré los objetivos de mi pasantía antes de definir la cirugía laparoscópica, describir sus aplicaciones y por fin comparar las ventajas y desventajas. En la próxima parte, trataré de la concepción de la pinza laparoscopia con en primer lugar, el estudio de la pinza convencional y después la descripción de la concepción de la nueva pinza laparoscópica.

Por último, las dificultades encontradas durante la pasantía serán enumeradas.

Un expediente apéndices contendería los planos de la pinza.

## Ambiente de trabajo

La Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) es el mayor centro de educación superior de la provincia de Mendoza, República Argentina. Fue creada en 1939 en respuesta a los requerimientos no sólo de Mendoza, sino también de las provincias de San Juan y San Luis, que conforman la región de Cuyo. Ese enlace regional se mantuvo hasta 1973, año en que cada provincia constituyó su propia Universidad (la Universidad Nacional de San Juan y la Universidad Nacional de San Luis respectivamente), quedando la Universidad Nacional de Cuyo exclusivamente para Mendoza.

En la actualidad cuenta con 11 unidades académicas con asiento en la ciudad de Mendoza y delegación San Rafael. También cuenta con el Instituto Tecnológico Universitario que ofrece educación técnica a cuatro ciudades de la provincia de Mendoza.

- La facultad de Artes y Diseños
- La facultad de Ciencias Agrarias
- La facultad de Aplicadas a la Industria (San Rafael, provincia de Mendoza)
- La facultad de Ciencias Económicas
- La facultad de Ciencias Médicas
- La facultad de Ciencias Políticas y Sociales
- La facultad de Derecho
- La facultad de Educación Elemental y Especial
- La facultad de Filosofía y Letras
- La facultad de Ingeniería
- La facultad de Odontología

La facultad de Ingeniería, posee cuatro formaciones.

- Ingeniería civil
- Ingeniería industrial
- Ingeniería petróleo
- Ingeniería mecatrónica

Trabajé en el laboratorio de robótica de la facultad de ingeniería. Este laboratorio está ubicada con todos los laboratorios de la facultad, en un edificio que se llama el DETI.

## La cirugía laparoscópica y sus instrumentos

### La cirugía laparoscópica

#### Definición

La cirugía laparoscópica es una técnica quirúrgica que se practica a través de pequeñas incisiones, usando la asistencia de una cámara de video que permite al equipo médico ver el campo quirúrgico dentro del paciente y accionar en el mismo. Se llama a estas técnicas mínimo-invasivas o de mínima invasión, ya que evitan los grandes cortes de bisturí requeridos por la cirugía abierta o convencional y posibilitan, por lo tanto, un periodo post-operatorio mucho más rápido y confortable.

La cirugía se realiza gracias a un video-cámara que se introduce en el cuerpo a través de una incisión. Esta cámara de pequeñísimo tamaño cuenta con una fuente de luz fría que ilumina el campo quirúrgico dentro del organismo.

Prácticamente cualquier cirugía abdominal y pélvica puede ser realizada a través de esta técnica, entre algunas de ellas tenemos colecistectomías, cistectomías, apendicetomías, resecciones intestinales, esterilizaciones quirúrgicas y pancreatomecías, todo esto se puede hacer usando el ombligo como vía de entrada para el cable.

#### Aplicaciones

Sus aplicaciones son diversas y su campo de acción se amplía cada día por los beneficios que ya hemos mencionado. Puede ser utilizada en cirugía abdominal, articular, ginecológica, torácica, etc.

En el caso de la laparoscopia abdominal, por ejemplo, es necesario efectuar otras pequeñas incisiones por las que se introducen los finos instrumentos con los que el cirujano realizará la intervención. Ellos son los instrumentos que generalmente se usan en una intervención tradicional, como pinzas, tijeras, separadores, suturas, etc., pero presentan una mayor longitud y son sumamente finos para poder ser maniobrados con comodidad por orificios pequeños.

A veces se hace necesario insuflar la cavidad abdominal con gas (CO<sub>2</sub>) elevando la pared muscular y comprimiendo los órganos hacia el dorso. De esta manera se puede ver en el interior del abdomen, sin que los órganos obstruyan el campo de la videocámara.

El campo de las técnicas mínimo invasivas es cada día más amplio, y se espera que sean cada vez más las intervenciones que se harán por vía laparoscópica u otras técnicas quirúrgicas alternativas, como la criocirugía y las técnicas láser, ya que lo que se busca es la reducción de los inconvenientes post-operatorios.

El dispositivo para una operación de cirugía laparoscópica convencional se presente así:

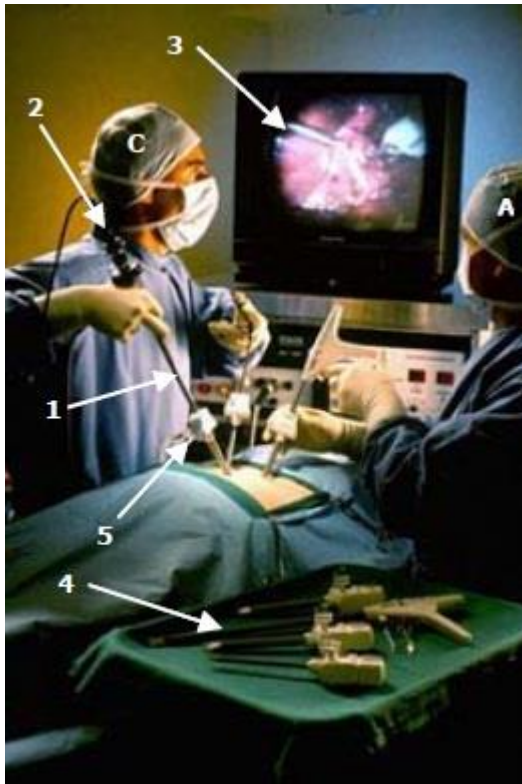
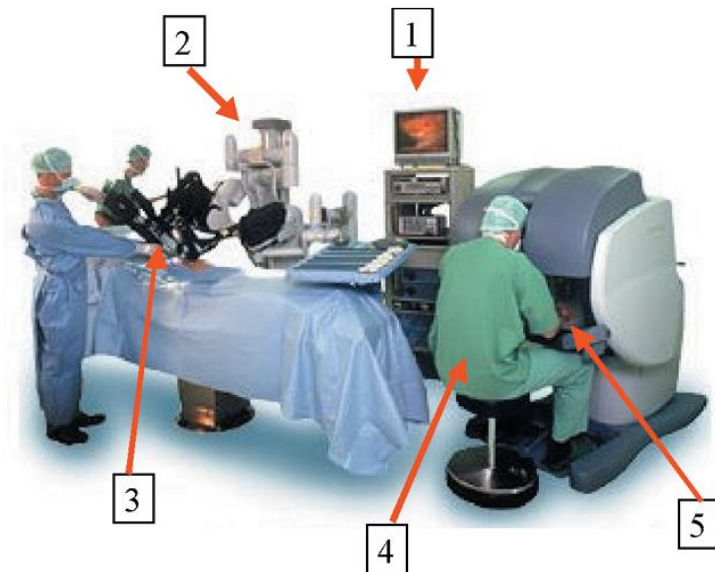


figure 1 : dispositivo para una operación de cirugía laparoscópica

- C: Cirujano
- A: Asistente
- 1: Endoscopio
- 2: Cámara endoscópica
- 3: Imagen endoscópica
- 4: Instrumentos
- 5: Trocare

La cirugía laparoscópica puede también estar asistida con robots, el dispositivo se presente así:

1: Monitor del asistente



- 2: Robot quirúrgico
- 3: Los instrumentos intercambiables con tecnología Endo-Wrist siguen al mismo tiempo los movimientos de la mano y la muñeca del cirujano
- 4: El cirujano en la consola operatoria
- 5: El cirujano aplica movimientos manuales de cirugía abierta, que los instrumentos duplican con precisión en el campo operatorio

figure 2 : *Da Vinci® Surgical System*

La robótica ha penetrado en diferentes áreas dentro de la cirugía como una herramienta de alta precisión para el cirujano, contrariamente a la idea de suplir al cirujano, el robot ha servido para establecer una mejor planeación de la cirugía.

La cirugía robótica viene a suplir las limitaciones de la cirugía laparoscópica convencional haciendo cirugías más ergonómicas y más precisas, sobre todo para aquellas cirugías más complejas y difíciles de acceder como es la prostatectomía radical.

## Ventajas y Desventajas

Los avances médicos encaminados a mejorar el tratamiento de los pacientes y su calidad de vida han impulsado el desarrollo de las técnicas laparoscópicas. En muchas operaciones ya ha sido aceptada la cirugía laparoscópica como primera opción. En otras, está en desarrollo por no haber mostrado claras ventajas respecto a la cirugía convencional.

En resumen, el paciente tendrá entre otros beneficios:

- Menos dolor postoperatorio
- Recuperación más rápida con estancia en el hospital más corta
- Retorno más rápido a su actividad habitual, laboral y física
- Mejor resultado estético

Otras ventajas derivadas de la técnica son:

- Dada la delicada y reducida manipulación de los tejidos el edema de los mismos, tras la cirugía, y las pérdidas de sangre son menores. Ello también influye en que la recuperación del funcionamiento del intestino (peristaltismo) es más rápida.
- Menor incidencia de complicaciones de las heridas (infecciones, hematomas, eventraciones...)
- Se alteran menos los mecanismos de defensa (inmunidad) del paciente.

Entre las desventajas que esta técnica nos ofrece en comparación con la cirugía convencional tenemos principalmente:

- Los equipos, la tecnología en general es cara y precisa reposición cada poco tiempo.
- Preparación y entrenamiento de los profesionales. Como toda técnica nueva, es necesario su aprendizaje. Esto requiere tiempo y esfuerzo.
- Además se pueden dar complicaciones intraoperatorias tales como falla en la hemostasia, daño de otras estructuras o imposibilidad de la exéresis completa.



## Los instrumentos de la cirugía laparoscópica

Hay muchos instrumentos que están utilizados en la cirugía laparoscópica (endoscopio, cámara endoscópica, unidad de insuflación...) pero en el contexto de la pasantía, describo solo el trocare y la pinza laparoscópica.

En general, el instrumental de cirugía laparoscópica tiene 5 o 10 mm de diámetro (en el caso de la mini-laparoscopia, 3 mm) y una longitud de 330 mm.

Si se utiliza óptica con canal de trabajo la longitud es 50 mm mayor. La mayoría de los instrumentos están recubiertos de material aislante para proteger los tejidos en caso de conexión a fuente de diatermia. Además suelen estar dotados de sistemas de rotación de 360° en el mango, para poder maniobrar con el instrumento sin modificar la posición de la mano. En su diseño cada vez se tiene más en cuenta la calidad y ergonomía del material, y es muy importante que permita una limpieza y una esterilización adecuadas.

### Las pinzas laparoscópica

#### *Partes de una pinza laparoscópica*

En la actualidad se diseñan y emplean las pinzas desarmables, que constan de tres partes:

- El Mango.- Se fabrican de plástico o metal. Pueden tener sistemas para mantenerlos cerrados (cremallera de fijación o ratchet) y conector para coagulación o no. Además pueden tener un sistema para rotación.
- El Tubo o Camisa.- Las camisas de las pinzas y tijeras pueden ser de metal o aislada, disponer o no de conector para corriente monopolar, medir 30, 36 o 43 cm y tener 5 o 10 cm de diámetro exterior.
- El Insert (Inserto o Punta).- Es el dispositivo de trabajo, este puede ser cambiado para adaptarnos a las necesidades de cada caso. Así, con dos o tres mangos, dos o tres camisas y un juego de puntas de trabajo es como si dispusiéramos de todo el instrumental, y puede ser lavado y esterilizado con mayor facilidad y seguridad.



*Las diferentes tipos básicos de pinzas laparoscópicas*

### **Pinza atromática de presión**

Permiten tomar tejidos para separarlos sin causar danos.



### **Pinza de presión**

Pinzas con dientes que garantice un agarre fuerte y seguro de un tejido que se desee extraer.



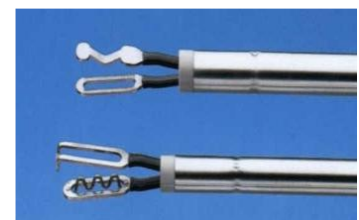
### **Pinza de biopsia**

Pinza para biopsia de ovario



### **Pinza bipolar**

Pinza de cauterización bipolar.



## Los trocares

Son cánulas que permiten pasar todos los instrumentos a la cavidad abdominal para realizar la cirugía endoscópica. Se fabrican de metal o plástico.

Los trocares están formados por:

1. Una cánula externa (camisa) con un sistema de válvulas para impedir que se escape el gas.
2. Una llave situada en la camisa para la entrada adicional de gas.
3. Un obturador (mandril) de punta afilada con o sin sistema de protección que permitirá la entrada del trocar a la cavidad abdominal.



La óptica y el instrumental de trabajo se introducen en la cavidad a través de vainas cilíndricas que se colocan en la pared mediante trocares punzantes que van introducidos en su interior.

Estos elementos han evolucionado de forma importante en el relativamente poco tiempo que tiene de desarrollo la laparoscopia terapéutica, y hoy en día se puede encontrar una gran variedad en el mercado.

El diámetro de los trocares varía entre 3 mm (mini-laparoscopia) y 3 cm dependiendo de sus diversas aplicaciones. En cirugía abdominal se suelen emplear trocares de 5, 10 y 12 mm, con posibilidad de introducir instrumental de 5 mm también por los trocares de diámetro superior.

Su longitud es también variable, ya que además del tamaño estándar (20-22 cm) existen trocares más cortos (cirugía pediátrica,) y también más largos (cirugía laparoscópica en pacientes obesos). Además de los trocares metálicos o reutilizables y los desechables o de plástico, existen en la actualidad trocares mixtos, con partes desechables y partes reutilizables.

## Concepción de una pinza laparoscópica

### Estudio de la pinza convencional

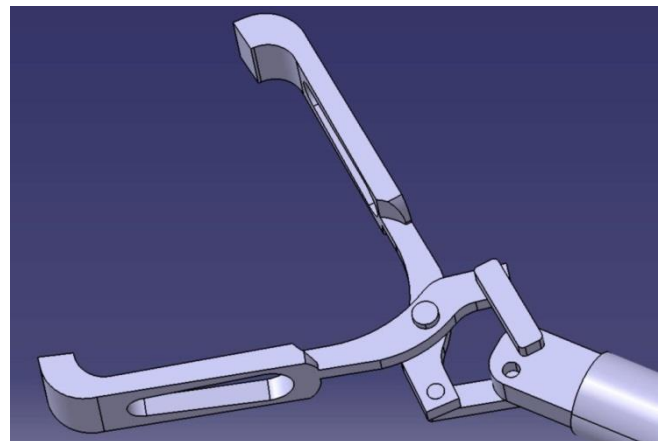
#### Presentación

El primer trabajo que debe hacer estaba el estudio de la pinza convencional. Habitualmente, una pinza laparoscópica convencional se presente así:



- Con: 1: Puntas de la pinza  
2: Sistema para pivotar la varilla  
3: Bloqueo de la apertura de la pinza  
4: Asa que permite de abrir/cerrar la pinza

El esquema cinemático es simple, se caracterice con una conexión pívot entre el mango y la varilla y también una rotula entre la asa y la varilla para pivotar esta última. La apertura y el cierre de la pinza esta provocada para la translación de la varilla en el tubo. Las conexiones de pívot transmiten un torque que permite de abrir o cerrar la pinza.

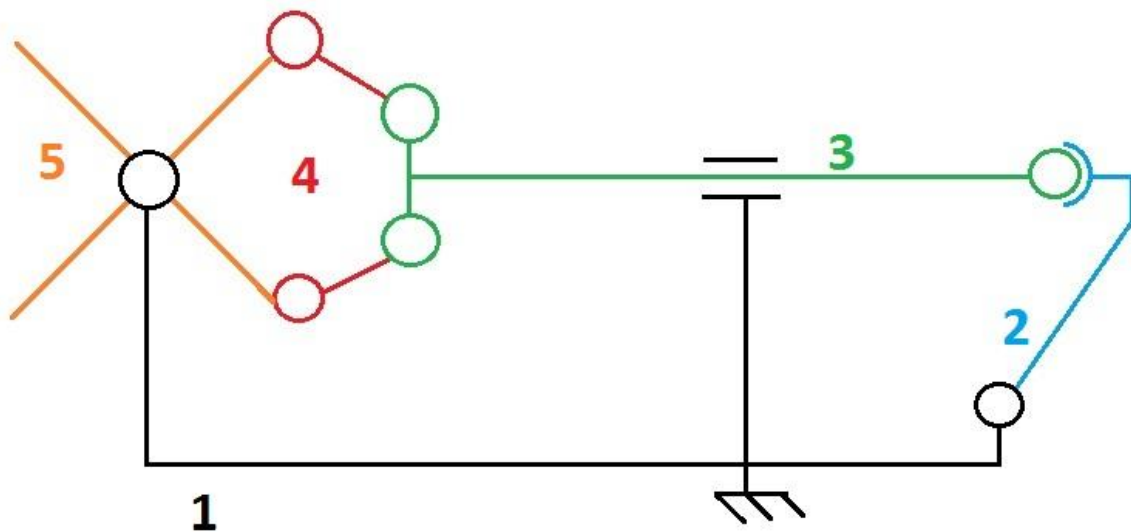


La conexión rotula entre la varilla y la asa permite la rotación del tubo de la pinza.



### Esquema cinemático

El esquema cinemático de la pinza convencional se presente como así:



Con: 1: Mango y tubo

2: Asa

3: Varilla

4: Articulaciones

5: Puntas

## Concepción de la nueva pinza

### Pliego de condiciones

En un primer lugar, el pliego de condiciones hubo las condiciones siguientes:

- La pinza debe estar controlada de una manera totalmente mecánica, sin electrónica.
- La pinza debe estar controlada desde el mango puesto que los mandos deben estar accesible con la mano del cirujano.
- La pinza debe estar fabricado con materiales que son compatibles con la cirugía (materiales inoxidable, posibilidad de esterilización, materiales no tóxicos para el organismo).
- El diámetro del tubo de la pinza no debe exceder cinco milímetros.
- La fuerza de prensión de la pinza deber estar de un kilo al mínimo.
- Las puntas de la pinza deben poder hacer una rotación según el eje de la varilla.
- La apertura de la pinza debe estar posible para todos los casos de rotación de la pinza.
- La pinza deber estar no traumático para el paciente.
- El ángulo de apertura de la pinza deber estar superior a noventa de gradadas (idealmente cien ochenta de gradadas de apertura).

Es con este pliego de condiciones que el primero trabajo fue realizado. Las pinzas convencionales tienen todas sus características excepto el último punto. El trabajo fue retomado el diseño original de las pinzas convencionales para modificar después la concepción de estas pinzas.

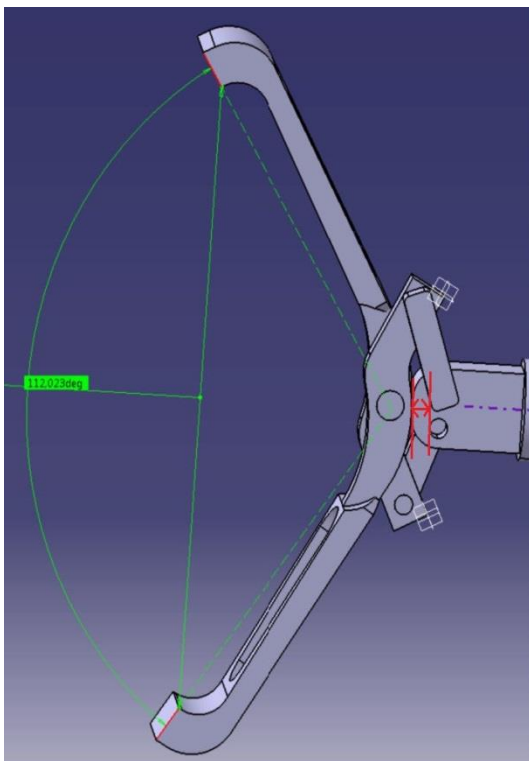
Después, otras condiciones fue sumarse al pliego de condiciones:

- Las puntas pinza deber poseer otra de gradada de libertad de rotación, no solo según el eje del tubo o la varilla, pero también según un eje perpendicular al eje del tubo.
- En el caso donde las puntas de las pinzas no están alineadas con el eje del tubo, la rotación de las puntas deben hacer según al eje del desequilibrio y no según el eje del tubo puesto que sino habrá un rotación descentrado que podría estar perjudicial para el paciente.

Estas condiciones han cambiado mucho la concepción original, ha debido repasar muchos elementos para respetar estas condiciones.

## Trabajo en el ángulo de apertura de la pinza

En un primer lugar, el pliego de condiciones estaba muy simple, el primer objetivo estaba de aumentar el ángulo de la apertura de la pinza. La pinza convencional tiene una apertura de noventa grados, idealmente el nuevo ángulo debería ser de cien ochenta grados. Pero el problema es que si el ángulo está demasiado grande, la pinza no tiene la fuerza de presión para tomar los tejidos orgánicos. En efecto, la fuerza de presión reduce a medida que el ángulo aumenta.



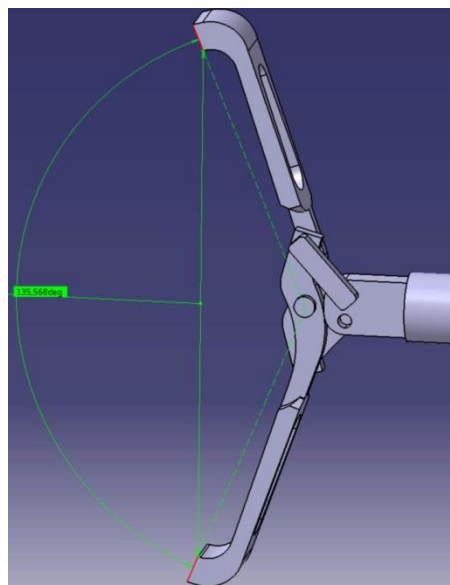
La primera etapa estaba de diseñar la pinza convencional con el software CATIA. El primer factor del ángulo restringido estaba la verilla que no puede avanzar demasiado causado por el contacto con las puntas.

Con una reducción razonable de la zona en ojo en la imagen, esta posible de aumentar el ángulo de noventa grados a cien doce grados.

Después, la reducción de la distancia entre el eje de rotación las puntas y el eje de rotación de los articulaciones permite de aumentar más el ángulo de la pinza. Pero no es suficiente porque el cuerpo de las puntas bloquea una rotación más grande. Pues, es necesario de diseñar nuevas puntas que permiten esta rotación.

Las nuevas puntas reducen la distancia entre el eje de rotación de los articulaciones y el eje de rotación de las puntas, lo que permite de aumentar la rotación de cien grados.

Podemos considerar el ángulo de cien treinta y cinco grados como ampliamente suficiente si una fuerza de presión aceptable. Es importante de notificar que la disminución de la distancia entre los dos ejes necesita un torque más grande para hacer la rotación para la mano del cirujano por eso, esa aumentación de torque es despreciable.



diseñadas y la reducción de la distancia entre el eje de rotación de las puntas y el eje de rotación de los articulaciones permiten de aumentar doce grados a cien treinta y cinco

considerar el ángulo de cien treinta y cinco como ampliamente suficiente si una fuerza de presión aceptable. Es importante de notificar que la disminución de la distancia entre los dos ejes necesita un torque más grande para hacer la rotación para la mano del cirujano por eso, esa aumentación de torque es despreciable.

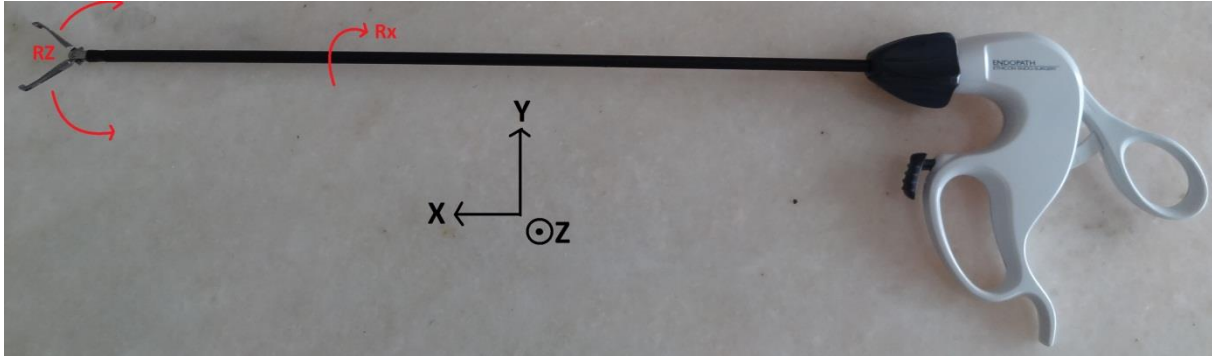




## Añadido de una nueva degrada de rotación

### Las diferentes ideas

Consideramos la pinza con la referencia siguiente:



La nueva pinza debe tener una degrada de rotación mas según el eje Z en conservando la rotación según el eje X en el mismo tiempo. La apertura y la cierre de la pinza debe ser posible sea cual sea la rotación según el eje X y Z.

La búsqueda de soluciones mecánica, trae varias ideas completamente diferentes. La dificultad mayora es de controlar la rotación según el eje Z desde el mango de la pinza.

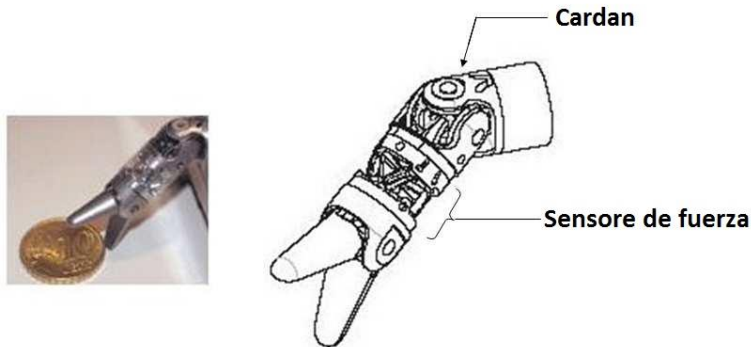


La primera idea estaba de utilizar un cardan. Esta junta posee una doble ventaja puesto que permite de transmitir una posición angular y también de hacer una rotación según el eje X sin rotación descentrado de las puntas de la pinza. La velocidad entre las dos varillas esta no homocinética pero no es un problema en el caso de la pasantía. Por eso, la pregunta de controlar el ángulo con distancia queda entera. Esta idea es muy interesante pero posee varias desventajas:

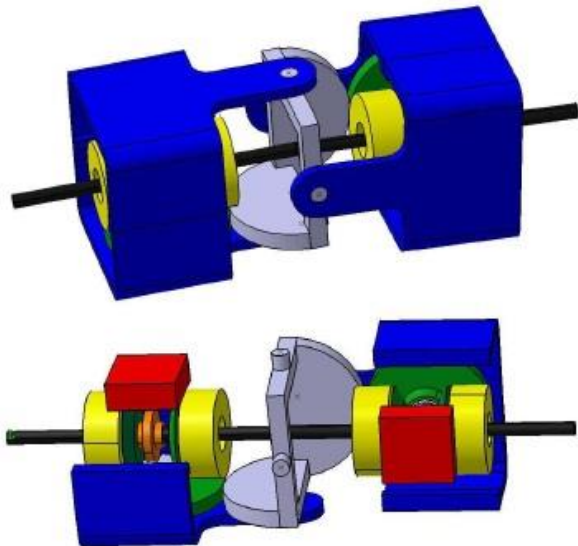
Figure 1: Un ejemplo de cardan

- No es posible de utilizar la translación de la varilla para abrir o cerrar la pinza, por eso ese necesite de utilizar un cable en un tubo hueco para la apertura o el cierre de la pinza. Este necesite de guiar el cable a lo largo del tubo, ese puede estar problemático a la altura del junto.
- Utilizar un cardan en diámetro de cinco milímetros es muy apremiante y necesite una mecánica de grande precisión y por consiguiente muy costosa.

Sin embargo, existen soluciones con cardan en un pequeño diámetro.



La robótica utiliza cardan por el articulación de sus brazos. El control de la rotación se hace con cable y servomotor. Hay también sistemas que no utilizan cable:



Ese concepción utiliza electroimán (en amarillo) y servomotor (ojo). El control de la posición angular se hace con la rotación del piñón (verde).

El problema es que este tipos de control están posible únicamente con controles electrónico, mientras que el pliego de condiciones impone de utilizar una solución solo mecánico.

Otra idea estaba de utilizar poleas para controlar la rotación según el eje Z y para abrir o cerrar la pinza. Esta solución implica de utilizar dos juegos de cables par controlar en el mismo tiempo la rotación y la apertura o la cierre de la pinza. Es este tipo de pinza que está utilizado en los robots Da Vinci y Zeus, permite de añadir una multitud de degradas de libertad.

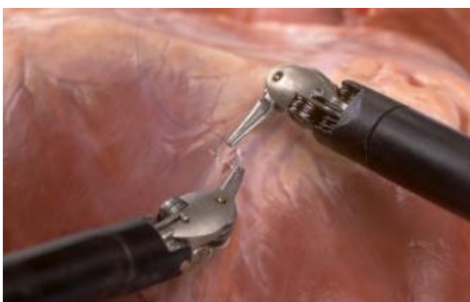


Figure 3: Pincas del robot Da Vinci

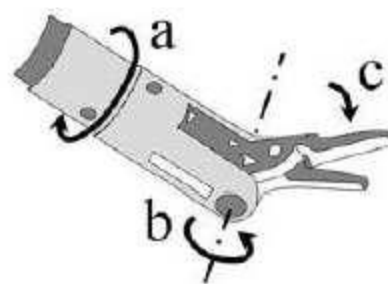


Figure 2: Pincas del robot Zeus

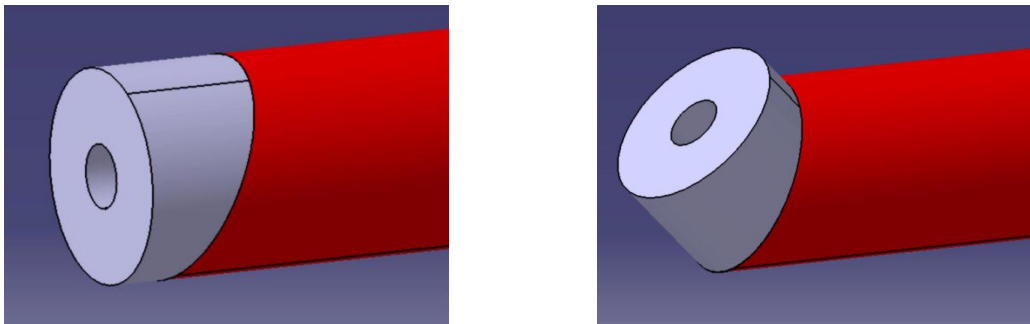
La utilización de una sistema de poleas presente numerosas ventajas puesto que no hay problema de rotación descentrado porque la rotación según el eje Z se hace a la altura de las puntas de la pinza, el control de los cables se hace con servomotor y ese permite de haber una grande precisión con el ángulo que el cirujano quiere.

Pero en el caso de una concepción sin electrónico, la pregunta de la precisión se hace mas critica porque el diámetro de las poleas esta mucho pequeño, no mas de tres o cuatro milímetros. Este pequeño diámetro implique que los controles de las poleas con cables son demasiados imprecisos porque los cables son controlados con ruedas que son accionadas con la mano del cirujano. La solución es de utilizar un reductor de torque pero con un diámetro de cinco milímetros, esta solución aparece un poco mas complicada de concebir.

### *El concepto final*

Las soluciones utilizadas con robot o sistema electrónico no pudiendo ser aplicar, o al menos con un coste razonable, con un sistema totalmente mecánico. Debí utilizar una nueva idea. El mayor problema estaba de controlar la rotación según el eje Z desde el mango.

El concepto se apoya sobre una idea simple: la rotación de dos planos inclinados entre ellos.



Hay dos elementos, los dos están inclinados a  $22.5^\circ$  (para un ángulo máximo de  $45^\circ$ ). Si un elemento esta fijado (en ojo en las imágenes) y el otro hace una rotación, ese provoca un ángulo con el eje X. Tenemos acá una rotación según el eje Z. Por eso, el control de la rotación es mucho simple, simplemente con una rotación del tubo interior tenemos el control de la rotación según el eje Z.

Desde este concepto puede diseñar una nueva tipa de pinza, que respecte el pliego de condiciones.

La idea estaba de utilizar tres tubos concéntricos, un para la rotación según el eje X, un para la rotación según el eje Z y un que sirve de armazón. La apertura y el cierre de la pinza se hacen con un cable que pasa en los tubos.



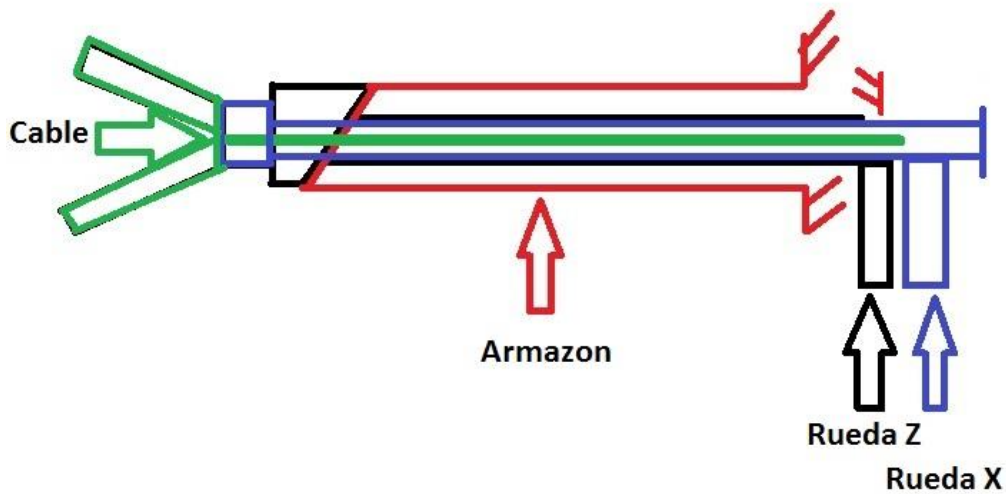


Figure 4: Un esquema muy simple que presente la idea básica del modelo.

La rueda Z esta la rueda que provoca la rotación del tubo negro, la rotación de este tubo provoca la rotación de las puntas de la pinza según el eje Z, después en este informe llamará este tubo “el tubo Z”.

La rueda X esta la rueda que provoca la rotación del tubo azul, la rotación de este tubo provoca la rotación las puntas según el eje X cuando el la rotación según el eje Z esta de cero degradas, después en este informe llamará este tubo el “tubo X”.

El cierre de la pinza esta realizada con la tracción del cable provocada para la asa. Un resorte permite de mantener la pinza abierta cuando la asa no esta accionada.

### *La elección de materiales semirrígidos*

Faltaba un problema mayor a resolver: la articulación para los tubos a la altura de los planos inclinados. En efecto, la rotación del tubo Z provocó un descentrado del eje de los dos tubos en relación al armazón. En el caso de materiales rígidos estaba necesario de haber una articulación rotula con dedo para el tubo Z y un articulación de rotula para el tubo X. Una articulación rotula con dedo para un tubo parece muy complicado a hacer, ese necesito tubo con una contera esférica y un elemento para bloquear una degrada de rotación.

Estaba necesario de se inspiró de las pinzas flexibles disponibles.



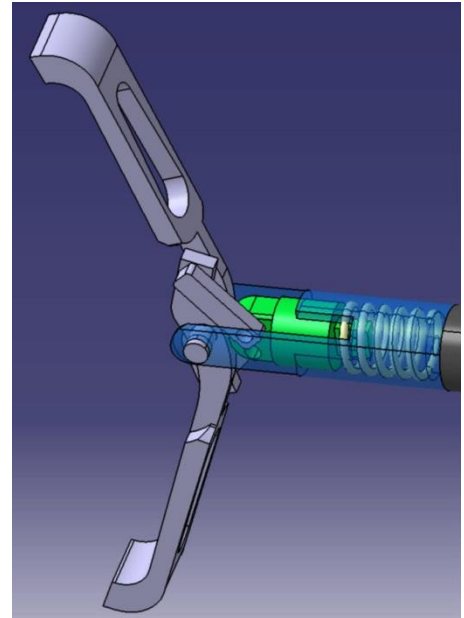
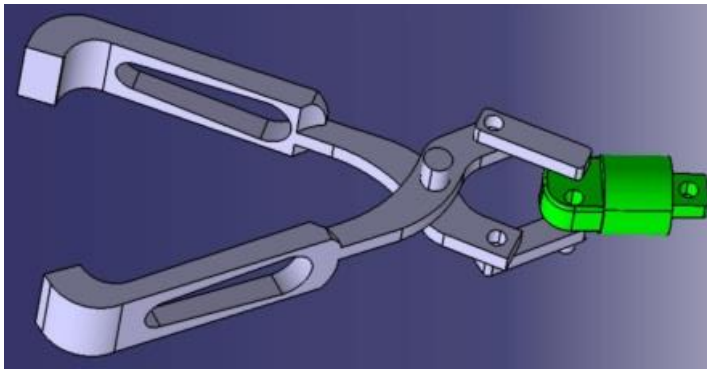
Figure 5: Ejemplos de pinzas flexibles



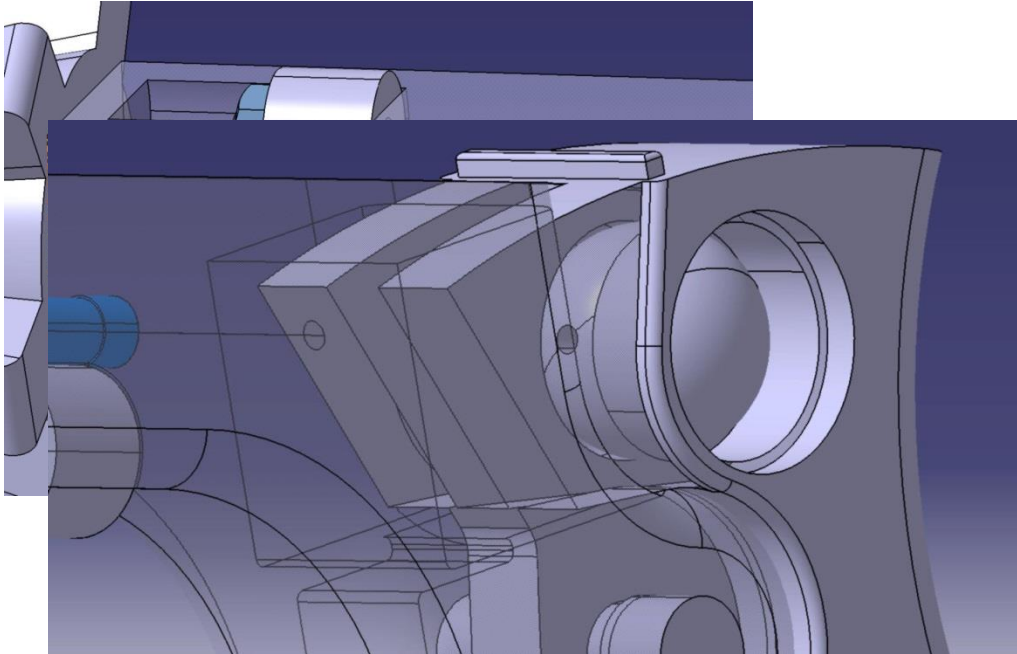
Lo que estaba en juego fue de elegir un material suficientemente flexible para soportar la rotación descentrada pero también suficientemente rígido por que no hay torsión para transmitir la rotación a lo largo de los tubos. Esos materiales existen y se llaman materiales semirrígidos. Con poliamida es posible de fabricar tubos que responden a estas propiedades.

### *La concepción con el software CATIA*

Estaba necesario de conservar el trabajo efectuado con la apertura de la pinza. Por eso el cable debe tirar el mismo tipo de sistema de apertura o cierre. El cable debe tirar el sistema en un guía cilíndrico. El resorte tiene una doble función, la primera es de acompañar la pinza en posición abierta cuando la asa no funciona, la secunde función es de mantener los tubos en posición con el cable en tensión.

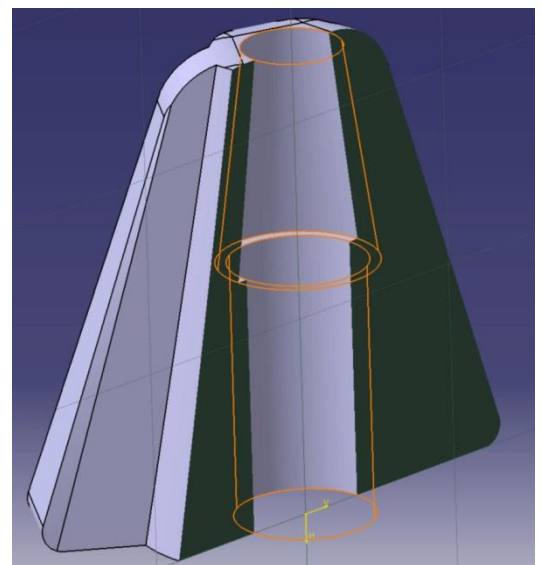
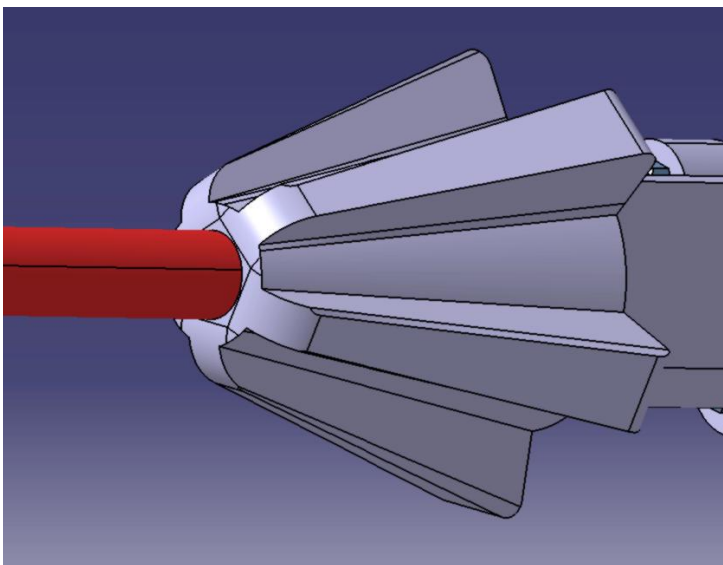


Las ruedas permiten de controlar los tubos, el tubo Z se termina antes del tubo X ese permite de controlar los dos tubos independiente.



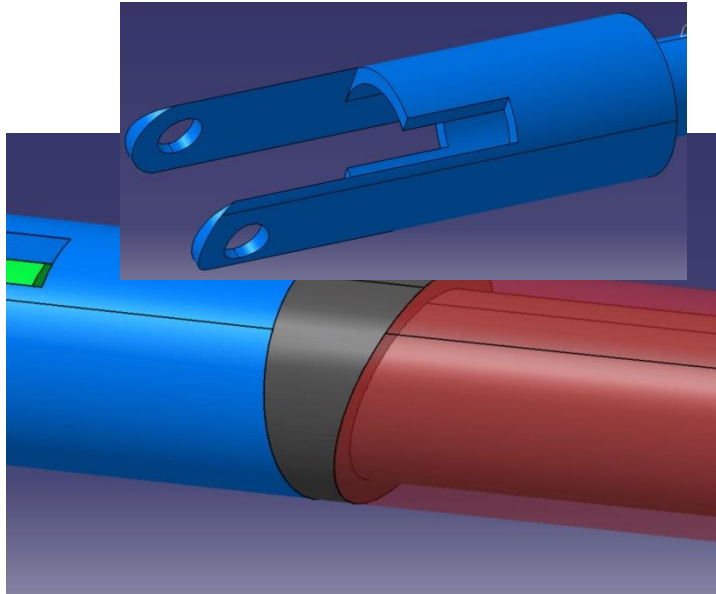
La rotula, que esta en la asa, permite de hacer la rotación del tubo X, el cable esta fijado a la rotula.

La ruleta es la pieza que permite de fijar el tubo ojo al mango. Este ruleta esta aterrajada a su baso la mas largo para atornillar la pieza al mago, y en el otro lado la pieza esta taladra de manera cónica para apretar el tubo ojo.



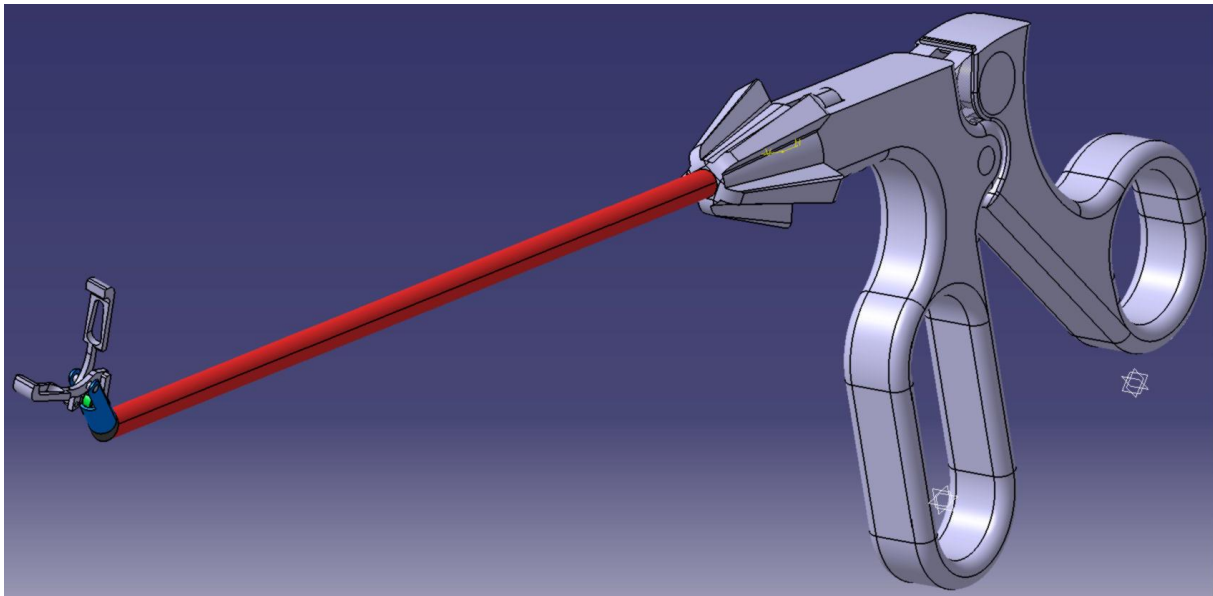


La contera del tubo X tiene dos aperturas para permitir a las articulaciones de abrir la pinza.



Los tubos Z y ese que esta fije están segados en sesgo para permitir una rotación según el eje Z.

El concepto final se presente así:



### *La elección del resorte*

El cálculo de la distancia de translación de la tija para cerrar la pinza se hace con CATIA. Esta de 5.5 milímetros. Para buscar la distancia, tenía que mesurar la distancia entre la tija y las

puntas en la posición abierta y cerrada. Esta distancia es muy importante para elegir el resorte. El resorte debe tener una distancia que corresponde al menos a la distancia necesaria para cerrar la pinza. Al final eligió un resorte de 3.7 milímetros de diámetro.

### *Calculo del diámetro mínimo del cable*

Para resistir a la corrosión, el cable debe ser en un material inoxidable. El cable debe también resistir a la tracción para abrir la pinza. Un cable de acero inoxidable aparece como la solución ideal.

La resistencia nominal de los filos para un acero inoxidable es de 1376 MPa, y el cable debe resistir a una tracción de un kilo. Para un cable solicitado en tracción puede poseer las ecuaciones siguientes:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad \text{Con: } F \text{ la fuerza de tracción (} F = 10 \text{ N) y } S \text{ la sección del cable.}$$

$$\sigma \leq \frac{R_e}{s} \quad \text{Con: } R_e \text{ la resistencia elástica y } s \text{ el coeficiente de seguridad (acá } s=5\text{).}$$

$$S = \pi \times R^2 = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{F}{\pi \times \frac{D^2}{4}} \leq \frac{R_e}{s}$$

$$\Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 \times F \times s}{\pi \times R_e}}$$

$$\Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 \times 10 \times 5}{\pi \times 1376}}$$

$$\Rightarrow D \geq 0.22 \text{ mm}$$

La elección de un cable de un milímetro de diámetro es ampliamente suficiente.

## Las dificultades encontradas

La mayor dificultad encontrada estaba en la pequeña dimensión de la concepción. En efecto, la mayoría de las soluciones mecánicas no pueden ser aplicadas en esta concepción. Por ejemplo, un rodamiento necesita un diámetro demasiado grande para ser utilizado. Pues, para un agujero de diámetro de un milímetro es muy difícil de hacer un aterrajado. A menudo, muchas ideas de concepción fueron abandonadas porque no había el espacio suficiente para integrar tal o cual conexión. Tenía que adaptarse con soluciones simples que no necesitan demasiado espacio.

## Conclusión

A pesar de las dificultades encontradas, resulta ser un proyecto interesante y de continuidad para poder seguir desarrollando en el futuro. Este tipo de proyectos tiene muchas aplicaciones en el área de la medicina, razón para mejorar lo realizado y ampliar el desarrollo.