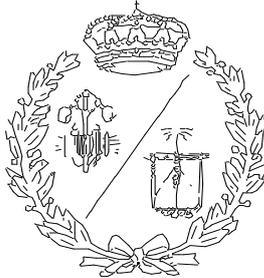


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO CINEMÁTICO DE UNA GARRA
ROBÓTICA CON DOS GRADOS DE LIBERTAD
Y UN ÚNICO ACTUADOR**

**(Kinematic design of a two degrees of freedom
robotic gripper with a single actuator)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Ignacio Gómez Aparicio

Junio -2018

INDICE DE CONTENIDO

1- RESUMEN	8
ABSTRACT	9
2- ESTADO DEL ARTE	10
2.1- GARRAS ROBÓTICAS	10
Definición.....	10
Contexto.....	10
Diferentes aplicaciones	11
Diseño	15
Clasificación sistemas mecánicos	20
Análisis de las opciones existentes en el mercado.....	23
2.2- SOFTWARE PLM (CAD/CAE/CAM)	26
PTC Creo.....	27
Siemens NX	28
Autodesk.....	29
3- PLATAFORMA COLABORATIVA	30
3.1- INTRODUCCIÓN	30
3.2- PLM	30
Introducción.....	30
Orígenes	31
Función	31
Beneficios	32
Áreas	32
Introducción al proceso de desarrollo	33
Fases del ciclo de vida de un producto y tecnologías	35
3.3- 3DEXPERIENCE	39
Contexto.....	39
Precedente	39
Aparición de 3DEXPERIENCE	39
Componentes de la plataforma 3DEXPERIENCE	40
3DCompass.....	42

Soluciones basadas en la industria.....	43
4- DISEÑO CINEMÁTICO DE UN NUEVO SISTEMA DE GARRA.....	45
4.1- WORKING MODEL 2D.....	45
4.2- ANÁLISIS Y SÍNTESIS CINEMÁTICA.....	46
4.2- ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.....	49
5- SOLUCIÓN ADOPTADA.....	60
5.1- INTRODUCCIÓN.....	60
5.2- CREACIÓN DEL MODELO 3D.....	63
Modelado de las partes.....	63
Ensamblaje de las partes.....	71
Creación del mecanismo.....	79
6- RESULTADOS.....	81
6.1- INTRODUCCIÓN.....	81
6.2- SIMULACIÓN.....	82
7- CONCLUSIONES.....	87
7.1- INTRODUCCIÓN.....	87
7.2- GARRA ROBÓTICA.....	87
7.3- 3DEXPERIENCE.....	88
8- BIBLIOGRAFÍA.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Garra 2-Finger de Robotiq	12
Figura 2 - Garra 2 Jaw de Schunk.....	13
Figura 3 Garra piezoeléctrica de Parker.....	16
Figura 4 Flexible Micro Actuator (Abierto).....	17
Figura 5 FMA (Cerrado)	17
Figura 6 Garra envolvente.....	18
Figura 7 Garra maleable	19
Figura 8 Esquema garra mecanismo articulado.....	20
Figura 9 Esquema garra piñón-cremallera	21
Figura 10 Esquema garra accionada por leva.....	21
Figura 11 Esquema garra accionada por tornillo.....	22
Figura 12 Esquema garra accionada por cuerda-polea	22
Figura 13 Garra Makeblock.....	23
Figura 14 Esquema garra Makeblock.....	23
Figura 15 Esquema garra Powergripper de Festo	24
Figura 16 Garra OnRobot.....	25
Figura 17 Esquema garra 2-Finger de Robotiq	26
Figura 18 PTC Creo logo	27
Figura 19 Siemens NX logo	28
Figura 20 Autodesk logo	29
Figura 21 Esquema fases del ciclo de vida	33
Figura 22 Barra de herramientas CATIA.....	42
Figura 23 Imagen 3DCompass	42
Figura 24 Working Model logo	45
Figura 25 Sólido rígido donde I es el CIR. MIT OCW.....	47
Figura 26 Cálculo de polo desplazamiento	49
Figura 27 Mecanismo de 6 barras.....	50
Figura 28 Garra mediante mecanismo de 6 barras.....	51
Figura 29 Garra 6 barras WM I	51
Figura 30 Garra 6 barra WM II	52

Figura 31 Garra 6 barras WM III	52
Figura 32 Cuadrilátero articulado	53
Figura 33 Mecanismo biela-manivela.....	53
Figura 34 Cálculo de polo garra Robotiq.....	54
Figura 35 Tope de garra Robotiq	55
Figura 36 Zonas de actuación garra Robotiq	55
Figura 37 Polo garra Robotiq cierre adaptable.....	56
Figura 38 Alternativa I	57
Figura 39 Alternativa I movimiento	58
Figura 40 Alternativa II	59
Figura 41 Solución final WM	60
Figura 42 Solución final apertura WM	61
Figura 43 Solución final cierre	61
Figura 44 Solución final paralelo	62
Figura 45 Interfaz part design	64
Figura 46 Barra de herramientas Part Design.....	64
Figura 47 Sketch	64
Figura 48 Extrusión, Revolución y Barrido	65
Figura 49 Hueco y ranura.....	65
Figura 50 Pinza I	66
Figura 51 Pinza II	66
Figura 52 Cilindro I.....	67
Figura 53 Cilindro II.....	67
Figura 54 Pistón	68
Figura 55 Par de unión.....	68
Figura 56 Brazo.....	69
Figura 57 Prima-Tuerca	69
Figura 58 Brazo II.....	70
Figura 59 Carcasa inferior.....	70
Figura 60 Carcasa superior.....	71
Figura 61 Barra de herramientas Assembly Design	71
Figura 62 Enigneering Conection	72
Figura 63 Tipos de pares	72

Figura 64 Ensamblaje pinza-brazos.....	73
Figura 65 Ensamblaje pinza-par de unión.....	74
Figura 66 Ensamblaje cilindro-pistón	74
Figura 67 Ensamblaje cilindro-pinza	75
Figura 68 Simetría pinza	75
Figura 69 Ensamblaje dedos.....	76
Figura 70 Ensamblaje garra-tuerca.....	76
Figura 71 Ensamblaje dedos II.....	77
Figura 72 Ensamblaje carcasa inferior	77
Figura 73 Posición del motor.....	78
Figura 74 Ensamblaje carcasa superior	78
Figura 75 Ensamblado final.....	79
Figura 76 Barra de herramientas Mechanical System Design	80
Figura 77 Mechanism Representation.....	80
Figura 78 Contact.....	80
Figura 79 Excitación a velocidad constante	82
Figura 80 Velocity Motor Excitation	82
Figura 81 Panel motor de velocidad constante	83
Figura 82 Dynamics Scenario	83
Figura 83 Simulación cierre garra	84
Figura 84 Simulación garra en paralelo.....	85
Figura 85 Simulación apertura de garra	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de garras	19
Tabla 2 Características garra Robotiq.....	26

1- RESUMEN

El objetivo buscado con este proyecto se puede dividir en dos partes. Por un lado está la novedosa plataforma 3DEXPERIENCE de Dassault Systèmes, parte importante de este proyecto es trabajar con dicha plataforma y llevar a cabo un análisis sobre ésta.

Derivado de este primer objetivo, con el fin de explorar las diversas aplicaciones que la plataforma nos ofrece, surge un segundo. Realizar el diseño de una garra robótica. Las condiciones impuestas para el diseño de dicha garra son las siguientes:

- Debe ser una garra con dos dedos mecánicos.
- Debe poseer dos grados de libertad
- Debe poder trabajar con un único actuador
- Debe ser un mecanismo original

El diseño de la garra será puramente cinemático, centrándonos en el análisis del movimiento. Cabe mencionar que este trabajo supone un punto intermedio dentro del diseño de la garra, pues posteriormente deberá realizarse un diseño constructivo empleando técnicas bien conocidas como el análisis mediante elementos finitos.

ABSTRACT

It is possible to divide the objective of this project in two parts. First part is based on the modern platform named 3DEXPERIENCE by Dassault Systèmes, it is a main part of this project to work with the platform and analyze it.

Linked with that first objective mentioned, looking for an in-deep vision of the applications empowered by the platform comes a second objective in our project, to design a robotic gripper. The conditions imposed for the creation of the gripper are the following ones:

- The gripper must have two mechanical finger
- It must work with two degrees of freedom
- It must be actuated just by one power unit
- It should be an original mechanism

Our purpose is to reach a purely kinematic design, focusing on the analysis of the movement. It is worth to mention that this project suppose a middle point in the development of the gripper, there should be following phases in which a constructive design should be supported by commonly known techniques like the finite element analysis.

2- ESTADO DEL ARTE

2.1- GARRAS ROBÓTICAS

1- Definición:

Las pinzas, que forman parte del grupo denominado herramientas de final de brazo, son parte importante de la estructura de un robot. Acompañadas por un brazo y una muñeca son consideradas como la mano del robot. Se utilizan para tomar un objeto, generalmente la pieza de trabajo, y sujetarlo a lo largo del ciclo de trabajo.

2- Contexto:

La industria robótica fue originalmente desarrollada con el objetivo de suplementar o reemplazar a las personas en la realización de trabajos considerados tediosos, peligrosos o simplemente desagradables. Su campo de aplicación es amplio: líneas de ensamblaje automatizadas, cirugía poco invasiva o exploración espacial. Los brazos robóticos modernos superan con creces a los humanos en gran número de tareas. Son capaces de levantar 1000 kg, pueden tener una precisión de 10 μm , y son más rápidos. Adicionalmente, el coste de las garras robóticas está disminuyendo mientras que el coste de la mano de obra está aumentando. Esto ha motivado a la industria a la hora de desarrollar brazos robóticos más avanzados y garras que mejoren tanto su fuerza de agarre como la forma del agarre, dos de las principales características de cualquier garra robótica. Las garras robóticas, al estar en contacto directo con la pieza sobre la que se está trabajando, tienen la tarea de interactuar con el medio que las rodea, siendo el equivalente a las manos de una persona.

Un agarre avanzado de objetos con formas complicadas es un área de investigación muy activa hoy en día. En la actualidad, las garras están siendo diseñadas usando materiales de gran diversidad, esto incluye, cristales piezoeléctricos, aleaciones con

memoria de forma (SMA, Shape Memory Alloy), fluido magnetorreológico, fibra de carbono, y muchos más. Investigaciones recientes también han considerado mecanismos de agarre inspirados en la naturaleza.

3- Diferentes aplicaciones

3.1- Garras industriales

Las primeras garras robóticas fueron en principio desarrolladas para aplicaciones industriales. Son comúnmente definidas como garras usadas con el propósito de una producción en masa, que están montadas en una plataforma estacionaria. Las garras industriales pueden ser estudiadas a través de diferentes aspectos como puede ser la condición geométrica del agarre, la posición y la orientación del agarre, equilibrio estático del objeto sujeto o condiciones dinámicas. Principalmente nos centramos en la forma de actuar, la adaptabilidad y la flexibilidad de las garras.

La primera garra industrial fue llamada UNIMATE, instalada en la planta de ensamblaje de General Motors en 1961. Era una garra de agarre paralelo que se encargaba de sujetar moldes de metal fundido. Desde entonces, gran número de compañías han adoptado esta tecnología y han desarrollado diferentes mecanismos. Éstos fueron inicialmente accionados mediante motores eléctricos o actuadores hidráulicos, y más recientemente por materiales piezoeléctricos o aleaciones con memoria de forma.

Las garras industriales se pueden dividir en diferentes categorías como pueden ser, utilizados en un entorno conocido o utilizados en un entorno desconocido.

3.1.1- Garras para entornos conocidos

Las garras que son utilizadas en entornos conocidos típicamente trabajan con piezas transportadas por una línea de ensamblaje. Estas piezas están posicionadas en orientaciones predefinidas, lo que facilita la tarea de la garra a la hora de coger el objeto. Estas garras pueden usar servos, o una combinación de sensores, bien con contacto o sin él. Estos sensores pueden ser usados para la detección de muchas variables como bien pueden ser: posición, fuerza, par, velocidad y aceleración. Se ha comprobado la utilidad de los sensores a la hora de realizar numerosas tareas como detectando si el objeto está siendo sujeto correctamente, o enviando información a un ordenador que se encarga de la supervisión del proceso de la línea de ensamblaje.

Ejemplos comerciales de este tipo de garras son:



Figura 1 Garra 2-Finger de Robotiq



Figura 2 - Garra 2 Jaw de Schunk

Fuera del campo comercial, existe gran variedad de prototipos de garras que usan diferentes tipos de sensores y mecanismos de realimentación.

3.1.2 – Garras para entornos desconocidos

En muchos casos, las garras deberán realizar las operaciones debidas sin conocer las condiciones del entorno. Diferentes diseños y técnicas han sido desarrollados con el objetivo de incrementar la flexibilidad de las garras en entornos desconocidos como pueden ser sistemas de visión, realimentación mediante sensores, o novedosos mecanismos con flexibilidad en el agarre.

En resumen, el objetivo principal de las garras robóticas que trabajan en entornos desconocidos es la flexibilidad. Este problema ha sido abordado de diferentes formas. Se ha concluido que el escaneado en 3D y la visión realimentada trabajan de una forma satisfactoria. A parte de eso, el otro objetivo, como se mencionó anteriormente, es la creación de un mecanismo que dote a la garra de una flexibilidad innata.

3.2- Garras para objetos frágiles

Con la mejora de los sensores utilizados en los actuadores finales, se habilitó la idea de trabajar con objetos considerados frágiles.

Diferentes formas de abordar la utilización de garras robóticas con objetos frágiles se han explorado. Las claves para un funcionamiento exitoso en este caso son; un control de la fuerza y el uso de diseños flexibles mediante el uso de materiales blandos por ejemplo con el fin de no dañar el objeto.

3.3- Garras para aplicaciones médicas

En el uso de garras robóticas en cirugía, uno de los principales problemas es la falta de control de la fuerza aplicada y la posibilidad de dañar los tejidos biológicos.

Garras fabricadas con materiales blandos encajan bien con las necesidades del campo médico, basándose en sus características intrínsecas que aportan seguridad a los tejidos biológicos.

Recientes avances en este tipo de garras las han hecho más fiables para ser utilizadas en aplicaciones como la cirugía robótica. Las mejoras recientes están aportando novedosos mecanismos, desarrollando y empleando actuadores de alta tecnología. Aun así, el desafío de un mejor control de la fuerza aplicada aún persiste.

3.4- Micro/Nano garras

Diferentes diseños y tecnologías han sido desarrollados para poder trabajar con objetos situados dentro de la escala micro-nano mediante el empleo de micro y nano dispositivos electromecánicos.

Este tipo de mecanismo ha sido de interés reciente para los investigadores debido a su vital importancia para la micro fabricación, el micro ensamblaje y la micro

manipulación. Recientes avances en microcomponentes abaratan este tipo de tecnología, la hacen más fiable y más fácil de implementar.

3.5- Garras para tejidos

Un continuo desafío en el diseño de garras robóticas es el campo de la sujeción de tejidos. Para poder llevar a cabo esta labor, se han creado garras “penetrantes”. Son utilizadas en la industria textil para sujetar telas ya que las garras que trabajan mediante succión no son capaces de trabajar con las telas debido a su gran porosidad. Las telas, sin embargo, pueden ser penetradas sin sufrir daños, motivo por el cual se explota esta posibilidad.

4- Diseño

En esta sección, estudiamos las peculiaridades del diseño de garras con diferentes aplicaciones y tareas. Las características de las garras como pueden ser las dimensiones, el peso, la rigidez, y la simplicidad serán consideradas, variando en función del diseño. Los factores principales que deben ser considerados en el estudio de las particularidades del diseño, son las características de la garra, las características de los objetos, la tecnología utilizada, la flexibilidad de la garra y el coste del diseño. Adicionalmente, también se valorarán otros factores como son la fuerza de agarre, la configuración del agarre y las características de la transmisión.

4.1- Garras piezoeléctricas

Debido al descenso del precio de los materiales piezoeléctricos, las investigaciones se han centrado en la utilización de dichos materiales para la manipulación de objetos. Algunos beneficios de las garras piezoeléctricas son la simplicidad, la

facilidad de uso y el bajo consumo de potencia que requieren en comparación con las garras accionadas mecánicamente.

Aunque diferentes diseños para este tipo de garra han sido propuestos con diferentes medidas de control, el principal desafío que aún persiste es el control de la posición y la estabilidad de las garras piezoeléctricas.



Figura 3 Garra piezoeléctrica de Parker

4.2- Garras Multi-finger (Varios dedos)

Se han desarrollado diferentes formas a la hora de abordar un incremento de la flexibilidad de las garras paralelas. Con el uso de múltiples dedos, los movimientos disponibles del robot aumentan.

Como ejemplo de este tipo de garras usaremos el FMA (Flexible Micro Actuator), que consiste en cámaras cilíndricas huecas a lo largo de toda la longitud del dedo. Cuando las cámaras son objeto una presión positiva o negativa, la cámara se expande o se contrae, doblando o extendiendo sus dedos.



Figura 4 Flexible Micro Actuator (Abierto)

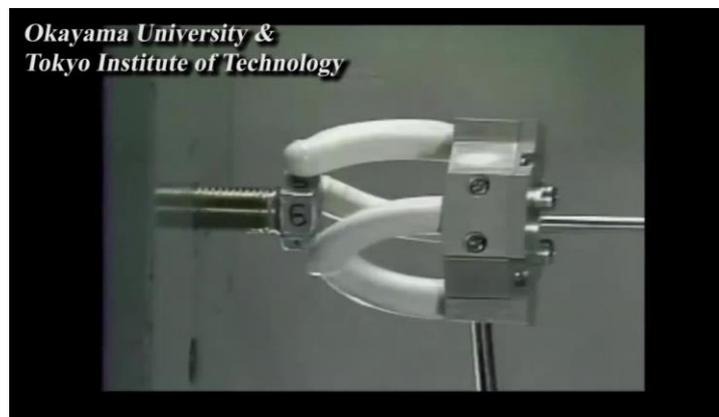


Figura 5 FMA (Cerrado)

4.3 – Garras envolventes

El agarre de objetos con formas extrañas ha sido un continuo desafío en el diseño de los actuadores finales.

Un ejemplo de este tipo de garras sería el desarrollado en el estudio citado [1]. Un método para contactar con los objetos, inspirado en la naturaleza, que se asemeja a un camaleón haciendo uso de su lengua. Un actuador final magnético permanente está unido a una cuerda, que está cargada en una catapulta. Durante el testeo, la catapulta realizó la tarea encomendada con un éxito superior al 90% a la hora de capturar un objeto situado a 0,7 m de distancia. Este tipo de garra tiene las ventajas de que puede alcanzar objetos que no tienen una trayectoria clara.

Las garras envolventes están principalmente biológicamente inspiradas y recientes avances muestran que mediante el desarrollo de esta clase de mecanismos tendremos la capacidad de implementar garras más autónomas con menor necesidad de control comparado con las garras de múltiples dedos.



Figura 6 Garra envolvente

4.4 – Garras maleables

Las garras maleables están hechas de materiales que pueden cambiar la viscosidad. Son típicamente fabricadas mediante una piel exterior flexible que cubre materiales que pueden ser: fluido electrorreológico, fluido magnetorreológico, o pellets. La superficie exterior es empujada contra el objeto y se amolda a la geometría de este. En ese momento, el interior de la garra se endurece para proveer a ésta de una fuerza de agarre suficiente. Cuando el objeto necesita ser liberado, el interior volverá a un estado de fluido que permite libertad de movimiento.



Figura 7 Garra maleable

En resumen, las garras maleables son altamente flexibles a la hora de coger un objeto con diferentes formas; sin embargo, la destreza de este tipo de garras es todavía un desafío.

Diseño	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones	Ejemplo de material usado
Piezoeléctrica	Simplicidad, facilidad de uso, agarre de objetos pequeños	Poca precisión de agarre	Agarre de micro/nano piezas	Polifluoruro de vinilideno (PVDF)
Varios dedos	Agarre versátil para diferentes formas	Control complejo	Agarre de objetos con cualquier forma y con control de la fuerza	Materiales blandos, FMA (Flexible Micro Actuators)
Envolvente	Adaptabilidad a la forma del objeto	Poca capacidad en la fuerza de agarre	Agarre de formas extrañas u objetos desconocidos	Actuadores neumáticos
Maleable	Adaptabilidad a diferentes formas, agarre fiable	Poca destreza en el agarre	Agarre de objetos desconocidos y especialmente deformables	Fluido magnetorreológico, fluido electrorreológico, material granular

Tabla 1 Tipos de garras

5- Clasificación sistemas mecánicos

Una vez realizado un análisis de la situación actual en la que se encuentran los estudios más recientes en lo que se refiere a garras robóticas, el paso siguiente a realizar en el análisis del estado del arte es realizar un filtrado en función del objetivo del proyecto. Debido a que nos planteamos ciertos requisitos al inicio del proyecto, basándonos en los recursos de los que disponíamos y la viabilidad a la hora de llevarlo a cabo.

Los requisitos en los que entraremos más en detalle posteriormente son; que la garra funcione mediante un sistema mecánico de barras, que trabaje únicamente con dos dedos.

Considerando dichos requisitos hacemos una clasificación de los posibles mecanismos y sus posibles accionamientos:

- **Mecanismo articulado.**

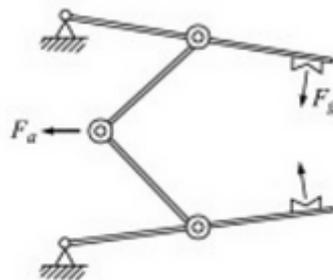


Figura 8 Esquema garra mecanismo articulado

El diseño de una garra a través de un mecanismo articulado ayuda a la hora de averiguar la conversión de la fuerza de entrada en la fuerza de agarre, el tiempo que se necesita para actuar o la máxima capacidad de apertura de la garra.

- **Piñón y cremallera.**

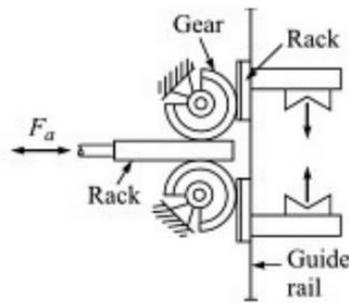


Figura 9 Esquema garra piñón-cremallera

El piñón está conectado a un *pistón*, que provee un movimiento lineal. Ambos piñones son accionados a la vez por la cremallera. Como están unidos a los dedos el movimiento de estos está acompasado con el de los piñones.

- **Accionado por leva.**

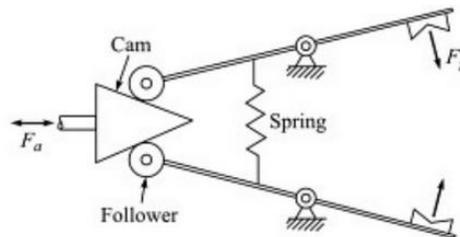


Figura 10 Esquema garra accionada por leva

Como las garras que actúan a través de un mecanismo articulado, también tiene un amplio rango de diseños para abrir y cerrar los dedos. Uno de tantos tipos es el mostrado en la figura anterior, que funciona mediante el uso de un muelle. El muelle está incorporado para forzar el cierre de la garra si la leva se mueve en una dirección, mientras que el movimiento de la leva en la otra dirección hace que la garra se abra.

- **Accionado por tornillo.**

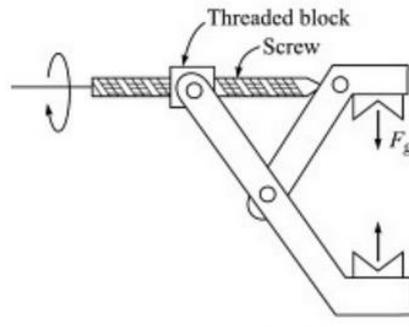


Figura 11 Esquema garra accionada por tornillo

Este tipo de garra consiste en un tornillo conectado a un bloque roscado. Para rotar el tornillo, se usa un motor que engrana con el tornillo. Si el tornillo es girado en un sentido, el bloque se mueve en un sentido concreto. En el caso contrario el bloque se mueve en el sentido opuesto. Ya que el bloque roscado está unido a los dedos, esto hace que el agarre se puede abrir o cerrar.

- **Cuerda y polea**

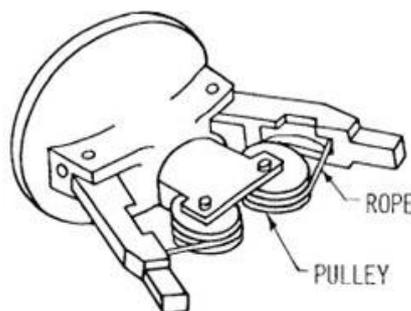


Figura 12 Esquema garra accionada por cuerda-polea

En este tipo de garra es necesaria una fuerza que vaya en contra del movimiento, bien sea mediante un resorte u otro mecanismo que realice la misma labor. Esto es debido a que, tomando como referencia la figura inferior, a la hora de realizar el movimiento de apertura se perdería la tensión de la cuerda impidiendo la apertura de la garra.

6- Análisis de las opciones existentes en el mercado

Habiendo realizado en la anterior sección una clasificación del tipo de garra que nos incumbe en el proyecto que vamos a realizar, hacemos en esta sección una revisión de las garras robóticas que se ajustan a los requisitos y que se encuentran actualmente en el mercado.

Garra Makeblock

- Garra fabricada en PVC, por la empresa "Makeblock". Accionada por un motor eléctrico solidario a un tornillo sin fin. La garra permite una apertura máxima de 67mm. y poseen material anti-deslizante situado en la cara interna de los dedos.



Figura 13 Garra Makeblock

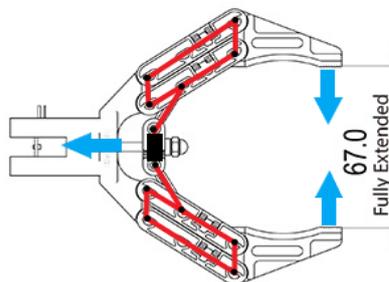


Figura 14 Esquema garra Makeblock

PowerGripper de Festo

- Prototipo creado por la compañía Festo, que no se encuentra actualmente en el mercado pero que merece especial mención por su originalidad y las posibilidades de mejora en el campo que nos atañe.

Basada en el sistema de agarre del pico de las aves y haciendo uso del mecanismo de Watt, se consigue una garra con una buena relación fuerza-peso.



Figura 15 Esquema garra Powergripper de Festo

OnRobot RG2 Gripper

- La garra robótica RG2, comparte diagrama cinemático con la anteriormente mencionada Makeblock. A diferencia de la otra, esta tiene una orientación no tan didáctica y más industrial. Con una apertura máxima de 110 mm.



Figura 16 Garra OnRobot

Garra Robotiq 2-Finger

- Este gripper, o garra, será en el que nos centremos principalmente debido a su interesante capacidad de adaptación a diferentes formas que los 2 grados de libertad permiten (posteriormente en el documento desarrollaremos en mayor medida el funcionamiento de esta garra). Su uso es recomendable para gran variedad de formas, principalmente para objetos con dos caras paralelas u objetos de forma cilíndrica debido a la adaptabilidad que los 2 g.d.l. le aportan. Existen dos versiones con diferentes longitudes de apertura disponibles, 85 y 140mm.

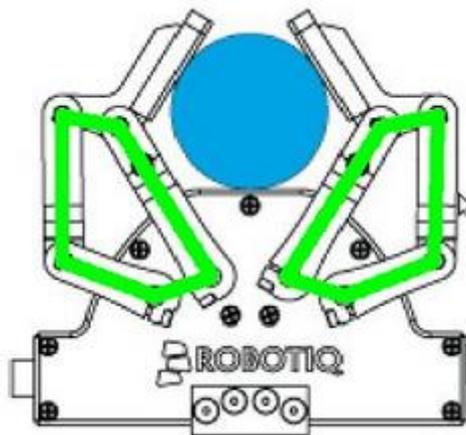


Figura 17 Esquema garra 2-Finger de Robotiq

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de ambos modelos de garra:

	2-Finger 85	2-Finger 140
Apertura	0 a 85 mm	0 a 140 mm
Diámetro para 2 g.d.l	43 a 85 mm	90 a 140 mm
Peso de la garra	900 gr	1000 gr
Carga útil	5 kg	2,5 kg
Fuerza de agarre	20 a 235 N	10 a 125 N

Tabla 2 Características garra Robotiq

2.2- SOFTWARE PLM (CAD/CAE/CAM)

En este segundo apartado se tratará el estado del arte del software dedicado al PLM a día de hoy.

Principalmente la mayor parte del mercado en lo referente a software dedicado a la gestión del ciclo de vida del producto es abarcado por 3DEXPERIENCE (Dassault Systèmes), Siemens NX (Siemens PLM Software), PTC Creo (PTC) y Autodesk.

A continuación se mostrará una breve descripción de las suites de software mencionadas, para, en secciones posteriores, extender la descripción únicamente en lo que refiere a 3DEXPERIENCE, que es el software sobre el que orbita este proyecto.

PTC Creo



Figura 18 PTC Creo logo

Creo es una “suite” de aplicaciones dedicadas al diseño asistido por ordenador, utilizada para el diseño de producto y desarrollada por PTC. Esta “suite” consiste en aplicaciones, de las cuales cada una está orientada a cubrir un cierto rango de capacidades necesarias para el desarrollo de un producto.

Creo trabaja en Windows (Microsoft) y ofrece aplicaciones para el diseño paramétrico en 3D, el diseño directo en 3D, proyecciones ortográficas en 2D, análisis y simulación en elementos finitos, diseño esquemático, ilustraciones técnicas, y aplicaciones de visualización.

Siemens NX



Figura 19 Siemens NX logo

NX, formalmente conocido como “UG”. En el año 2000 la empresa Unigraphics compró SDRC I-DEAS y se dedicó a integrar aspectos de ambos softwares en un único producto al que se dio el nombre de Unigraphics NX o NX. NX es un avanzado software dedicado a CAD/CAE/CAM, que es propiedad de Siemens PLM Software desde 2007.

Las principales tareas que realiza son las siguientes:

- Diseño (Paramétrico y modelado directo)
- Análisis ingenieril (Estático; dinámico; electro-magnético; térmico; uso de elementos finitos)
- Diseño de manufacturación del producto

Autodesk



Figura 20 Autodesk logo

Autodesk es comúnmente conocido por AutoCAD, estandarte de la compañía, dedicado al diseño asistido por ordenador. Pero hoy en día desarrolla una amplia gama de software dedicado al diseño, ingeniería y entretenimiento.

3- PLATAFORMA COLABORATIVA

3.1- INTRODUCCIÓN

Parte de este proyecto, a parte del diseño de la garra, es hacer uso y familiarizarme con la novedosa plataforma 3DEXPERIENCE de Dassault Systèmes, en concreto la versión más actual (2018x) hasta el momento.

3DEXPERIENCE, como bien se definen ellos mismos, es una “plataforma de experiencias”. Una plataforma colaborativa que trabaja tanto en la nube como de forma local, cuyo fin es crear un “mundo virtual” donde entran en contacto todos los departamentos envueltos en la fabricación de un producto, desde marketing a ventas o ingeniería.

3.2- PLM

Introducción

Para hablar de 3DEXPERIENCE es necesario tratar el concepto de PLM (Product Lifecycle Management).

En la industria, la gestión del ciclo de vida de un producto (PLM, Product Lifecycle Management) es el proceso de la gestión del ciclo de vida completo de un producto desde su concepción, pasando por la ingeniería, el diseño y la manufactura, hasta el servicio y la disposición de producto manufacturados. PLM integra personas, información, procesos y sistemas de negocio, proporcionando así un eje de información del producto para la compañía.

Orígenes

La inspiración para el floreciente proceso de negocio ahora conocido como PLM vino de *American Motors Corporation (AMC)*. Los fabricantes de automóviles estaban buscando una forma de acelerar el proceso de desarrollo del producto para poder hacer frente a sus mayores competidores. Debido a la ausencia de grandes presupuestos como podían poseer *General Motors* o *Ford*, *AMC* se centró en el refuerzo del ciclo de vida de su producto (principalmente Jeeps). Después de introducir el *Jeep Cherokee (1983)*, *AMC* comenzó el desarrollo de un nuevo modelo, que posteriormente fue nombrado como el *Jeep Grand Cherokee*. La primera parte del procesos para la aceleración del desarrollo del producto fue el uso de software de diseño asistido por ordenador (CAD, Computer-aided design). La segunda parte fue un nuevo sistema de comunicación que permitió que los conflictos se resolvieran d una manera más veloz, a la vez que reducía costosas correcciones porque todos los dibujos y documentos se ubicaron en una base de datos central. La gestión de la información del producto fue tan efectiva que después de que *Chrysler* adquiriera *AMC*, el sistema se extendió por toda la compañía conectando a cualquiera involucrado dentro del diseño y construcción de productos. Como empresa precoz dentro de la adaptación del sistema PLM, *Chrysler* fue capaz de convertirse en la industria automovilística que producía a un menor coste, alcanzando costes iguale a la mitad del coste medio de producción en ese momento.

Función

Un sistema PLM se encarga de ayudar a las organizaciones a la hora de lidiar con la creciente complejidad y retos a los que se enfrenta la ingeniería en el desarrollo de nuevos productos que puedan ser competitivos en el mercado global.

Cabe aclarar la diferencia que existe entre PLM (Product Lifecycle Management) y PLCM (Product life-cycle management (marketing)). PLM describe el aspecto ingenieril de un producto, desde la gestión de descripciones y propiedades de un

producto hasta su desarrollo y vida útil; por otro lado PLCM se refiere a la gestión comercial de la vida de un producto en el mercado, haciendo referencia a costes y ventas.

PLM puede ser considerado como uno de los cuatro pilares de la estructura de la información en una empresa dedicada a la manufacturación de productos. Todas las compañías necesitan gestionar las comunicaciones e informaciones que tienen con sus clientes (CRM), sus proveedores (SCM), sus fuentes dentro de la misma empresa (ERP) y la planificación y desarrollo de un producto (PLM).

Beneficios

- Reduce el tiempo de lanzamiento al mercado
- Mejora la calidad y fiabilidad del producto
- Reduce el tiempo de prototipado
- Ahorro a través de la reutilización de la información
- Un marco de referencia para la optimización del producto
- Reducción de los residuos
- Maximizar la colaboración en la cadena de suministro

Áreas

Dentro del PLM hay cinco áreas principales:

- 1- Ingeniería de sistemas, se centra en cumplir todos los requerimientos, principalmente satisfacer las necesidades del consumidor, y coordinar el proceso de diseño de sistemas englobando a todas las disciplinas relevantes
- 2- Gestión del proyecto, su objetivo es gestionar la disponibilidad de los recursos, medir los progresos, planificar el desarrollo de nuevos proyectos que están en proceso.
- 3- Diseño del producto, es el proceso de creación de un nuevo producto cuyo destino es su venta al consumidor por parte de la empresa.

- 4- Gestión del proceso de manufactura, es un cúmulo de tecnologías y métodos usados para definir cómo deben ser fabricados los productos,
- 5- Gestión de la información del producto, centrado en la recogida y el mantenimiento de la información de productos o servicios a través de su desarrollo y vida útil.

Introducción al proceso de desarrollo

El núcleo del PLM es la creación y la gestión centralizada de toda la información del producto y la tecnología usada para acceder a dicha información y conocimiento. El PLM como disciplina emergió de herramientas como son CAD, CAM y PDM, y podría ser entendido como la integración de estas herramientas con métodos. Personas y los diferentes procesos que atraviesa un producto a lo largo de su vida. Por lo que no es únicamente un tema de software sino que también lo es de estrategia de negocio.

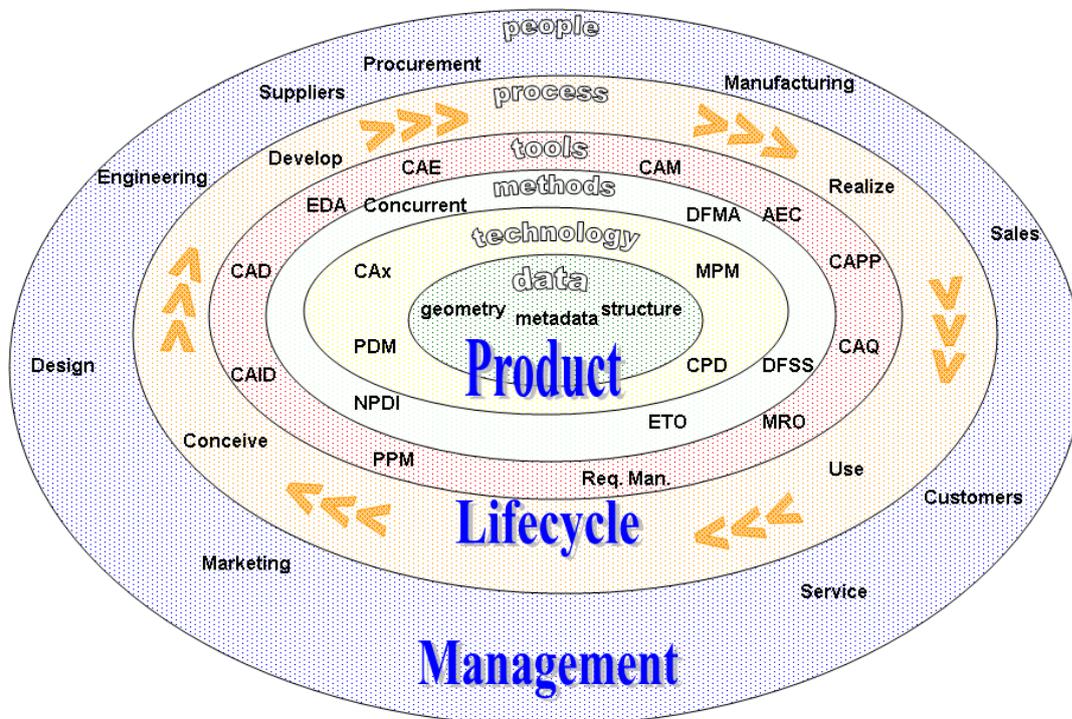


Figura 21 Esquema fases del ciclo de vida

Las distintas fases son mostradas en la figura superior en un flujo de trabajos simplificado. El orden exacto de los eventos y tareas varía de acuerdo al producto y la industria en cuestión. Los procesos principales son:

- **Concepción**
Especificación
Diseño del concepto

- **Diseño**
Diseño detallado
Validación y análisis (Simulación)

- **Realización**
Plan de manufacturación
Manufacturación
Construcción/Ensamblaje
Testeo

- **Servicio**
Venta y entrega
Uso
Mantenimiento
Deshecho

La realidad es todavía más compleja, ya que las personas y los departamentos no pueden realizar sus tareas de forma aislada. Las diversas fases del desarrollo del producto dependen la una de la otra habiendo un constante flujo de información a través de dichas fases.

Fases del ciclo de vida de un producto y tecnologías

Muchas clases de software han sido desarrolladas para organizar e integrar las diferentes fases del ciclo de vida de un producto. PLM no debería ser visto como un único producto de software sino como una colección de herramientas y métodos de trabajo integrados conjuntamente con una única fase del ciclo como objetivo o bien conectar diferentes tareas o gestionar el proceso completo. Ciertas compañías poseen una oferta de software que cubre todo el rango en el que se involucra el PLM mientras que otras se centran en apartados específicos. Cabe mencionar que las simples clasificaciones no siempre son acertadas, muchas áreas se superponen y muchos productos de software cubren más de un área o no encajan solo en una única categoría. Tampoco se debe olvidar que uno de los principales objetivos del PLM es recoger conocimientos que puedan ser reutilizados para otros proyectos y coordinar desarrollos simultáneos de gran número de productos. Trata tanto de procesos de negocio, personas y métodos como de aplicaciones de software.

Lo que se muestra a continuación es un posible ciclo de vida, que puede adaptarse un alto porcentaje de productos.

Concepción

La primera fase es la definición de los requerimientos del producto basándose en el consumidor, la compañía, el mercado y los puntos de vista de los cuerpos reguladores. Partiendo de lo dicho, los parámetros técnicos del producto pueden ser mayormente definidos. Paralelamente, el trabajo sobre el diseño del concepto inicial es realizado definiendo la estética del producto junto con los aspectos funcionales principales. Gran diversidad de herramientas pueden ser utilizadas para este fin, desde papel y lápiz hasta diseño en 3D mediante CAD.

En algunos casos, la inversión de recursos en la investigación o el análisis de opciones pueden ser incluido en la fase de concepción.

Diseño

Aquí es donde el diseño detallado y el desarrollo de la forma del producto comienzan, avanzando hacia el prototipado, a través del lanzamiento de un piloto y finalizando en el producto final lanzado al mercado. También incluye el rediseño utilizado en productos existentes para su mejora. La herramienta principal usada para el diseño y desarrollo del producto es el CAD. Puede ser diseños realizados en 2D o diseños paramétricos en 3D, por poner un ejemplo.

Este paso cubre muchas disciplinas ingenieriles: mecánica, eléctrica, electrónica, software, etc. Junto a la creación de geometría está el análisis de los componentes y el ensamblaje del producto. La simulación, validación y optimización se realiza a través de software especializado en CAE (Computer Assisted Engineering), generalmente integrado dentro del propio paquete de CAD.

Realización

Una vez el diseño del producto está completo, se define el método de manufactura. Esto incluye tareas realizadas a través de CAD como puede ser el diseño de herramientas; incluyendo la creación de instrucciones para maquinado a través de CNC, o la creación de herramientas específicas para la fabricación del producto. Esto también involucra el análisis de las herramientas a través de procesos de simulación para la realización de tareas como puede ser, torneado, fresado, moldura. Una vez el método de manufacturación ha sido completado el siguiente paso es configurar la línea de producción donde estos procesos se van a llevar a cabo, con la ayuda de software CAPE (Computer Aided Production Engineering) o CAP (Computer Aided production planning). Finalmente, una vez los componentes han sido manufacturados se puede comprobar que sus dimensiones se adaptan a

las generadas en el modelo 3D, mediante el uso de equipamiento para la inspección del objeto asistido por ordenador.

Servicio

La fase final del ciclo de vida trata la gestión de la información durante la vida útil del producto. Esto puede incluir el hecho de proveer a los clientes o a los ingenieros destinados al servicio con el apoyo y la información requerida para la reparación y el mantenimiento, al mismo tiempo que la gestión de los residuos producidos o el reciclado. Esto puede ser realizado por software del tipo MRO (Maintenance, Repair and Operations Management).

Común a todas las fases

- Comunicación, gestión y colaboración

Ninguna de las fases mencionadas anteriormente del ciclo de vida de un producto puede ser considerada como aislada de las demás. En realidad, un proyecto no se desarrolla de forma secuencial o separado del desarrollo de otros proyectos. El concepto principal del PLM es la coordinación y la gestión de la información que define al producto. Esto incluye gestionar cambios en la ingeniería; variaciones en la configuración del producto; gestión de los documentos; planificación de los recursos al igual que un estudio del consumo de tiempo y de los riesgos.

Para estas tareas información de naturaleza gráfica o textual (como puede ser la lista de materiales (BOM, Bill Of Materials), necesita ser gestionada. Al nivel del departamento de ingeniería esta labor será realizada por software llamado PDM (Product Data Management), o a nivel corporativo por EDM (Enterprise Data Management).

Este papel común a todas las fases es cubierto por numerosas herramientas colaborativas destinadas al desarrollo del producto que funcionan a lo largo de todo el ciclo de vida. Esto requiere gran número de herramientas en el área de conferencias, compartición y traducción de datos.

- Habilidades del usuario

El amplio rango de herramientas que componen una solución para la gestión del ciclo de vida de un producto (p. ej., CAD, CAM, CAx...) fue en un principio utilizado por usuarios dedicados especialmente a dichas herramientas, que dedicaron tiempo y esfuerzo en el dominio de dichas herramientas. Diseñadores e ingenieros desarrollaron grandes habilidades con los sistemas CAD, los ingenieros especializados en la manufacturación se centraron principalmente en herramientas CAM, mientras que analistas, administrativos y gestores se centraron en tecnologías de apoyo. Dicho esto, podemos deducir que para alcanzar completamente las ventajas que el PLM nos ofrece, se requiere la participación de un gran número de personas con diversas habilidades que formen parte de toda la estructura de la empresa.

3.3- 3DEXPERIENCE

Contexto

En 2014, Dassault Systèmes anunció el lanzamiento de la plataforma 3DEXPERIENCE que reemplazaría a la línea de producto V6. A continuación explicaré las novedades introducidas en la nueva plataforma.

Precedente

Construyendo sobre el éxito creado por CATIA V5 y Solidworks, Dassault Systèmes creo la plataforma V6. Uno de los principales cambios de V6 fue la introducción del concepto “no files” (“sin archivos”), lo que significaba que CATIA V6 ya no podría abrir archivos que estuvieran fuera de un sistema de archivos (file-based), en su lugar estaría conectado a una plataforma llamada ENOVIA V6 para el acceso y guardad de la geometría modificada en la sesión (“sin archivos” ya que los datos se almacenaban en servidores de archivos y dentro de la base de datos). Esto supuso un gran cambio para los departamentos de IT los cuales estaban acostumbrados a trabajar sobre un sistema de archivos y supuso la necesidad de adquirir un servidor. ENOVIA V6 se encargaba de ser la plataforma de colaboración para CATIA V6 y al mismo tiempo se utilizaba para la gestión del ciclo de vida, listas de materiales, relaciones con los proveedores, etc. Es por eso que al final la gente acabo refiriéndose, de forma errónea, a la plataforma como ENOVIA.

Aparición de 3DEXPERIENCE

Como la confusión sobre el nombre de ENOVIA V6 continuó, siendo a la vez una suite de aplicaciones y una plataforma, Dassault Systèmes decidió esclarecer el asunto creando la plataforma 3DEXPERIENCE y separándola de ENOVIA. En otras palabras, en lugar de usar V6 para referirse a la plataforma, decidieron renombrarla

como una revolucionaria plataforma llamada 3DEXPERIENCE, dando un paso hacia una mayor cohesión y madurez.

Componentes de la plataforma 3DEXPERIENCE

Con 3DEXPERIENCE, la plataforma se expandió de forma significativa con respecto a V6, al añadir nuevas capacidades a ésta.

- 3DSpace – Es en realidad el equivalente a lo que ENOVIA V6 era. Se encarga de habilitar el “hilo digital” de continuidad y consistencia de los datos a través de los variados procesos de los campos del diseño, manufactura, ingeniería y simulación. Incluye una gestión de archivos tanto centralizada como remota y un acceso seguro a los archivos.
- 3DSwym – Dassault Systèmes había invertido en la start-up BuleKiwi y tenía varios proyectos internos para “community management” que eran conocidos como SwYm lo que acabó siendo el actual 3DSwym. Que consiste en una plataforma social de la empresa, formada por blogs, artículos de información y diversos tutoriales. Los usuarios dentro de la plataforma están organizados en comunidades donde pueden escribir nuevas entradas en los blogs o artículos y realizar comentarios en ellos.
- 3DDashboard – Esta parte de la plataforma permite la visualización de los datos de la empresa pertinentes y prácticamente cualquier cosa a través de widgets que permiten un acceso más fácil a los datos. Al igual que el resto de componentes mencionados, tiene su propio servidor red y base de datos. El poder de 3DDashboard viene de su capacidad para extraer y mostrarnos los datos de todas las piezas que forman 3DEXPERIENCE y de aplicaciones externas.
- 3DPassport – Con la variedad de aplicaciones dentro de la plataforma ya mencionadas y con las interfaces de usuario basadas en la web (3DDashboar, 3DSwym, ENOVIA) y esas que hacen uso de clientes

enriquecidos (CATIA, DELMIA, SIMULIA), el proceso de autenticación se unificó a través de 3DPassport. Como las anteriores tiene su propio servidor web. Es una manera segura para acceder a cualquiera de las aplicaciones usando una única plataforma de acceso.

- 3DSearch – Es un componente de la interfaz que permite a los usuarios de 3DDashboard u otras aplicaciones web ver resultados de búsqueda que vienen de la plataforma en su totalidad en un único lugar.
- 3DMessaging – Swym tenía una plataforma primitiva de mensajería que fue renombrada a 3DMessaging para permitir la comunicación entre usuarios que están conectados a la plataforma. Es sobre todo útil para los usuarios de 3DSwym.
- 6WTags – Otro componente de la interfaz que aparece en todas las aplicaciones de 3DEXPERIENCE permitiendo a los usuarios añadir sus propias etiquetas, pero más importante, la plataforma deriva etiquetas genéricas de los metadatos de los archivos almacenados en la plataforma. Haciendo que el filtrado de enormes cantidades de datos sea muy veloz.
- 3DPlay – Permite navegar a los usuarios a través de archivos 3D sin tener que abrir la herramienta de CAD. A parte de eso 3DPlay está expandiendo sus capacidades para poder realizar acciones tales como, seccionado, medidas y anotaciones de archivos almacenados en un espacio colaborativo 3DSpace o que aparece en una comunidad 3DSwym, todo esto desde un widget del 3DDashboard.

3DCompass

Más allá de todo el renombramiento de las aplicaciones y la extensión de capacidades, el otro cambio clave con 3DEXPERIENCE fue la completa renovación de todas las interfaces de usuario. Previamente en el mundo V6, cada aplicación tenía su propio punto de acceso, su propia interfaz y su propio esquema de colores. Como ya he mencionado, 3DPassport resolvió la problemática del acceso. Todos los componentes de la plataforma y aplicaciones desde CATIA, DELMIA, ENOVIA y SIMULIA fueron rediseñadas enteramente desde la perspectiva de la interfaz de usuario en un único proyecto conocido como “3DCompass” donde azules y grises dominan el esquema de color en común para todas las aplicaciones. Las aplicaciones de cliente enriquecido (CATIA, DELMIA, SIMULIA) ahora poseen una barra de acción en la parte inferior de la pantalla para un acceso rápido a funciones similares, algo parecido a la barra que utiliza MS Office para sus aplicaciones.



Figura 22 Barra de herramientas CATIA

De forma adicional, se añadió un componente en la esquina superior izquierda de cada aplicación llamado 3DCompass. La idea es que el 3DCompass ayude a los usuarios a navegar a través de las aplicaciones que dicho usuario tiene acceso.



Figura 23 Imagen 3DCompass

El cuadrante oeste, es el destinado a agrupar las aplicaciones relacionadas con el modelado en 3D. Principalmente CATIA y SOLIDWORKS. El cuadrante sur agrupa las aplicaciones de simulación, principalmente DELMIA y SIMULIA. El cuadrante este, son las aplicaciones destinadas a la información, desde gráficos hasta las noticias sobre economía internacional, por poner un ejemplo. Estas aplicaciones están orientadas para modificar la plataforma online al gusto del cliente, dependiendo de los datos que necesite manejar para realizar su trabajo. El cuadrante norte se encarga de agrupar las aplicaciones colaborativas. Son aquellas que facilitan el intercambio de datos entre los usuarios. Por ejemplo, entre el departamento de diseño de producto y el de ingeniería.

Soluciones basadas en la industria

El último gran cambio en la era 3DEXPERIENCE ha sido la conversión del “empaquetado” de los productos y el marketing a un enfoque centrado en la industria. En el universo V6, cada una de las *Marcas* (CATIA, DELMIA, ENOVIA, y SIMULIA) proveían aplicaciones que eran vendidas individualmente con cada una con distintos propósitos. Mayoritariamente, otras plataformas de PLM continúan vendiendo sus productos basándose en la marca. En el caso de 3DEXPERIENCE se han lanzado varios paquetes basados en 12 *Industrias*: Aeroespacial y Defensa; Transporte y Movilidad; Equipamiento Industrial; Alta Tecnología; Ciencias Naturales; Bienes de consumo empaquetados; Bienes de consumo y venta minorista; Marina; Generación de energía; Arquitectura, Ingeniería y Construcción; Servicios para negocios y finanzas; Recursos Naturales. Básicamente, cuando se adquiere el software de Dassault Systèmes en 3DEXPERIENCE, se adquiere en función del “Role” (Papel a desempeñar) o de la opción de una industria específica y el conjunto de aplicaciones que se adapta a cada industria. Dicho de otra forma, las *Marcas* proveen las herramientas para trabajar y las *Industrias* construyen soluciones adaptadas a las necesidades del consumidor. Esto supuso un gran

cambio, que permitió a Dassault Systèmes ser únicos ofreciendo soluciones customizadas para cada una de las 12 industrias mencionadas.

4- DISEÑO CINEMÁTICO DE UN NUEVO SISTEMA DE GARRA

4.1- WORKING MODEL 2D

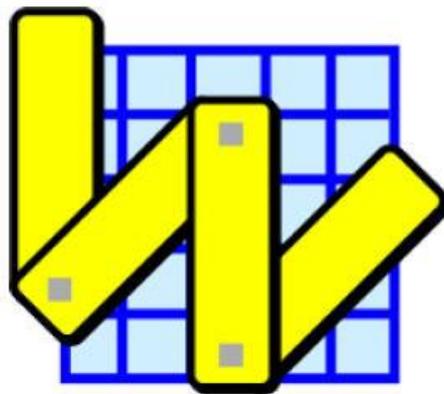


Figura 24 Working Model logo

Para la realización de algunas de las simulaciones de las cadenas cinemáticas estudiadas nos hemos apoyado en el software de simulación Working Model. El cual es un software de simulación ingenieril creado por Design Simulation Technologies. Componentes mecánicos virtuales como pueden ser muelles, cables, y motores son combinados con objetos en un espacio en 2D. Cuando se activa la simulación, el programa simulará la interacción entre las partes y además puede crear gráficas para el movimiento, las fuerzas o diversas magnitudes que afectan a los diversos objetos.

4.2- ANÁLISIS Y SÍNTESIS CINEMÁTICA

Síntesis:

Si el conjunto deseado de posiciones/posiciones angulares, velocidades/velocidades angulares y aceleraciones/aceleraciones angulares de un mecanismo en un momento concreto están estipulados. Entonces la síntesis de los mecanismos comprende la determinación matemática de la geometría de los miembros del mecanismo con el fin de producir los resultados deseados. Cuando este mecanismo se ha conseguido, pasará en ese mismo momento por la posición mencionada con las condiciones previstas.

La síntesis de un mecanismo se puede estudiar en dos planos, el empírico y el racional. El primero de los tipos se denomina “síntesis racional”, que consiste en técnicas estandarizadas de síntesis cinemática. Este tipo de técnicas pueden ser automatizadas usando ciertos tipos de software.

El segundo de los casos es denominado “síntesis informal” y es comúnmente utilizado por ingenieros de diseño. Esta es una metodología usada por los ingenieros para resolver problemas de diseño en gran variedad de áreas técnicas, no solamente en el diseño de mecanismos. El procedimiento básico se basa en “adivinar” un conjunto de dimensiones y usar el análisis para comprobar el resultado. Las dimensiones son entonces ajustadas, intentando encajar mejor dentro de las especificaciones impuestas por el diseño y el mecanismo es analizado nuevamente. El proceso se repite hasta alcanzar un resultado suficientemente satisfactorio.

El proceso utilizado a lo largo de este proyecto encaja dentro de lo que sería la síntesis informal. Una vez planteado el mecanismo a utilizar y sus dimensiones, éstas últimas planteadas de forma arbitraria aunque intentado aproximarnos desde un principio a unas dimensiones funcionales. Para el proceso de análisis nos hemos apoyado en software de simulación cinemática como es Working Model o la aplicación “Mechanical System Experience” de la plataforma 3DEXPERIENCE.

Análisis:

Esta parte del estudio cinemático consiste en la determinación de las posiciones, velocidades y aceleraciones de ciertos puntos de los elementos del mecanismo.

En el caso que nos atañe nos centraremos en la definición y determinación de los polos para un movimiento plano, esto se debe a la importancia que tomará dicha parte de la cinemática en este proyecto. Posteriormente veremos como la situación del polo es algo que marca la diferencia en el funcionamiento de la garra.

- Centro instantáneo de rotación

El cálculo del centro instantáneo de rotación ha sido un pilar fundamental para el desarrollo de nuestro mecanismo. Es por ello que a continuación trataré brevemente el significado de CIR y sus métodos de cálculo.

El centro instantáneo de rotación es el punto de un sólido rígido, el cual posee un movimiento plano, que tiene una velocidad nula en un instante determinado. En dicho instante, los vectores de velocidad de las trayectorias del resto de puntos en el sólido generan un campo circular alrededor del centro instantáneo, siendo idéntico al movimiento generado por una rotación pura.

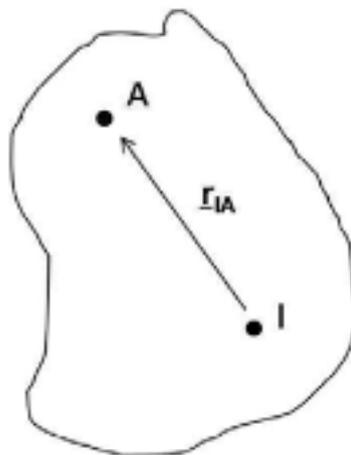


Figura 25 Sólido rígido donde I es el CIR. MIT OCW

El movimiento plano de un sólido es generalmente descrito usando una figura plana que se mueve en un plano bidimensional. El centro instantáneo es el punto en dicho plano alrededor del cual el resto de los puntos están rotando en un instante específico.

El movimiento continuo de un plano tiene un centro instantáneo para cada momento. Esto genera una curva denominada “polodia”.

- Polo de un movimiento plano

El centro instantáneo puede ser considerado como el caso límite del polo en un movimiento plano.

El movimiento plano de un sólido rígido que pasa de una posición “1” a una posición “2” está definido por la combinación de una rotación y una traslación en el plano. Para todo movimiento plano hay un punto en dicho plano que se encuentra en el mismo lugar antes y después del desplazamiento. Este punto es el polo del desplazamiento, y éste puede ser visto como una rotación en torno a dicho polo.

- Cálculo del polo para un desplazamiento plano

En primer lugar se deben seleccionar dos puntos del sólido rígido que realiza el movimiento (pts. “A” y “B”) y localizar los puntos en las posiciones inicial y final del movimiento. El siguiente paso es construir las mediatrices de los segmentos que unen $A_1 - A_2$ y $B_1 - B_2$. El punto de intersección “P” de las mediatrices es el polo del movimiento plano.

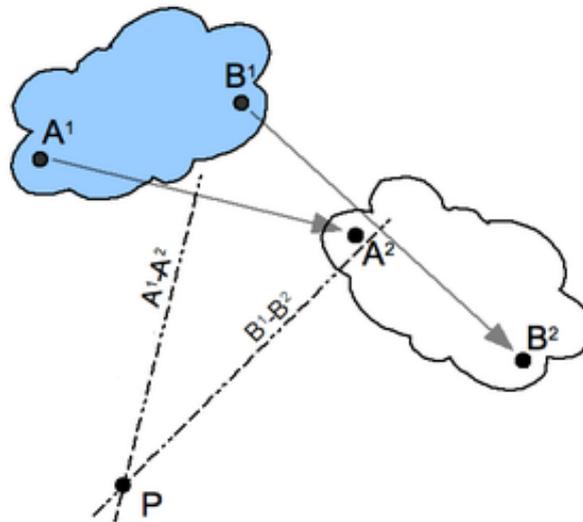


Figura 26 Cálculo de polo desplazamiento

Si las dos posiciones del sólido están separadas por un instante de tiempo, entonces el polo del desplazamiento se convertiría en el centro instantáneo de rotación.

- Traslación pura

Si es desplazamiento entre los puntos se trata de una traslación pura, entonces las mediatrices perpendiculares mencionadas en el apartado anterior serán paralelas. Se considera que ambas líneas se intersectan en un punto situado en el infinito, por ello se dice que el polo de este tipo de movimiento tiene al infinito.

4.2- ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

En esta sección hacemos un repaso de los mecanismos con los que trabajamos en el paso previo a la creación de un mecanismo original, con el fin de adquirir nuevas ideas en lo que refiere al diseño de nuevos mecanismos orientados a garras robóticas.

- Mecanismo de seis barras.

Partiendo de la necesidad de que las pinzas de la garra se desplazaran de forma paralela entre sí. Y dado que estamos en una fase de investigación, en busca de un mecanismo que se adapte a lo que necesitamos, buscamos la solución en el mecanismo de seis barras.

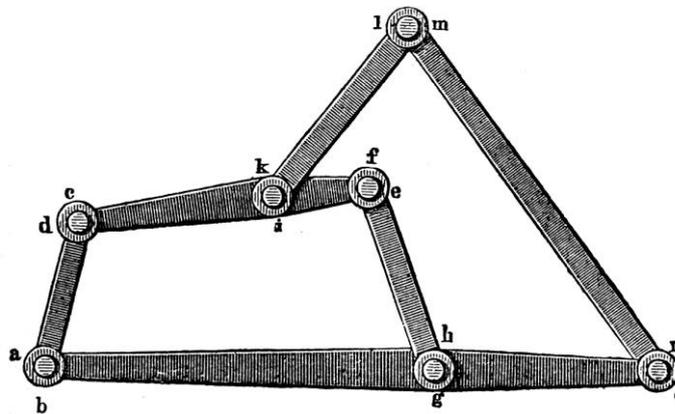


Figura 27 Mecanismo de 6 barras

Un mecanismo de seis barras es aquel que posee un único grado de libertad que está construido a partir de seis barras y siete pares cinemáticos.

Haciendo uso del mencionado mecanismo, buscamos un movimiento paralelo, que sería el movimiento de las pinzas de la garra.

Diseño de Andrea Carli y Kaustubh Sonawale

A continuación se muestra un ejemplo de garra que funciona con un mecanismo de seis barras y que produce un movimiento paralelo, dicho mecanismo fue diseñado por Andrea Carli y Kaustubh Sonawale.

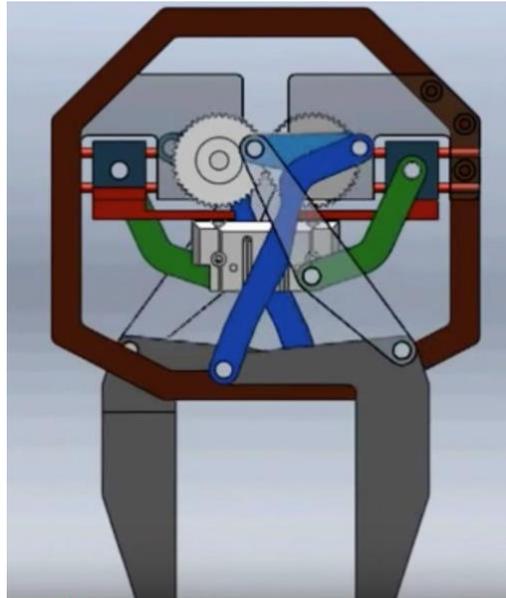


Figura 28 Garra mediante mecanismo de 6 barras

En la imagen superior observamos el mecanismo mencionado, podemos observar como efectivamente trabaja con un mecanismo de seis barras y en adición hace uso de un par prismático cuya función es modificar la inclinación de la garra.

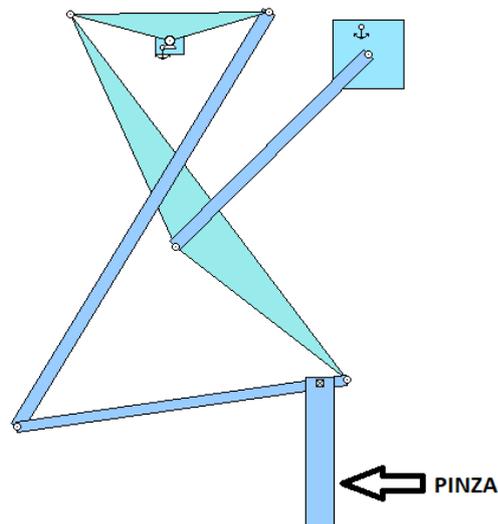


Figura 29 Garra 6 barras WM I

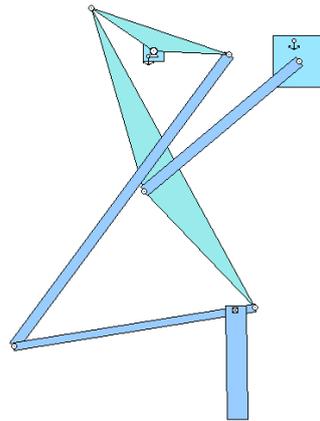


Figura 30 Garra 6 barra WM II

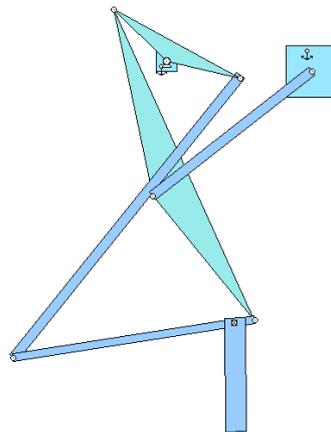


Figura 31 Garra 6 barras WM III

Podemos apreciar en la sucesión de imágenes, cuya simulación ha sido realizada a través de WM, un movimiento aproximadamente paralelo de la pinza.

- Cuadrilátero articulado

Un cuadrilátero articulado es el mecanismo de cadena cerrada más simple. Consiste en cuatro elementos, denominados barras, conectados entre sí por pares cinemáticos de tipo I.

A continuación se describen dos configuraciones típicas del cuadrilátero articulado:

- 1- Cuatro pares R (Revolución) – El cuadrilátero articulado está formado por cuatro elementos y cuatro pares R.

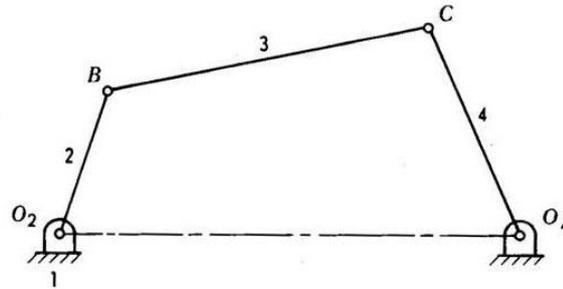


Figura 32 Cuadrilátero articulado

- 2- Tres pares de revolución y un par prismático – Comúnmente conocido como mecanismo biela-manivela.

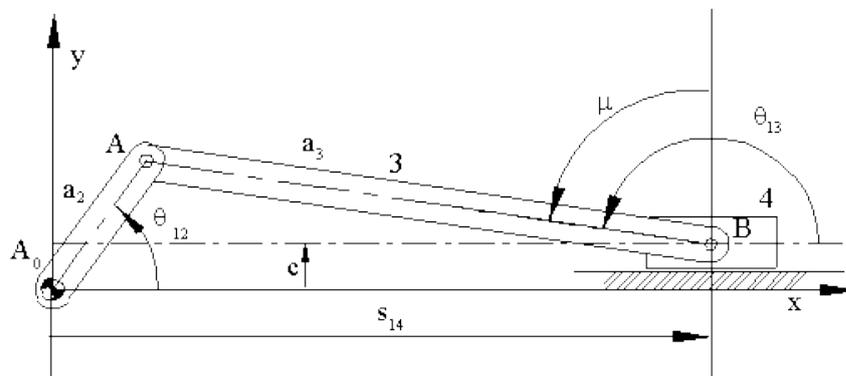


Figura 33 Mecanismo biela-manivela

Garra 2-Finger de Robotiq

La garra de Robotiq, mencionada anteriormente, será nuestro punto de partida para lograr nuestro objetivo.

Mediante la observación del comportamiento de la garra y la realización de simulaciones mediante CATIA, se concluyó cual es el mecanismo que hace funcionar la garra de Robotiq con dos grados de libertad y un único actuador.

Cuando la garra realiza un agarre paralelo, el par prismático P (mostrado en la figura) y su simétrico se encuentran bloqueados, manteniendo un ángulo constante entre los eslabones 2 y 3, que se comportan como un único elemento. Por lo que la garra funciona como si fuera un cuadrilátero articulado en el que las barras "2-3" y 5 son paralelas por lo que el elemento 4, tiene un movimiento rectilíneo, debido a que el polo 4-1 se encuentra en el infinito.

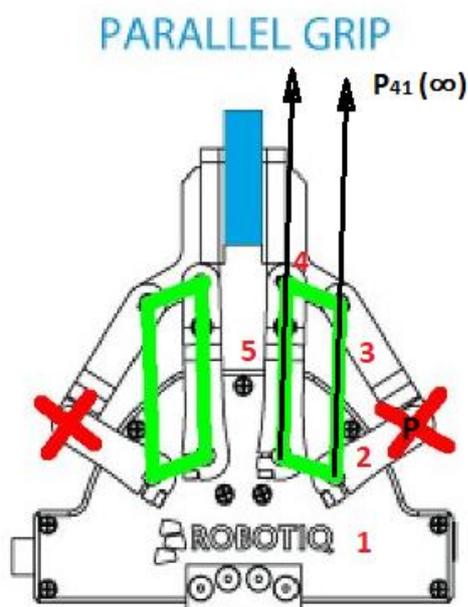


Figura 34 Cálculo de polo garra Robotiq

El bloqueo del par P se lleva a cabo mediante la inserción de un resorte en espiral en dicho par, o en su defecto mediante un resorte lineal, como hemos utilizado en la simulación, y un tope que no permita el movimiento (señalado en la figura).



Figura 35 Tope de garra Robotiq

Cuando el objeto a transportar entra en contacto con la garra, dependiendo del punto de contacto con ésta, se producirá un agarre paralelo o adaptable. En este caso tenemos en cuenta que cuando la garra entre en contacto con el objeto, ésta dejará de funcionar como un cuadrilátero articulado y actuará con dos grados de libertad.

En el instante que se produce el contacto, si el contacto es en el punto marcado en la figura el polo se mantendrá en ese mismo punto, el cierre de la garra será paralelo, y se podrá considerar que la garra no ha actuado en ningún momento como un mecanismo de dos grados de libertad.

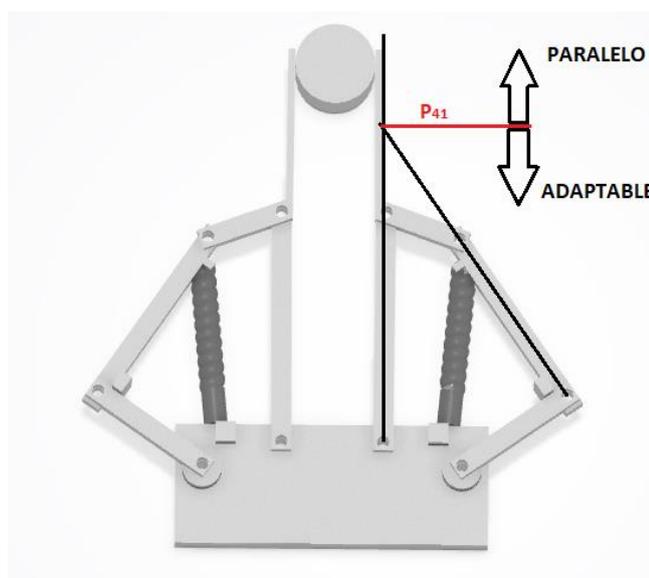


Figura 36 Zonas de actuación garra Robotiq

En el caso de que el contacto sea en un punto situado en la zona identificada como “adaptable” en la figura, el polo tendrá una posición similar a la mostrada en la figura inferior. Provocando el consiguiente movimiento de cierre sobre el objeto al girar la garra sobre el polo.

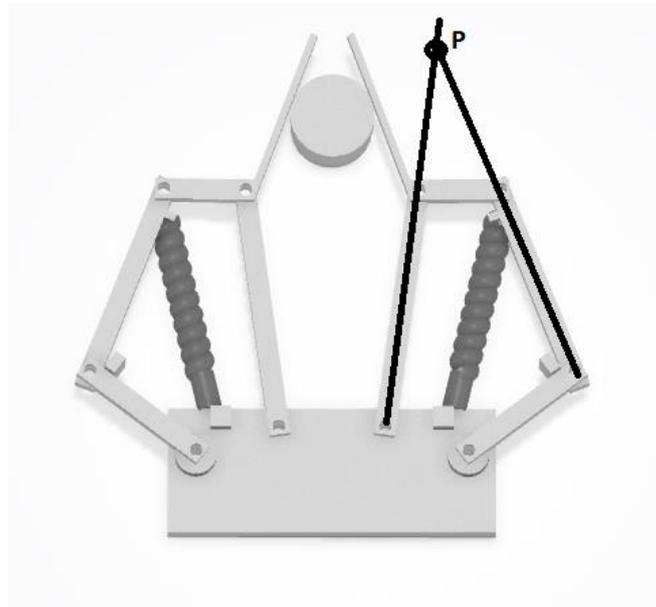


Figura 37 Polo garra Robotiq cierre adaptable

El otro caso posible es que el polo entre en contacto en un punto situado en la zona identificada como “paralelo”. Si no existiera un tope que limitara el movimiento el polo se situaría por debajo de la línea roja provocando un movimiento de apertura sobre el objeto. Pero al existir dicho tope no se produce un desplazamiento del polo y el cierre de la garra es paralelo.

En resumidas cuentas, si el contacto es por debajo del punto señalado, las garras se cerraran sobre el objeto, si no es así se producirá un agarre paralelo.

Alternativas basadas en la garra de Robotiq

Utilizando la idea de la garra 2-Finger de Robotiq nos proponemos realizar un diseño propio de una garra que trabaje como un cuadrilátero articulado de un grado

de libertad cuando no está en contacto con el objeto y que una vez entre en contacto pase a tener dos grados de libertad, aparte de eso otro objetivo principal que nos marcamos, es decir, básicamente el funcionamiento de la garra de Robotiq.

La diferencia que nos proponemos hacer con dicha garra, es conseguir que aparte de poseer la posibilidad de un agarre paralelo y otro agarre el cual se cierra sobre el objeto, añadir una tercera opción, que el agarre pueda abrirse sobre el objeto. Es resumen, que el agarre sea completamente adaptable.

Para lograrlo debemos modificar el mecanismo, aportando así un mecanismo original.

A continuación se muestran las opciones que barajamos.

Primera opción a valorar:

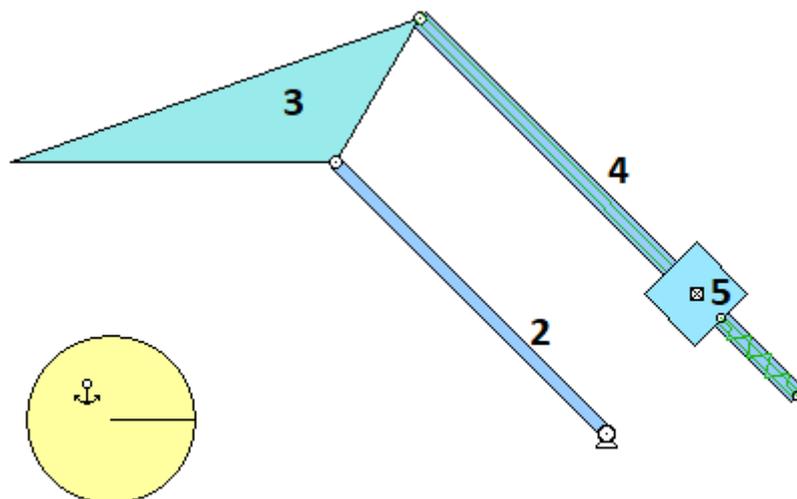


Figura 38 Alternativa I

Observamos lo que sería una de las pinzas de la garra y un objeto de prueba. Vemos que en este caso, como ya adelantamos, nos basamos en el uso de resortes. Dicha pinza funciona como un cuadrilátero articulado en el que los elementos 4 y 5 trabajan conjuntamente como un sólido rígido, que mantienen su

posición debido al resorte de compresión que los une. En este caso el elemento 5 posee un par P con el elemento 4 y un par R con el elemento fijo (1). El elemento motor está situado en el par R que une 2 con el elemento fijo.

Una vez el elemento 3 (es el elemento que se encarga de entrar en contacto con el objeto con el que se trabaja) entra en contacto con el objeto de prueba, el par prismático entre 4 y 5 que se había mantenido inactivo hasta entonces se activa. Provocando el deslizamiento de 4 sobre 5 y la consiguiente apertura de la garra.

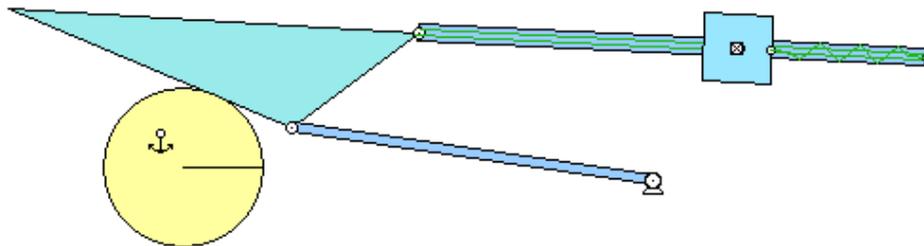


Figura 39 Alternativa I movimiento

Como podemos observar en la imagen, efectivamente la garra se abre sobre el objeto.

Por lo tanto con este mecanismo resolvemos la necesidad de que la garra tuviera la posibilidad de adaptarse a los objetos mediante la apertura de esta.

El problema que nos surgió con este mecanismo fue la imposibilidad de adaptarse al objeto cerrándose sobre él, como hacía la garra de Robotiq. Por lo que si bien ganamos en un aspecto, lo perdemos en el otro.

Segunda opción a valorar:

La segunda opción a valorar está basada en esta última y será la opción final, es decir que dicho mecanismo es en el que nos vamos a basar en secciones posteriores para realizar un detallado diseño de la garra robótica a través de la aplicación CATIA de la plataforma 3DEXPERIENCE.

Como podemos observar en la figura inferior de la simulación del mecanismo realizada a través de WM, el mecanismo es muy similar al anterior. La única diferencia es el cambio de posición del elemento que introduce el par motor, ya que de esta manera, como veremos a continuación permite que la garra sea completamente adaptable al objeto.

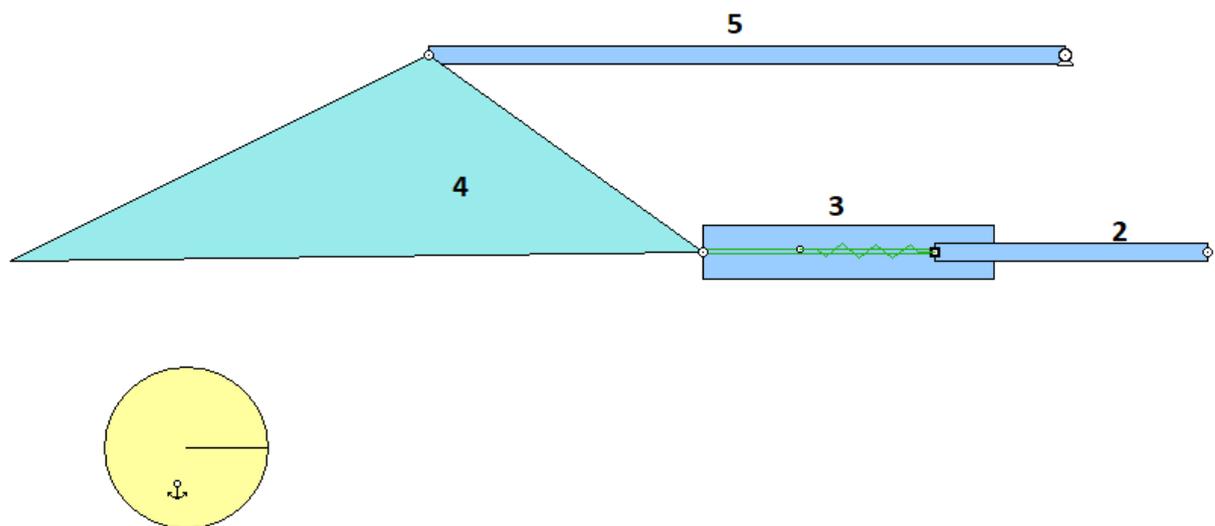


Figura 40 Alternativa II

Desarrollaremos en mayor medida esta solución en la sección siguiente.

5- SOLUCIÓN ADOPTADA

5.1- INTRODUCCIÓN

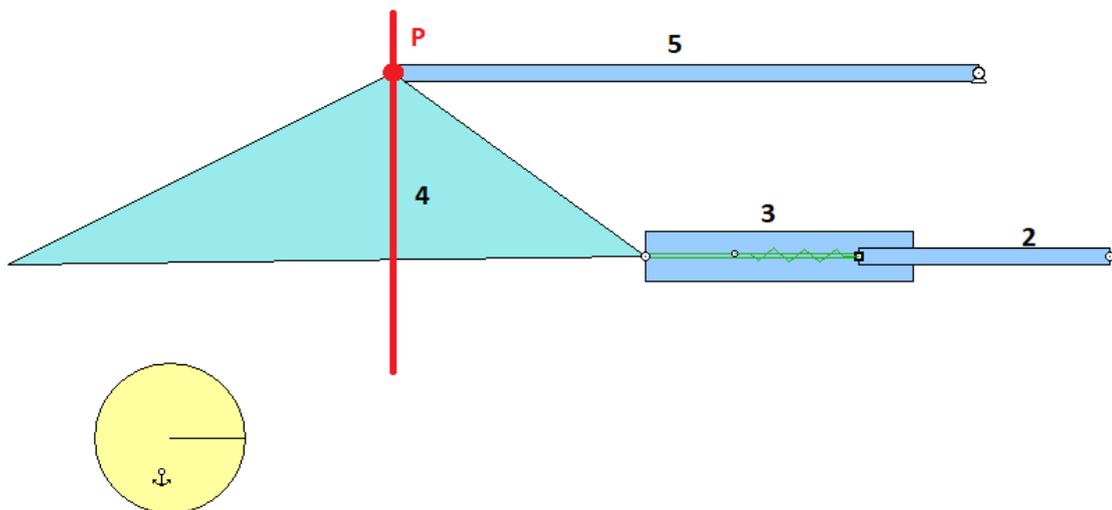


Figura 41 Solución final WM

El mecanismo funciona como un cuadrilátero articulado hasta que el elemento de sujeción entra en contacto con el objeto. A partir de ese momento en función del punto en que contacte el objeto con la garra el movimiento de esta dependerá de la situación del punto de contacto:

- Si el objeto contacta en la zona situada a la izquierda de la recta perpendicular a la superficie de contacto de la garra y que atraviesa el polo P, el movimiento será de apertura.
- En el caso de que el contacto se realice en la zona derecha, el movimiento consecuente será de cierre sobre el objeto.

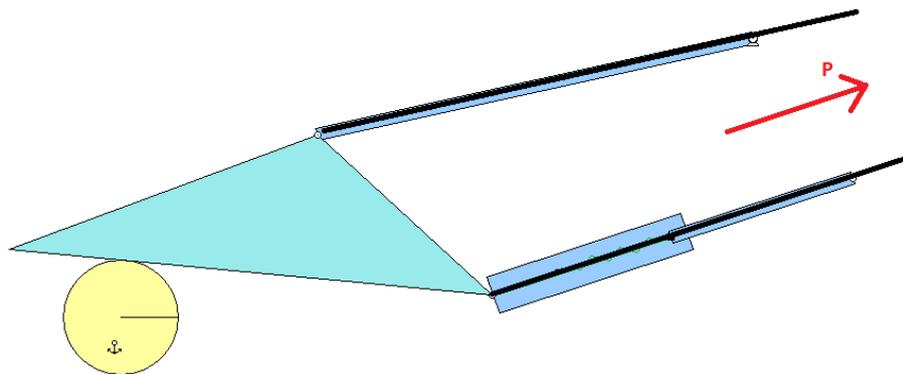


Figura 42 Solución final apertura WM

En esta imagen podemos observar como al contactar el objeto en un punto situado a la izquierda de la línea el polo se desplaza creando un movimiento de dos grados de libertad en el que el polo de la parte de la garra que contacta el objeto cambia de posición provocando un movimiento de apertura.

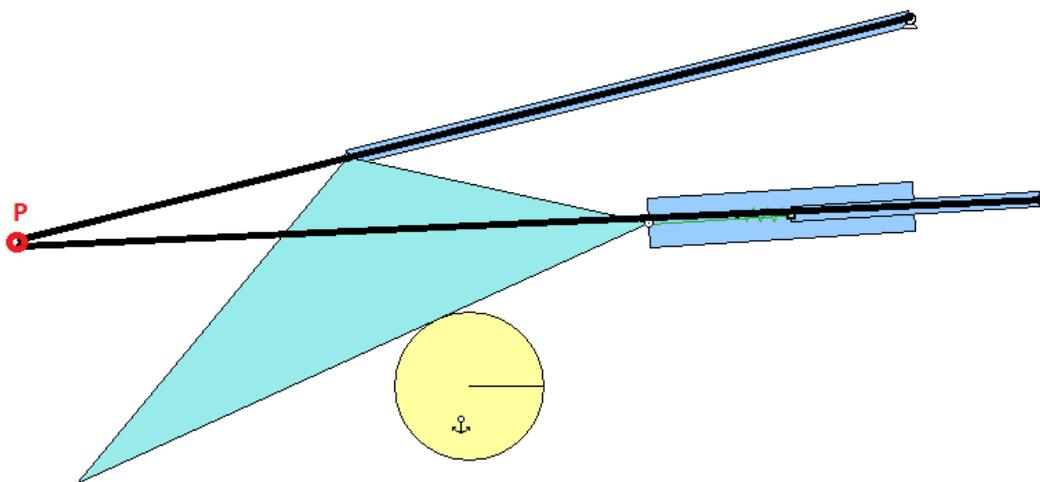


Figura 43 Solución final cierre

Por otro lado, como mencionamos anteriormente, cuando el objeto contacta en un punto situado a la derecha de la línea el movimiento es de cierre. Esto

es debido, al igual que en el caso anterior, al desplazamiento del polo, que se sitúa aproximadamente en la zona mostrada en la imagen superior.

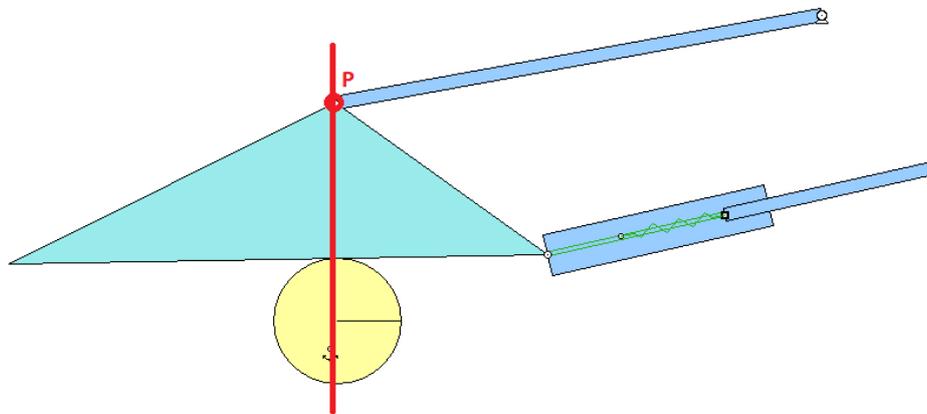


Figura 44 Solución final paralelo

En este tercer caso observamos como cuando el punto de contacto coincide con la línea perpendicular que atraviesa P se produce un agarre paralelo, independientemente de la forma del objeto con el que se trabaje

Partiendo del mecanismo desarrollado por Robotiq, tratado en secciones anteriores, hemos conseguido crear un mecanismo para una garra con un comportamiento alternativo a la de Robotiq. En nuestro caso la garra además de tener un movimiento adaptable de cierre sobre el objeto, posee la capacidad de abrirse sobre el objeto dependiendo de la forma de éste y el punto en el que contacte.

La clave del diseño, aparte del control de la localización de los polos ha sido la inclusión de un cilindro-pistón que puede funcionar como un único elemento, permitiendo que la garra trabaje como un cuadrilátero articulado.

El pistón alojado en el cilindro limita con este mediante dos resortes de compresión que mantienen al pistón en una posición estática respecto al cilindro, hasta que la garra entra en contacto con el objeto, es entonces cuando los resortes permiten cierto movimiento y se produce el movimiento con dos grados de libertad.

5.2- CREACIÓN DEL MODELO 3D

A continuación se mostrará el proceso de realización de un diseño más detallado de la garra y su posterior simulación, mediante las diversas aplicaciones que nos ofrece la plataforma 3DEXPERIENCE.

El objetivo de esta sección no es modelar una garra que sea totalmente funcional y con posibilidades de ser construida. El objetivo es modelar una garra suficientemente aproximada al producto final, con el fin de realizar una simulación cinemática para corroborar que el funcionamiento es el esperado.

El proceso a realizar se organiza de la siguiente manera:

- 1- Modelado de las partes
- 2- Ensamblaje de las partes modeladas
- 3- Creación del mecanismo y restricciones

Modelado de las partes

- “Part design”

En esta fase del proyecto utilizaremos la aplicación de la plataforma denominada “Part Design”, que pertenece a la marca CATIA.

Esta aplicación hace posible diseñar partes mecánicas en 3D de forma precisa con una interfaz flexible e intuitiva, mediante métodos que van desde la creación de esbozos en 2D hasta el detallado diseño iterativo. Esta aplicación te permite adaptarte a los diferentes requerimientos que necesite la pieza a diseñar, adaptándose a un amplio rango en lo que se refiere a niveles de complejidad.

Los diseños realizados a través de esta aplicación pueden utilizarse en cooperación con otras aplicaciones pertenecientes a la plataforma,

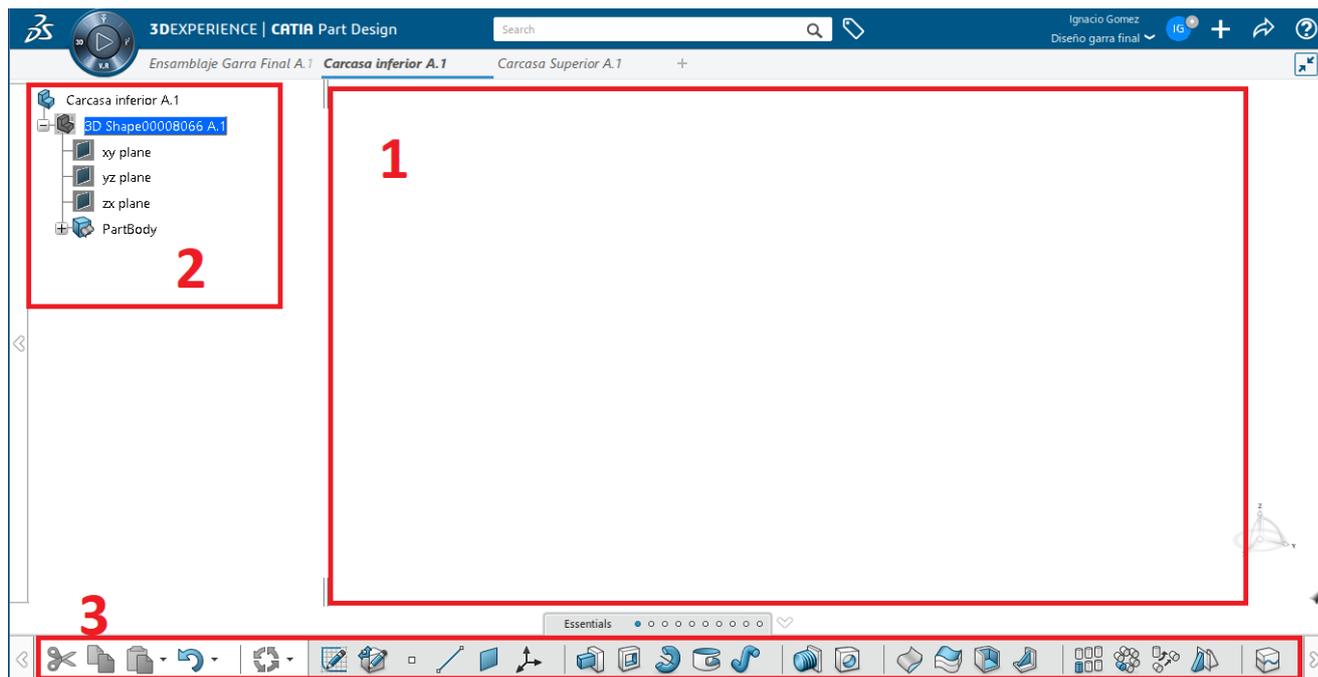


Figura 45 Interfaz part design

En la figura superior se muestra una imagen de la aplicación “Part Design”. Cuya interfaz se organiza a grandes rasgos en las tres zonas diferenciadas.

- 1- Espacio de trabajo
- 2- Organización en árbol de la estructura del producto
- 3- Panel de herramientas

Dentro de la variedad de herramientas que ofrece la aplicación, a continuación se comentarán las que han tenido mayor relevancia durante el desarrollo del proyecto.



Figura 46 Barra de herramientas Part Design

Sketch



Figura 47 Sketch

La herramienta “sketch” (esbozo) se utiliza para crear una representación en 2D de una pieza para su posterior transformación en 3D mediante el uso de una extrusión,

revolución o barrido. Es el comienzo de todas las piezas realizadas a lo largo del proyecto.

Extrusión, Revolución y barrido



Figura 48 Extrusión, Revolución y Barrido

Mediante estas tres herramientas, partiendo del esbozo desarrollado por la herramienta “sketch”, éste pasa de tener dos dimensiones a tres bien sea por el método de extrusión del plano, revolución alrededor de un eje o barrido a lo largo de una línea continua. Se podría resumir este tipo de herramientas, como herramientas para la adición de material.

Hueco y ranura



Figura 49 Hueco y ranura

Si las anteriores fueron consideradas como herramientas de adición de material, estas podrían considerarse como herramientas de supresión de material. Creando un hueco a partir de un plano y una dirección o una ranura por medio de una revolución alrededor de un eje.

- Modelado

Modelado de la parte de la pinza que hace contacto directo con el objeto:

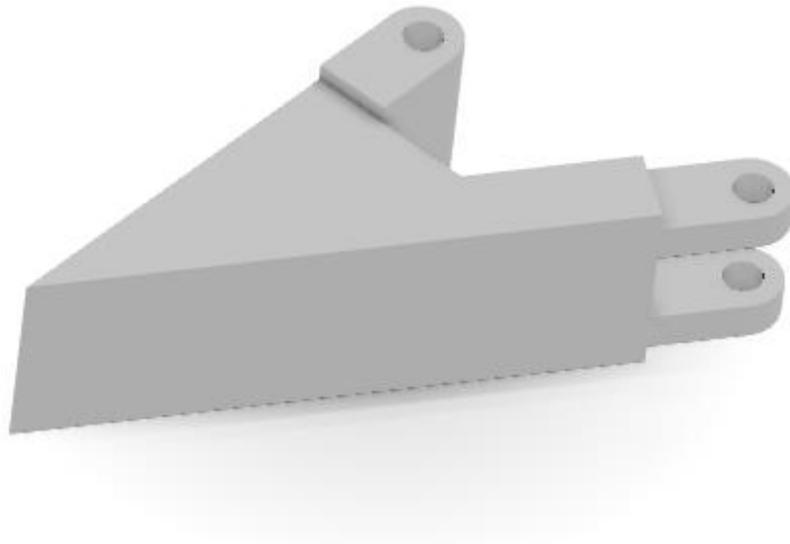


Figura 50 Pinza I

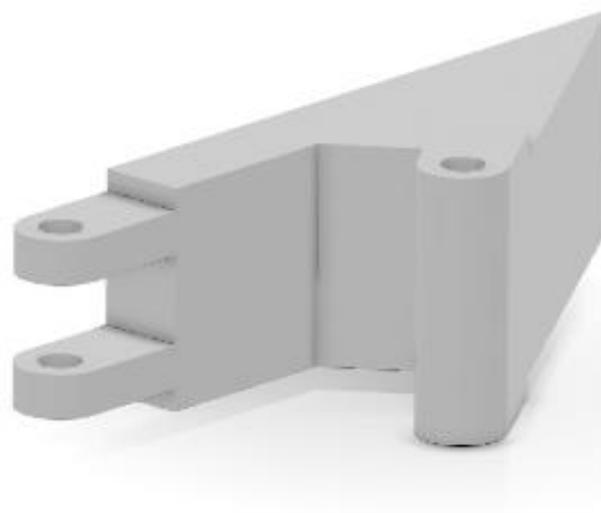


Figura 51 Pinza II

Modelado del cilindro que alojará al pistón y los muelles:

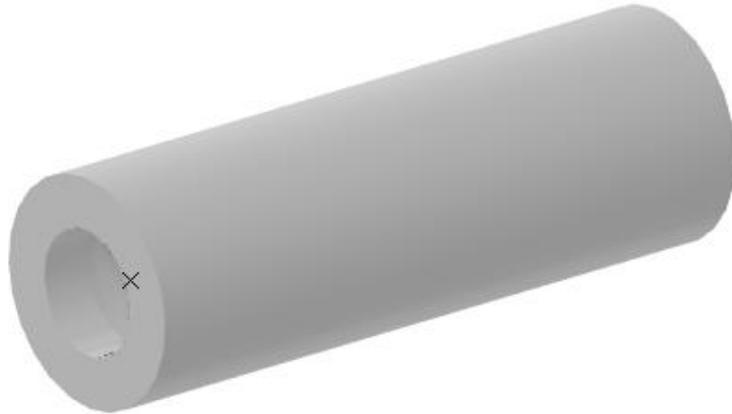


Figura 52 Cilindro I



Figura 53 Cilindro II

Modelado del pistón:

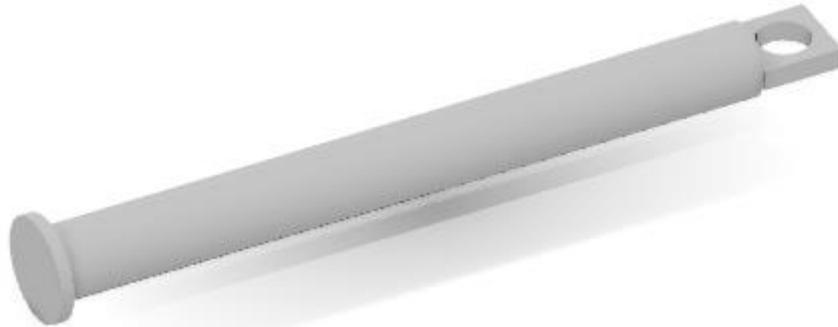


Figura 54 Pistón

Modelado del par perteneciente al eslabón pistón cilindro:

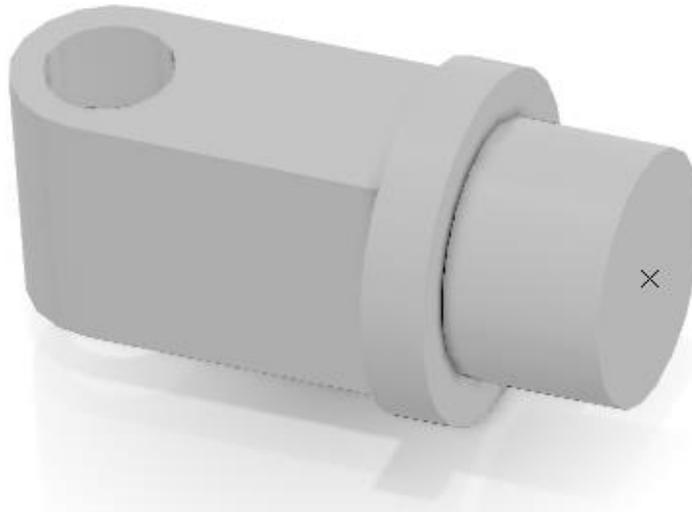


Figura 55 Par de unión

Modelado de uno de los brazos de la pinza:



Figura 56 Brazo

Modelado de la pieza que transforma el movimiento rotatorio del motor en movimiento lineal:

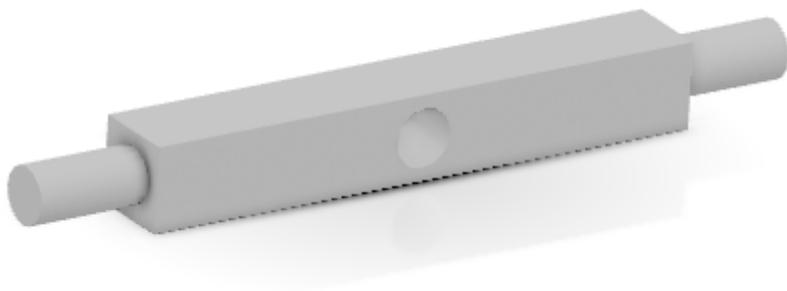


Figura 57 Prima-Tuerca

Modelado de uno de los brazos que conecta las pinzas con la pieza que transforma el movimiento rotatorio del motor en lineal.



Figura 58 Brazo II

Carcasa inferior:

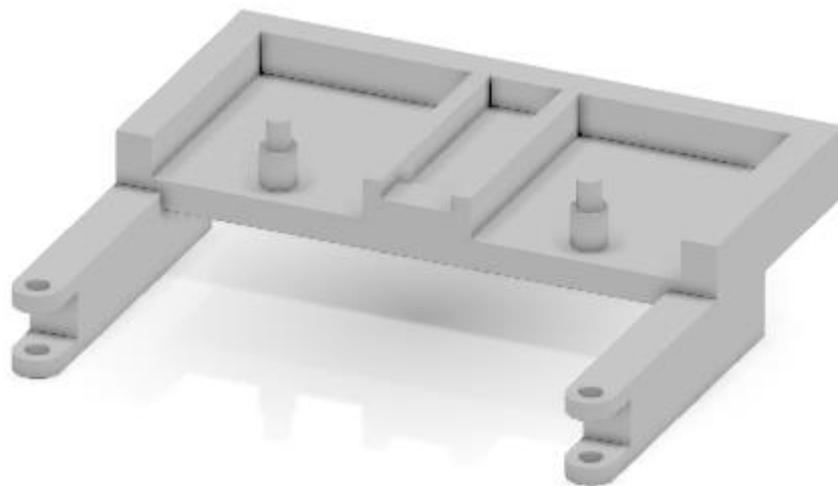


Figura 59 Carcasa inferior

Carcasa superior:

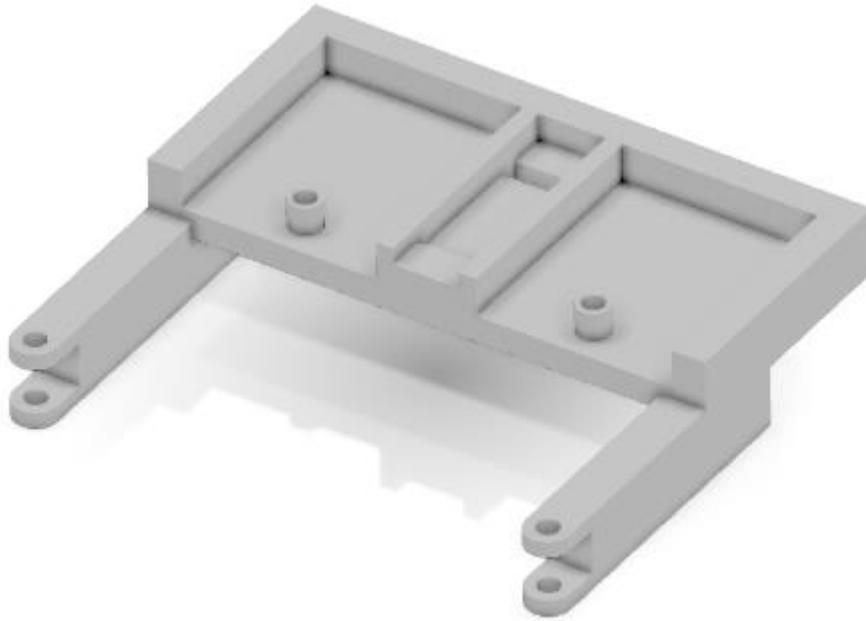


Figura 60 Carcasa superior

Ensamblaje de las partes

- Assembly Design

Para esta segunda fase, dedicada al ensamblaje de las partes modeladas, utilizaremos la aplicación denominada “Assembly Design”. Ésta aplicación permite el diseño de ensamblajes mediante una interfaz flexible e intuitiva.



Figura 61 Barra de herramientas Assembly Design

Para realizar el ensamblaje hay que tener en cuenta el tipo de movimiento que tiene cada parte de la garra con respecto a las otras partes. Para ellos se utilizan las siguientes herramientas.

Engineering connection



Figura 62 Enigneering Conection

Mediante esta herramienta seleccionamos el tipo de unión que existe entre los elementos de la garra. Durante la realización del ensamblaje únicamente hemos necesitado de esta herramienta, aunque la aplicación dispone de una gran variedad.

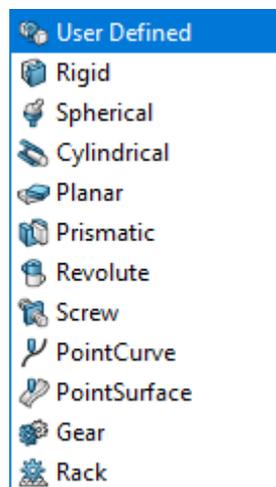


Figura 63 Tipos de pares

Dándote la posibilidad de elegir entre gran variedad de pares.

- Ensamblaje

El proceso de ensamblaje realizado se mostrará a continuación:

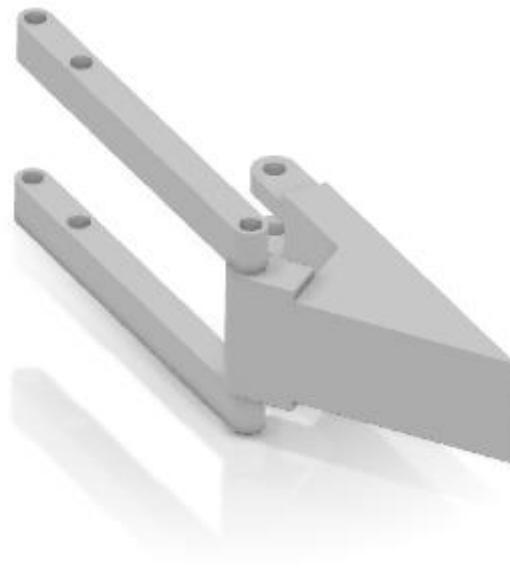


Figura 64 Ensamblaje pinza-brazos

En primer lugar, mediante un par de revolución se unen la parte de la garra que contacta con el objeto a sujetar y los brazos que transmiten el par motor a dicha parte.

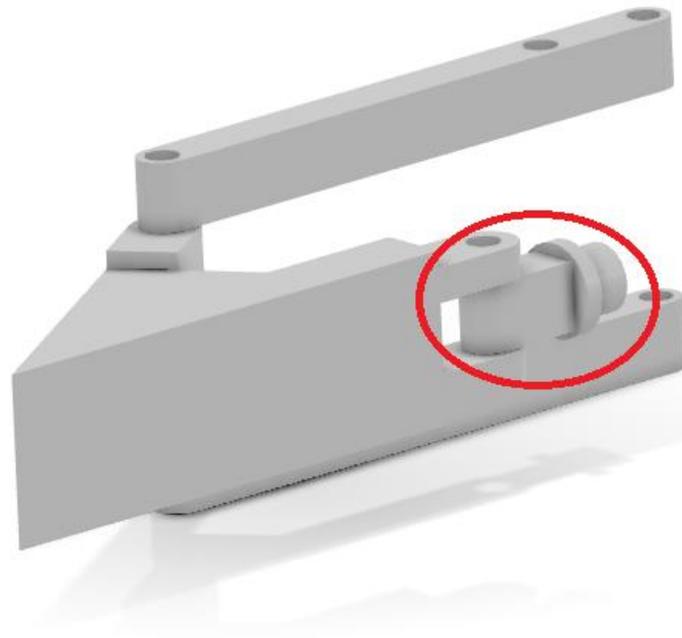


Figura 65 Ensamblaje pinza-par de unión

A continuación, mediante otro par R ensamblamos la pieza remarcada en la imagen, a la que denominaremos par de unión, la cual se encarga de unir la garra y el cilindro.

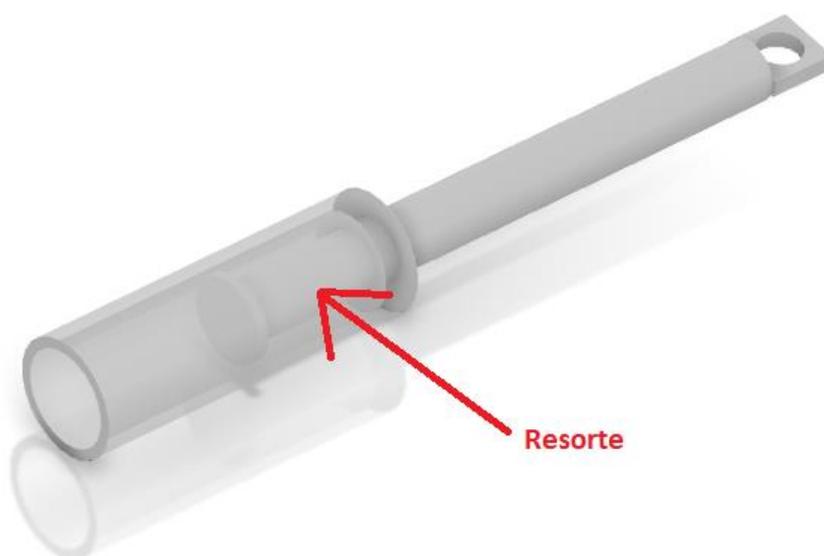


Figura 66 Ensamblaje cilindro-pistón

De manera independiente ensamblamos el pistón y el cilindro, introduciendo un resorte en el espacio indicado, entre el pistón y el cilindro.

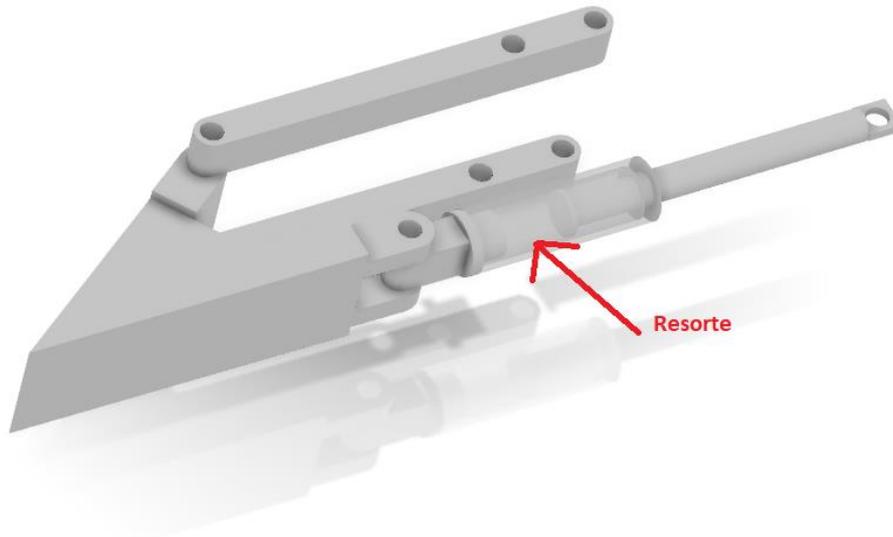


Figura 67 Ensamblaje cilindro-pinza

Una vez ensamblado el conjunto pistón-cilindro como se mencionó anteriormente, se unen los dos conjuntos creados independientemente, instalando un segundo resorte en el espacio situado entre el pistón y el par de unión.

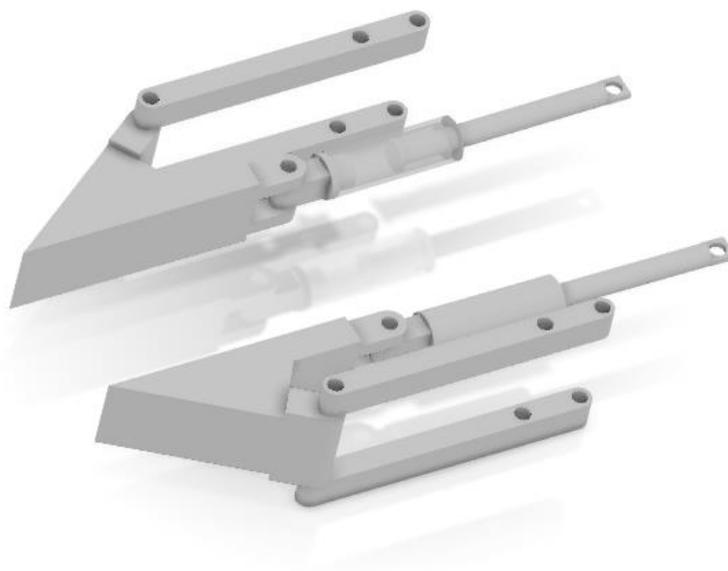


Figura 68 Simetría pinza

En la figura anterior observamos un segundo conjunto simétrico al anterior que viene a ser el segundo dedo de la garra.

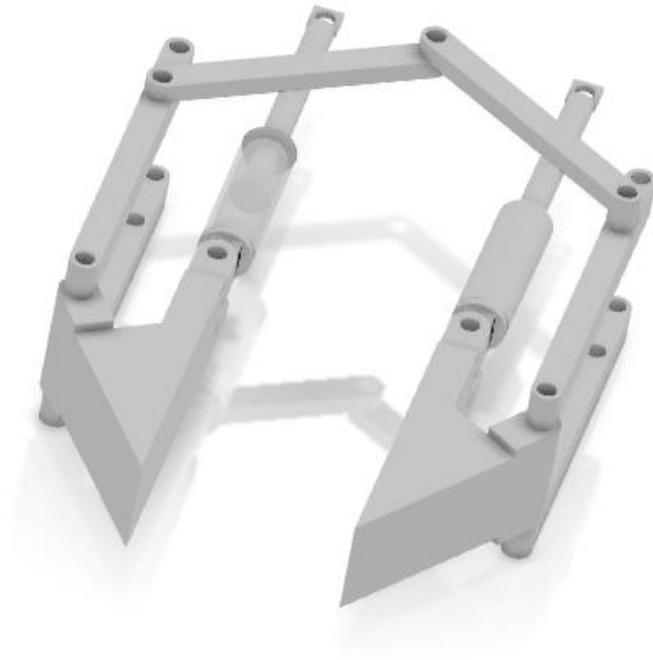


Figura 69 Ensamblaje dedos

El paso siguiente es mediante tres pares R y dos eslabones unir ambos dedos, para posteriormente transmitir el movimiento a ambos por igual.

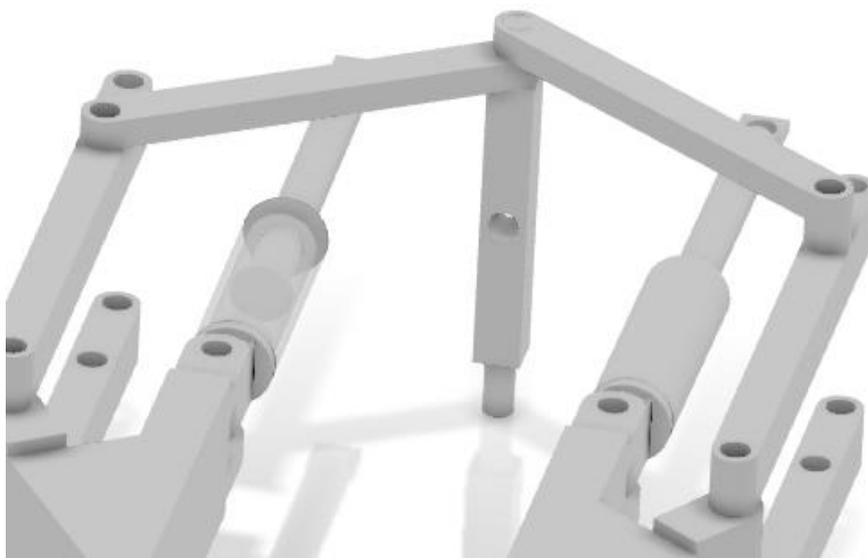


Figura 70 Ensamblaje garra-tuerca

Posteriormente en el punto de unión de ambos eslabones introducimos un prisma que se encargará de transmitir el movimiento a la garra desde el motor mediante un mecanismo de tornillo sin fin.

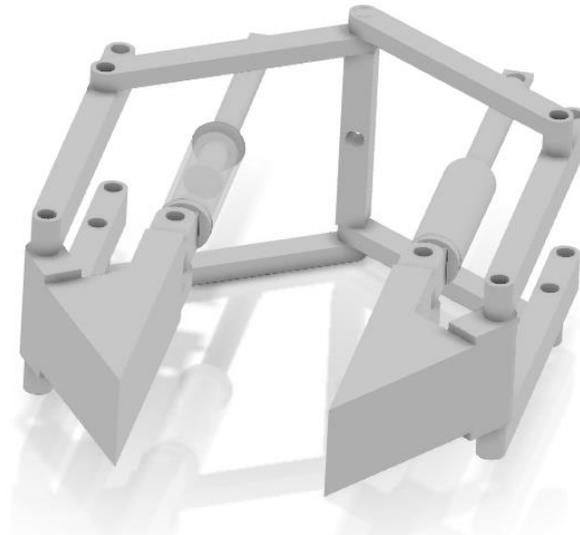
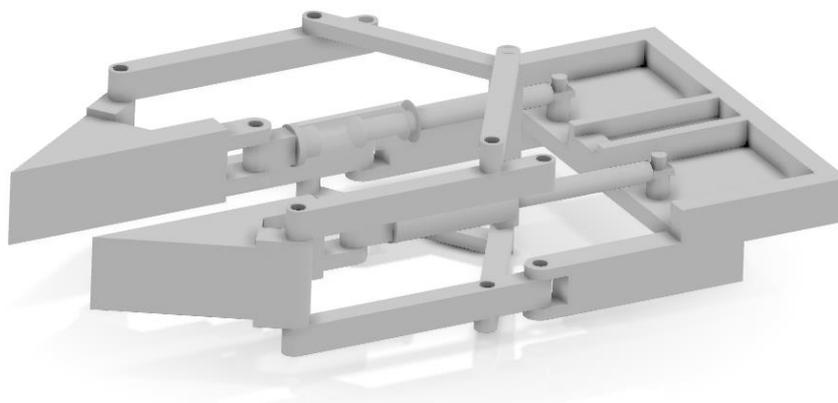


Figura 71 Ensamblaje dedos II

Añadimos un par de eslabones más de la misma forma que los anteriores, mediante tres pares de revolución, e introduciendo el prisma en el punto de unión de ambos eslabones.



II

Figura 72 Ensamblaje carcasa inferior

El siguiente paso es darle al conjunto creado una parte fija, dicha labor será cubierta por la carcasa. Podemos ver como la carcasa inferior mediante dos pares R para cada uno de los dedos se une a la carcasa.

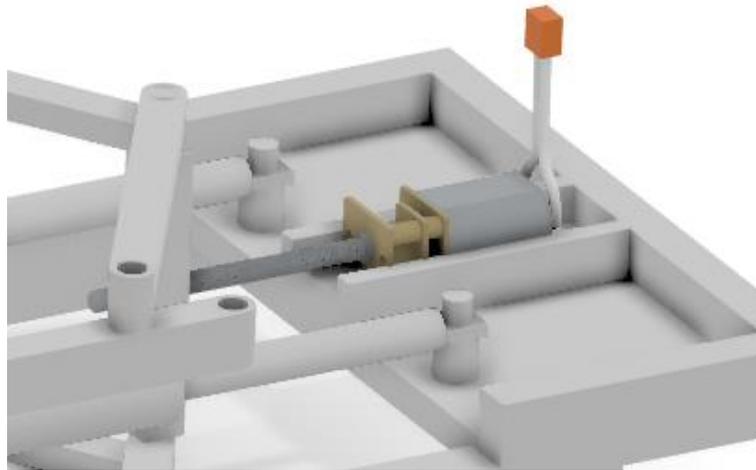


Figura 73 Posición del motor

La siguiente fase del ensamblaje es introducir el motor en el hueco creado en la carcasa específicamente para él, introduciendo el tornillo por el agujero roscado del prisma. De esta forma se transmite el movimiento a los dos dedos de la misma forma, mediante el uso de un mecanismo de tornillo sin fin.

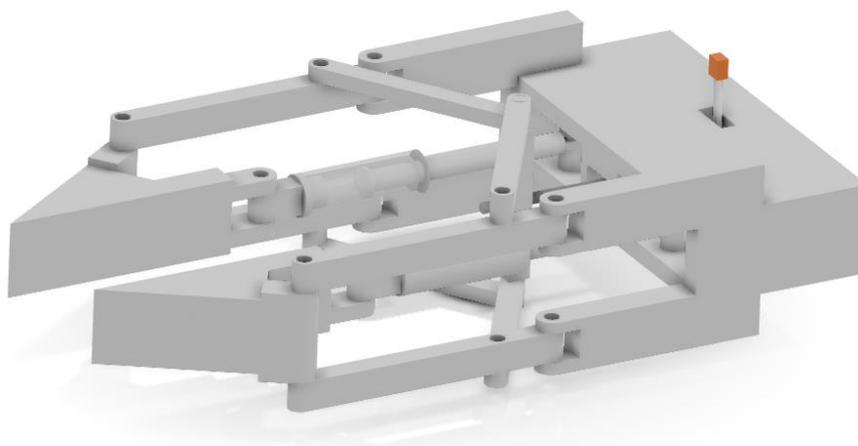


Figura 74 Ensamblaje carcasa superior

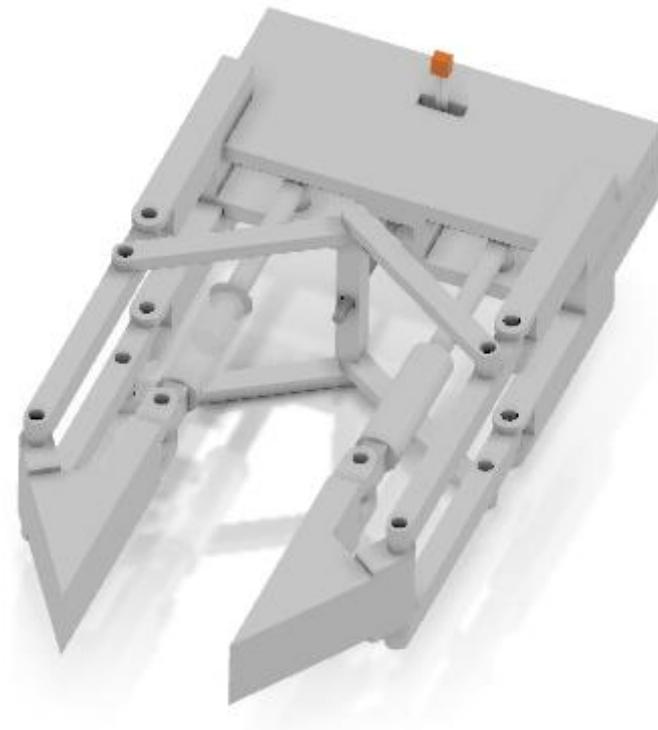


Figura 75 Ensamblado final

Finalmente se sitúa la carcasa superior sobre la inferior, encajando la una sobre la otra y finalizando el ensamblaje del conjunto.

Creación del mecanismo

- Mechanical System Design

La aplicación ofrecida por Dassault Systèmes para el diseño de sistemas mecánicos (Mechanical System Design), alojada dentro de la marca CATIA, integra todos los procesos usados para definir un producto, facilitando la identificación de fallos potenciales en el diseño del mecanismo. Supone una integración del diseño, una

simulación realista y la introducción de procesos de manufacturación. Esta aplicación supone una unión entre varias disciplinas, optimizando así el diseño para una mejor calidad y actuación del producto. Esta aplicación permite a los diseñadores manipular directamente las conexiones entre las entidades lógicas y la geometría virtual, representando al producto físico final.



Figura 76 Barra de herramientas Mechanical System Design

Mechanism Representation (Representación mecánica)



Figura 77 Mechanism Representation

Mediante esta herramienta, partiendo de un conjunto de piezas ensambladas y restringidas correctamente, se selecciona dicha aplicación, que lo que hace es considerar a dicho conjunto como un mecanismo. Esto nos servirá para su posterior simulación a través de la aplicación “Mechanical System Experience”.

Contact (Contacto)



Figura 78 Contact

A través de esta herramienta podemos gestionar que objetos del ensamblaje queremos que puedan ejercer una fuerza el uno sobre el otro a la hora de darse un contacto durante la simulación. Por ejemplo, entre el objeto de prueba y la pinza deberemos añadir un contacto, para que podamos simular correctamente la interacción con el objeto.

6- RESULTADOS

6.1- INTRODUCCIÓN

Una vez se ha creado un mecanismo el cual cumpla las condiciones para ser simulado pasamos a la última fase del proyecto.

En este apartado mostraremos los resultados de la simulación cinemática realizada con la ayuda de la plataforma, concretamente mediante el uso de la aplicación “Mechanical System Experience”.

La simulación se realizará con el objetivo de mostrar como el mecanismo diseñado e implantado en un diseño que se aproxima al producto final realmente cumple con las condiciones de adaptabilidad en el agarre. Para ello utilizaremos varias piezas de prueba de diferentes formas que obliguen a la garra a comportarse de las tres maneras que predijimos; cerrándose sobre el objeto, realizando un agarre paralelo y abriéndose sobre el objeto.

6.2- SIMULACIÓN

- Mechanical System Experience

Es el nombre de la aplicación que usaremos para la realización de la simulación de la garra. Una vez creado el mecanismo a través de “Mechanical System Design” lo introducimos en esta otra aplicación.

Velocity Law Excitation

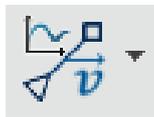


Figura 79 Excitación a velocidad constante

Utilizamos esta herramienta para añadir una excitación a velocidad constante. En lugar de añadirla al motor lo hacemos directamente a la tuerca que movería el motor, dotándola de una velocidad lineal, que se convertirá en un movimiento de rotación para las pinzas.

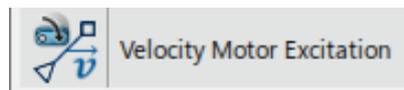


Figura 80 Velocity Motor Excitation

Seleccionamos del panel desplegable esta segunda herramienta, que como mencionamos antes dotará a la garra de un movimiento a velocidad constante. Le damos una velocidad lineal de 0,01 m/s, para que el desplazamiento sea suficientemente lento como para poder observar cómodamente el movimiento de la garra.

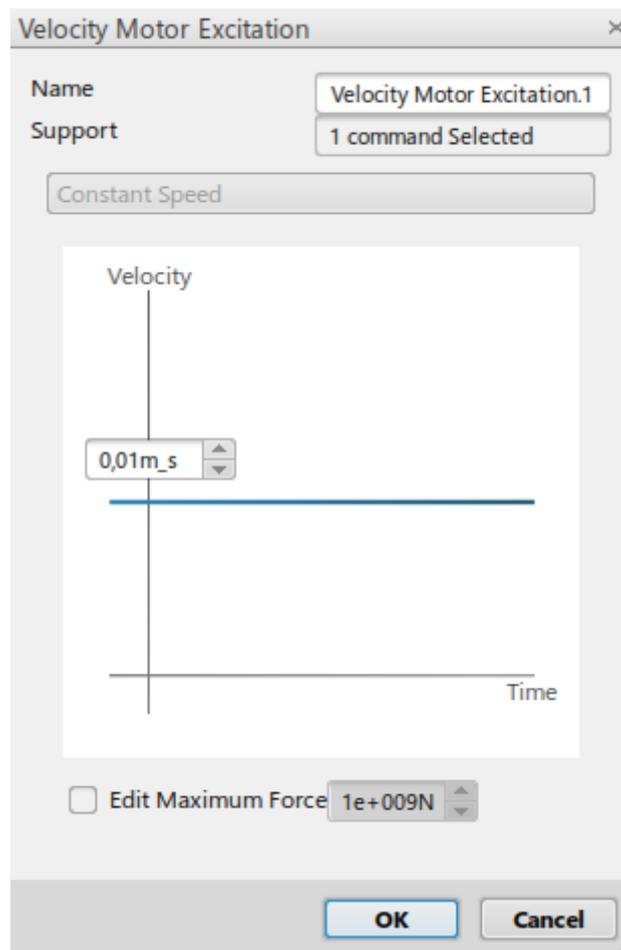


Figura 81 Panel motor de velocidad constante

Dynamics Scenario (Escenario dinámico)



Figura 82 Dynamics Scenario

Mediante esta herramienta comenzamos la simulación, que tendrá en cuenta las restricciones de los elementos de la garra y los contactos introducidos previamente. Esta parte será la única que se pueda englobar dentro del campo de la dinámica en este proyecto, esto es debido a que el programa está realizando una simulación dinámica al tener en cuenta las fuerzas de reacción en el contacto con el objeto de prueba.

- Muestra de la simulación

En la figura adjunta observamos una muestra del comportamiento de la garra cuando ésta se cierra sobre el objeto, de esta manera si fuera necesario la garra posee la capacidad de sujetar objetos de formas extrañas de una forma más segura. Se ha utilizado un objeto con forma cilíndrica debido a que son los más susceptibles a la hora de que el agarre de la garra se cierre sobre ellos.

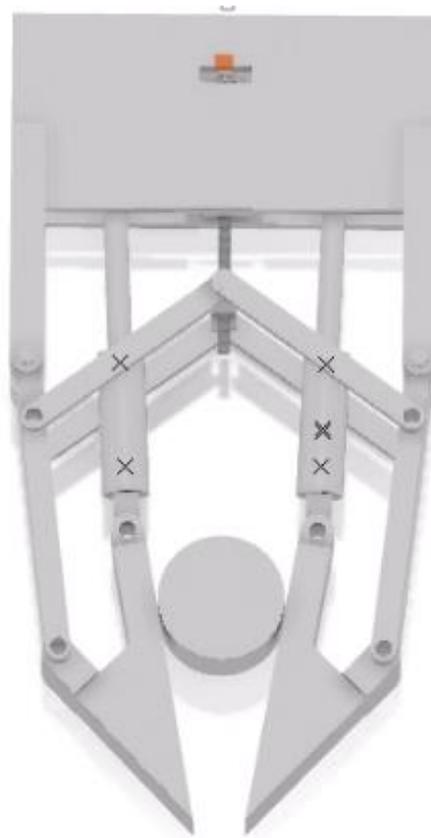


Figura 83 Simulación cierre garra

Esta segunda simulación está realizada sobre un prisma rectangular, el motivo de la elección de dicha forma es que al ser sus caras paralelas, las pinzas de la garra entraran en contacto simultáneo con gran parte de su superficie, no solo un punto.

Al entrar en contacto todo el área y no un único punto no se produce un desplazamiento del polo, por lo que el agarre es paralelo, que es el tipo de agarre que más beneficia a un objeto de este tipo ya que el área de contacto es el mayor posible.

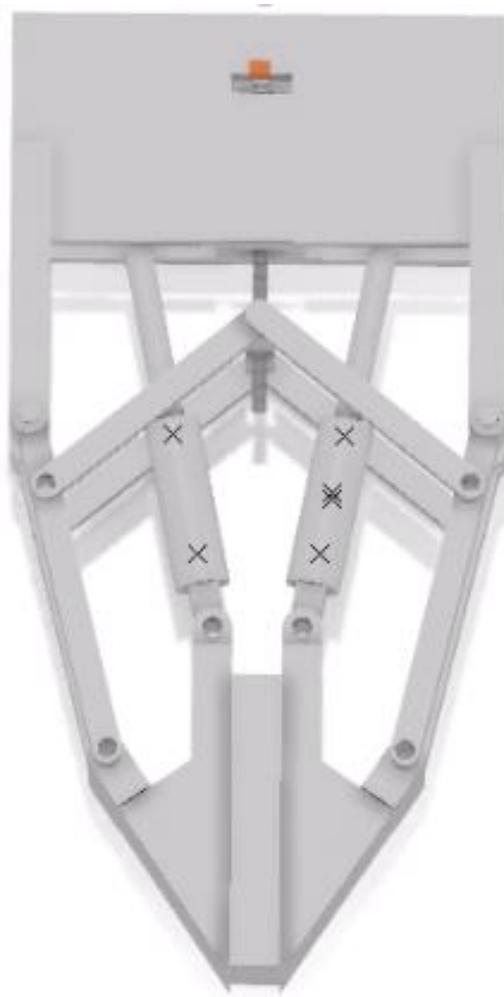


Figura 84 Simulación garra en paralelo

Para esta última simulación hemos utilizado como objeto de prueba una pieza de forma trapezoidal, el motivo de esto es que para un agarre de tipo abierto son las que ofrecen una mayor superficie de contacto con la garra, dotando así al agarre de una mayor fricción.



Figura 85 Simulación apertura de garra

Observamos en las tres simulaciones que el comportamiento de la garra es el esperado, adaptándose a los diferentes objetos de prueba utilizados.

7- CONCLUSIONES

7.1- INTRODUCCIÓN

Dado el objetivo del proyecto cabe realizar dos conclusiones diferenciadas. Una de ellas sobre la plataforma 3DEXPERIENCE cuyo análisis es parte de dicho objetivo y la otra sobre la garra robótica diseñada mediante la plataforma y que aparte de permitirnos fijar un proyecto para trabajar con la plataforma tiene un interés propio.

7.2- GARRA ROBÓTICA

A lo largo de este proyecto hemos mostrado el proceso de desarrollo del mecanismo de una garra robótica que consideramos novedoso. Esta novedad se basa en el control de la posición de los polos durante el diseño, esta localización permite adoptar diferentes configuraciones en función de donde se sitúe la fuerza resistente. Obteniendo así un agarre totalmente adaptable, mediante el uso de un único actuador.

Cabe destacar la importancia que ha supuesto el análisis cinemático de los polos del mecanismo a la hora de entender el funcionamiento de la garra 2-Finger de Robotiq, principal fuente de inspiración para la creación de nuestro mecanismo, y a la hora de poder desarrollar un mecanismo original.

Los progresos realizados a lo largo de este proyecto llegan hasta el punto de una simulación cinemática de la garra, sin tener en cuenta velocidad ni aceleración, únicamente la posición de los elementos y un modelado aproximado a un producto final, sin llegar a este.

Los siguientes pasos a desarrollar serían; un estudio cinemático en mayor profundidad (cálculo de velocidades y aceleraciones) y un estudio dinámico (posiblemente apoyándonos en la aplicación de elementos finitos que nos ofrece la

plataforma). Posteriormente a dichos análisis se debe ajustar el diseño de la garra para su correcto funcionamiento basándonos en estos.

7.3- 3DEXPERIENCE

Después del trabajo práctico y de investigación realizado sobre la plataforma 3DEXPERIENCE de Dassault Systèmes puedo hacer varias consideraciones.

Sobre el aspecto puramente técnico es una herramienta muy completa, que cubre en su práctica totalidad el desarrollo de un producto, desde su concepción más básica hasta su manufacturación y vida útil.

La utilidad que supone la posibilidad de trabajar en la nube a través de la plataforma de manera colaborativa es para tener en gran consideración. Dassault ha conseguido desarrollar una forma de unir las diferentes partes o etapas involucradas en el desarrollo de un producto, eliminando las barreras existentes entre los diferentes procesos. Esto supone grandes ventajas en lo que se refiere eficiencia, pues se puede hablar sobre un ahorro de tiempo, recursos materiales, flujo de información más eficiente, etc.

En cuanto al futuro que se puede anticipar, el proyecto de Dassault parece que no carece de ambición. El objetivo final sería llegar a la realización de un mundo virtual comparable al real, es decir, llevar la simulación al máximo exponente, consiguiendo así prever los diferentes acontecimientos y poder realizar una comunicación totalmente en 3 Dimensiones.

8- BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0278364913519148>

<https://www.3ds.com>

<https://ipfs.io/ipfs/QmXoyvizjW3WknFiJnKLwHCnL72vedxjQkDDP1mXWo6uco/wiki/>

[nstant centre of rotation.html](#)

<https://ocw.mit.edu> (Dynamics and Control ISpring 2007 Professor Thomas Peacock)

<https://www.brighthubengineering.com>

<https://en.wikipedia.org>

Computer-Aided Design 37 (2005) 931–940

<http://www.catiadesign.org/>

<https://www.cut-the-knot.org/>

Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 24 (2008) 249–257

The International Journal of Robotics Research 2014, Vol. 33(5) 753–767

<http://blog.parker.com/>

Spanish Journal of Agricultural Research 2011 9(4), 1130-1141 ISSN: 1695-971-X

<http://www.machinedesign.com>

<https://www.visualnext.com>

<https://www.linkedin.com>

<https://www.makeblock.es>

<http://beyondplm.com>

<http://www.roboticsbible.com>

Journal of Humanoids, ISSN 1996-7209 DOI: 10.5772/50917

<http://jeanlouis.blanchard.pagesperso-orange.fr>

<https://community.plm.automation.siemens.com>

