



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**Modelado Virtual en un programa de CAD y Simulación
Cinemática en un programa de CAE de los Modelos Lego
Technic LTm 42039-2 y LTm 42030-2.**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

REALIZADO POR

Enrique Clemente Palanca

TUTORIZADO POR

José Luis Oliver Herrero

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



Contenido

-Memoria 7

-Presupuesto 134

Memoria

1- RESUMEN Y OBJETO DEL TRABAJO	7
1.1- Competencias a adquirir	8
2.INTRODUCCIÓN	8
2.1- ¿Que es un modelo LEGO TECHNIC?	8
2.2- ¿Que es un modelo LEGO TECHNIC Virtual?	9
2.3- Utilidad de disponer de modelos LEGO TECHNIC virtuales	9
2.4- Algunos componentes LEGO TECHNIC.....	9
2.5- Maquinas reales y modelos Lego Technic equiparables	10
2.6- Modelos Isogawa Yoshihito	10
2.7- Aplicaciones informáticas	11
3-EMSAMBLAJE DEL MODELO	11
3.1-Presentación y objetivos.....	11
3.2-Proceso de montaje	11
3.2.1-Selección del modelo.....	12
3.2.2. Selección de los componentes.....	12
3.2.3-Estructura y Nomenclatura	12
3.3-Ensamblaje del modelo	13
3.3.1-Relaciones de posición estándar	13
3.3.1.1-Relación de posición Fijo.....	14
3.3.1.2-Relación de posición coincidente	14
3.3.1.3-Relación de posición Paralelo.....	15
3.3.1.4-Relación de posición perpendicular	15
3.3.1.5-Relación de posición tangente.....	15
3.3.1.6- Relación de posición Distancia/Ángulo.	16
3.3.2.-Relaciones de posición avanzadas.....	16
3.3.2.1-Relacion avanzada engranaje	17
3.3.2.2-Relación avanzada Piñón-cremallera	17

4-MODELO CINEMÁTICO AUTO-ALINEADOR	18
4.1-Presentación y objetivos -----	18
4.2-Introducción a los sistemas mecánicos -----	18
4.3-Perspectiva histórica -----	18
4.4-Conceptos básicos. -----	19
4.4.1-Impulsor, seguidor y factor de transmisión.	19
4.4.2-Máquina, mecanismo y otros conceptos	20
4.4.2.1-Cinematica	20
4.5-Diseño: Análisis y Síntesis -----	20
4.6-Pares cinemáticos (Conexiones, Articulaciones, Uniones) -----	21
4.7-Movilidad en mecanismos -----	24
4.7.1-Cálculo de la movilidad en mecanismos planos.....	24
4.7.1-Calculo de la movilidad en mecanismos espaciales.	25
4.7.3-Diagramas cinemáticos. Ejemplos.	25
4.7.4-Analisis cinemático.....	28
4.7.5-Ánalisis dinámico-estático.....	30
4.7.6-Actuadores	31
4.7.7-Grados de libertad inútiles	31
4.7.8-Mecanismos con restricciones en exceso.....	32
4.8-Mecanismos auto-alineadores -----	33
4.9-Modelo Auto Alineador en Solidworks. Aplicación Cosmos Motion -----	33
4.9.1-Presentación de Cosmos Motion	33
4.9.2-Entorno.....	34
4.9.3-Piezas del Mecanismos.....	35
4.9.4-Pares cinemáticos -----	35
4.9.4.1-Revolución.....	35
4.9.4.2-Traslacional.....	36
4.9.4.3-Cilindrico.....	37
4.9.4.4-Esferico.....	38
4.9.4.5-Universal.....	39
4.9.4.6-Tornillo	40
4.9.4.7-Planar.....	41
4.9.4.8-Fijo.....	41
4.9.5-Pares primitivos -----	41

4.9.5.1-En la línea	42
4.9.5.2-En El plano.....	43
4.9.5.3-Orientación.....	44
4.9.5.4-Paralelismo	44
4.9.5.5-Perpendicularidad	45
4.9.6-Engranajes -----	45
4.9.6.1-Engranaje común.....	45
4.9.6.2-Engranaje piñón cremallera	46
4.9.6.3-Engranaje tornillo sin fin.....	46
4.9.6.4-Poleas.....	47
4.9.7-Contacto (CONTACTS) -----	47
4.9.8-Grados de libertad del modelo (GDL)-----	48
5-MODELOS SIMULADOS.....	48
5.1.1-Modelos Isogawa Yoshihito -----	49
5.1.2-Modelos Lego Mindstorms Ev3 -----	51
5.1.2.1-Modelo Lego Mindstorms EV3-0024.....	51
5.1.2.2-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0050	52
5.1.2.3-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0053	52
5.1.2.4-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0069	53
5.1.2.4-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0134	53
5.2-Modelos Simulados para el aprendizaje	54
5.2.1-Modelo Lego Technic 8459_2 -----	54
5.2.2 -Modelo Lego Technic 8862-1 -----	59
5.3-Modelos Seleccionados Cliente	69
5.3.1 -Modelo Lego Technic 42040-1 -----	69
5.3.2 -Modelo Lego Technic 42075-1 -----	78
5.3.3 -Modelo Lego Technic 42039-2 -----	86
5.3.4 -Modelo Lego Technic 42024-1 -----	97
5.3.5 -Modelo Lego Technic 42053-1 -----	106
5.3.4 -Modelo Lego Technic 42030-2 -----	118
6 –Modelos simulados sobre una base.....	131
6.1. Introducción -----	131
6.2. Pasos a seguir para la realización de la simulación-----	132
7 –Aplicaciones reales.....	134
8 –Bibliografía	135



Presupuesto

1.1.Introducción.....	136
1.1. Software -----	136
1.2. Equipo Informático -----	137
1.3. Modelos Lego Technic -----	138
1.3. Modelos Virtuales Lego Technic-----	138
1.4. Resumen -----	139

Memoria

1- RESUMEN Y OBJETO DEL TRABAJO

Este Proyecto sirve para mejorar el uso de las herramientas de diseño, en el diseño de un producto o facilitar la inserción laboral.

Para ello se ha considerado adecuado la utilización de un sistema modular de construcción muy popular de muchos años, y al mismo tiempo de un nivel de realismo elevado debido al equipo de ingenieros que se encargan de crearlos.

El sistema elegido es llamado comercialmente “LEGO TECHNIC”, se puede encontrar en cualquier juguetería modelos comercializados de todo tipo.

El planteamiento utilizado ha sido desarrollado como material docente en las asignaturas que imparte el profesor José Luis Oliver y responsable del proyecto. Este proyecto cuenta de diferentes etapas:

- Lo primero de todo es crear modelos virtuales mediante el programa de CAD Solidworks, a partir de las piezas, con la ayuda de un archivo E-drawings donde se visualiza todos sus componentes en 3D o del manual de instrucciones. Se crearán un conjunto de piezas no mayor de 10 componentes y no tendrán ningún movimiento entre ellas.
- La identificación de los componentes y partes del modelo sirve para la creación del modelo elegido. En la página web virtualtechmodels.com se tiene toda información sobre el modelo elegido. Es importante la identificación adecuada de las piezas ya que forma parte del trabajo.
- Una vez creado las piezas que no pueden contener mayor de 10 componentes, se procede a realizar el ensamblaje en Solidworks. Con las herramientas del Solidworks crearemos un modelo auto-alineado.
- Cuando esta auto-alineado se procederá a la simulación del modelo, con un complemento de Solidworks llamado Cosmos Motion.

- Veremos cómo aplicando las herramientas de este programa CAD se puede asemejar a la realidad.

1.1- Competencias a adquirir

Las competencias a adquirir tras la realización de este TFG son las siguientes:

- Destreza en la utilización del programa de diseño Solidworks.
- Capacidad creativa y desarrollo de nuevos productos.
- Destreza en la redacción, representación, análisis e interpretación de documentación técnica.
- Presentación de proyectos de ingeniería en diseño industrial
- Analizar y resolver problemas de forma efectiva, identificando y definiendo los elementos que lo constituyen.
- Desarrollo de pensamiento crítico de un pensamiento crítico por los fundamentos en los que se asientan las ideas, acciones y juicios, tanto propios como ajeno.

2.INTRODUCCIÓN

2.1- ¿Que es un modelo LEGO TECHNIC?

Lego Technic es el nombre de una línea de productos de la archiconocida firma de juguetes de construcción Lego. Esta línea nació hace ya 40 años y su filosofía es hacer posible la construcción de diseños más complejos y, a un mismo tiempo, impresionantes. Con esta línea de juguetes puedes crear barcos, aviones, coches y todo tipo de diseños de gran realismo y precisión. Ya que estos productos están pensados para quienes quieran subir un nivel de dificultad y realismo con Lego.



Fig1: Modelo Lego Technic McLaren Senna GTR 42123

2.2- ¿Que es un modelo LEGO TECHNIC Virtual?

Con el modelo virtual los componentes son virtuales y se siguen las mismas instrucciones de montaje que de un modelo físico. Se identifican cuáles son los

componentes que se van a necesitar y procedemos a la compactación, a partir de un programa Cad en este caso Solidworks.



Fig.3-Componentes Lego Technic virtuales

2.3- Utilidad de disponer de modelos LEGO TECHNIC virtuales

En el diseño de mecanismo se lleva a cabo hoy en día con programas informáticos de Cad (Solidworks, Catia, etc.) Para el diseño de estos mecanismos se necesita una formación previa, con los modelos Lego Technic podemos aprender el funcionamiento y el uso como si fueran a escala de los reales. Con este tipo de conocimientos se puede perfeccionar el diseño de mecanismos complejos que tantos productos alberga para un correcto funcionamiento.

2.4- Algunos componentes LEGO TECHNIC

Existen muchos modelos de Lego Technic, pero la característica fundamental que han sido diseñados de una medida estándar y forma para su correcto ensamblaje.

Si queremos descubrir estos componentes, se pueden encontrar en la página web www.peeron.com, donde todos sus componentes están de una imagen real o virtual.

En la página web www.bricklink.com se puede adquirir cualquier modelo Lego Technic o en su página web de Lego.

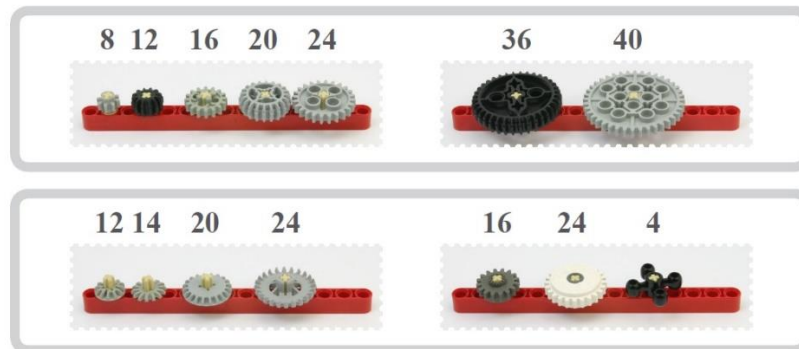


Fig.3-Piezas de los engranajes Lego Technic

2.5- Maquinas reales y modelos Lego Technic equiparables

A lo largo de la historia de lego se han diseñado una multitud de mecanismos y modelos que se asemejan a la realidad. Mediante los componentes lego technic realizados con gran detalle se realizan todo tipo de máquinas y mecanismos.

En las imágenes de la figura 4 podemos observar cómo se ha creado un modelo lego technic a partir de un modelo real, en este caso es una excavadora de la marca Liebherr para minería.



Fig.4 Excavadora real y en Lego Technic

2.6- Modelos Isogawa Yoshihito

Isogawa Yoshihito es un escritor japonés del que podemos encontrar varios libros donde expone y explica de manera sencilla los modelos mecánicos creados a partir de componentes Lego Technic. Para este tipo de proyecto hemos utilizado el libro suyo llamado Tora no Maki, donde podemos encontrar

componentes y dimensiones de engranajes estándar, poleas y otros componentes.

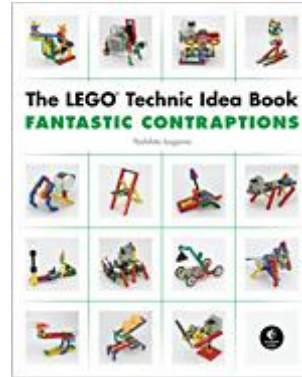


Fig.5 Libro Tora no Maki de Isogawa

2.7- Aplicaciones informáticas

Para la realización de este proyecto el programa de diseño utilizado para la creación de los modelos virtuales Lego Technic es Solidworks. Para la creación y aplicación de restricciones es la versión Solidworks 2007 y para la simulación la versión Solidworks 2019, la simulación se crea en cosmos motion.

3-EMSAMBLAJE DEL MODELO

3.1-Presentación y objetivos

En este apartado constituye la creación del modelo de manera virtual.

Lo primero es saber qué modelo se quiere ensamblar y una vez tenemos que modelo queremos, procederemos a la identificación de los componentes.

Con la ayuda del manual de instrucciones o un archivo de ensamblaje E-drawings empezaremos con el proceso de ensamblaje definiendo las relaciones de posición entre ellas.

El objetivo es obtener un modelo Lego Technic virtual y comprobar el movimiento del mecanismo, que se consigue con la ayuda del entorno de trabajo de Solidworks 2007.

3.2-Proceso de montaje

Para la realización del proceso de montaje se seguirán los siguientes pasos, independientemente del modelo que se pretenda hacer.

3.2.1-Selección del modelo

Lo primero de todo se sigue un proceso de aprendizaje comenzando con mecanismos simples de Isowaga Yoshihito, después se empezará en la construcción de modelos LEGO Technic más complejos.

Este inicio permitirá la familiarización progresiva en el entorno de trabajo de solidworks, con el tutor del proyecto y el alumno elegirán los modelos que más convenga o gusten para empezar a su ensamblaje.

3.2.2. Selección de los componentes

Una vez tenemos el modelo elegido, el siguiente paso es seleccionar los componentes necesarios para su correcto montaje.

En las páginas web www.lego.com y otras como www.bricklink.com o www.peeron.com , se utiliza la misma nomenclatura y numeración para facilitar el montaje.

Una vez seleccionados los componentes que van a formar parte del modelo se cambia el color de cada componente, esto es sencillo desde solidworks cambiando la apariencia de cada pieza.

3.2.3-Estructura y Nomenclatura

Una vez elegido los componentes se estudia el modelo para poder estructurarlo en bloques de 10 piezas como máximo, que no tengan movimiento entre ellos.

Para el ensamblaje es importante seguir una estructura de proceso de forma reglada y común. Para tal caso, se utilizará la siguiente estructura en los ensamblajes:

-Modelo completo, es el archivo principal donde se ubican todas las piezas ensambladas del modelo.

vLTm_XXXX-X_2019

Nomenclatura del modelo

Ejemplo:

vLTm_42040-1_2020

-Conjunto de piezas, es el archivo donde se ubica una pieza formada por un conjunto de componentes. Donde tiene que tener un máximo de 10 componentes. Solo se usan los dos últimos números para subconjuntos de piezas.

vLTm_XXXX-X_part-xxxxx_2020

Nomenclatura del subconjunto de la pieza del modelo

Ejemplo:

vLTm_42040-1_part-01007_2020 (Donde nos dice que es el modelo 42040-1 la pieza número 10 y el subconjunto 7).

3.3-Ensamblaje del modelo

Siguiendo la nomenclatura y estructura anteriormente dicha, se procede a crear las piezas con los componentes correspondientes, que más tarde configuraran el modelo utilizando las restricciones que unen unos con otros.

Las restricciones se crean las necesarias para poder unir un componente con otro para definir las piezas, luego se hará lo mismo para conectar las piezas entre si dentro del modelo.

En solidworks existe diferentes restricciones para utilizar: relaciones estándar y relaciones de posición avanzada. Este sistema o procedimiento de relacionar las piezas ayuda a estructurar el modelo y ver el funcionamiento del mismo.

3.3.1-Relaciones de posición estándar

Una de la herramienta que tiene solidworks son las relaciones de posición estándar que unen las los componentes y las piezas entre sí.

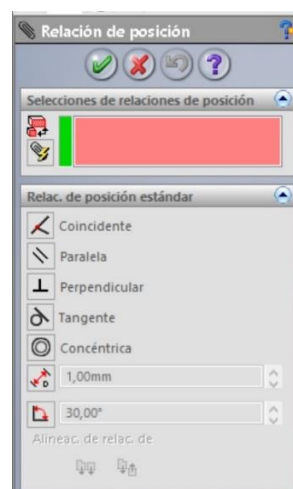


Fig.6.Todas las relaciones de posición estándar

3.3.1.1-Relación de posición Fijo

Antes de empezar es necesario que el primer componente o pieza sea fijo, ya que esta será la base donde se va a empezar a unir, también ayuda y facilita la construcción. La primera pieza o componente coincide con en el centro del eje de coordenadas.

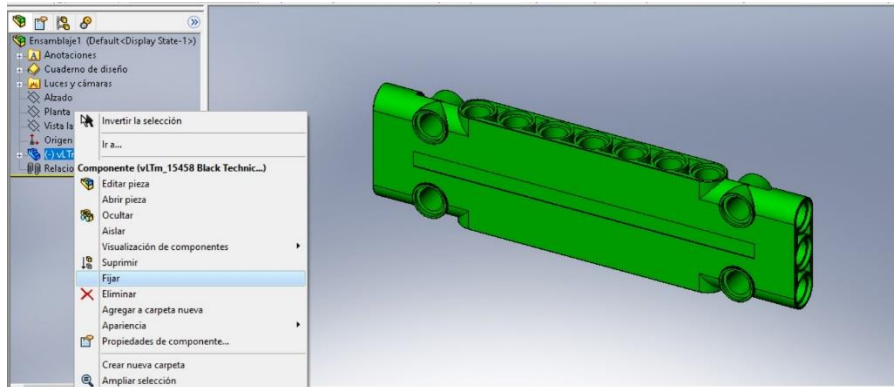


Fig.7.Relación de posición fija

3.3.1.2-Relación de posición coincidente

Esta relación de posición coincidente sirve para unir dos caras, aristas o puntos de diferentes componentes o piezas.

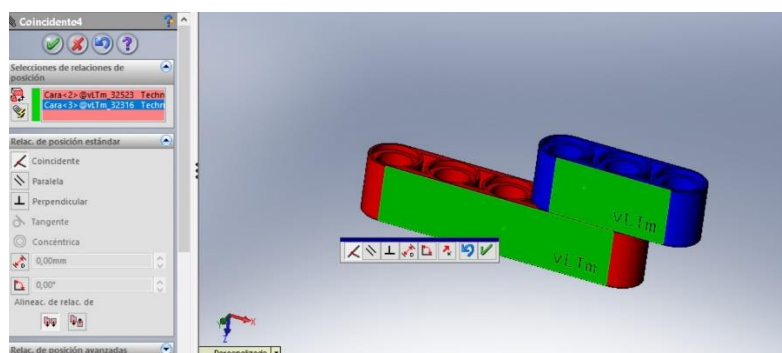


Fig.8.Relación de posición coincidente

3.3.1.3-Relación de posición Paralelo

Relaciona dos caras, superficies, aristas paralelamente.

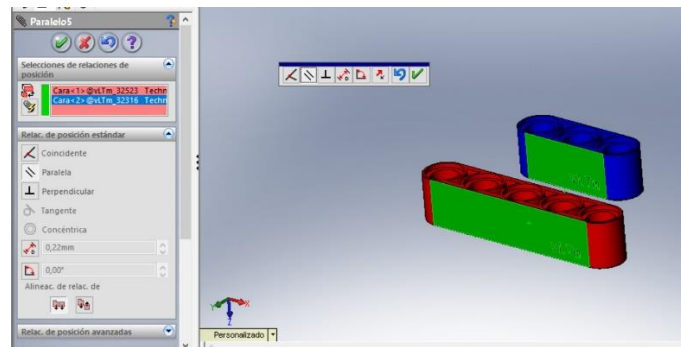


Fig.9 Relación de posición paralela

3.3.1.4-Relación de posición perpendicular

Relaciona dos caras, superficies, aristas en algún punto sin llegar a tocarla.

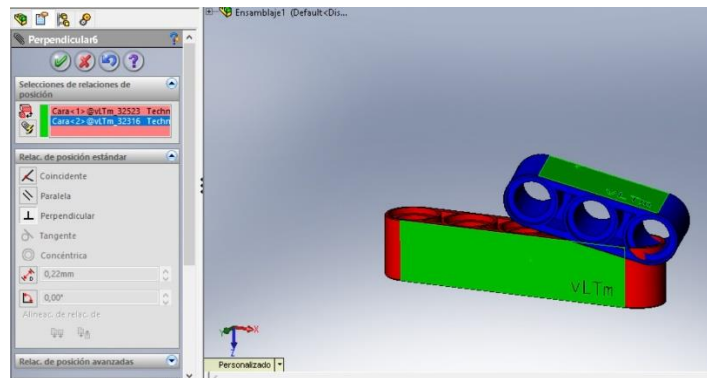


Fig.10 Relación de posición perpendicular

3.3.1.5-Relación de posición tangente

Se utiliza para relacionar 2 componentes que contengan movimiento y una conexión en un punto mínimo entre ellos.

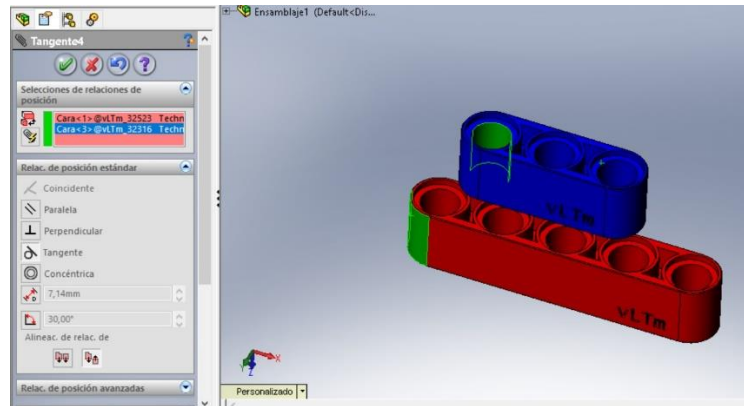


Fig.11 Relación de posición Tangente

3.3.1.6- Relación de posición Distancia/Ángulo.

Se utiliza para relacionar dos componentes se mantengan a una distancia o ángulo.

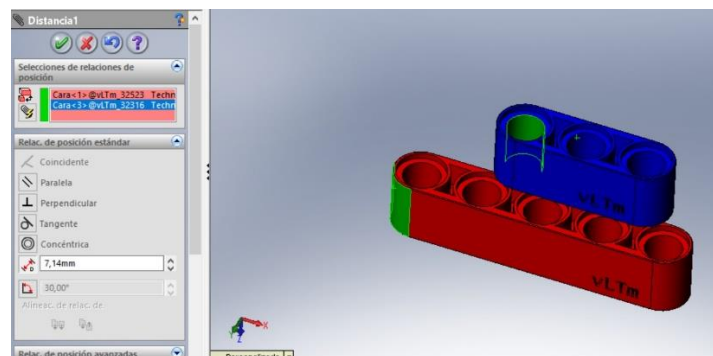


Fig.12 Relación de posición Distancia/Ángulo

3.3.2.-Relaciones de posición avanzadas

Esta herramienta nos permite dar parámetros más especializados, tales como engranajes, piñón-cremallera.

3.3.2.1-Relacion avanzada engranaje

Las relaciones de posición de engranaje obligan a que dos componentes giren en relación mutua sobre los ejes seleccionados, dependiendo de sus dimensiones o número de dientes.

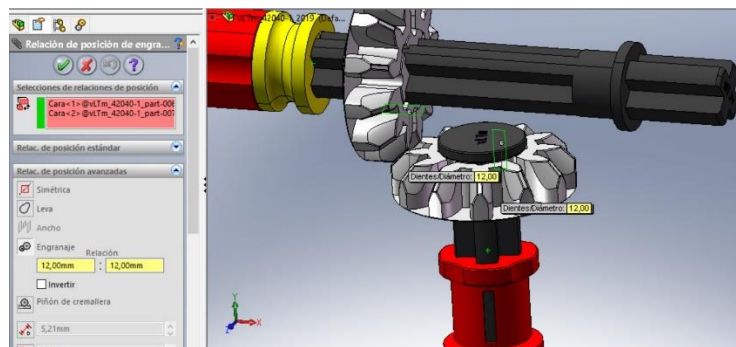


Fig.13 Relación posición engranaje

3.3.2.2-Relación avanzada Piñón-cremallera

Con las relaciones de posición de cremallera y piñón, la traslación lineal de un componente (la cremallera) provoca la rotación circular de otro componente (el piñón) y viceversa.

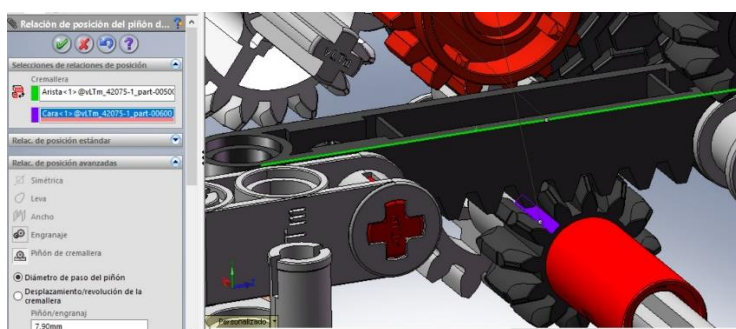


Fig.13 Relación Piñón-cremallera

4-MODELO CINEMÁTICO AUTO-ALINEADOR

4.1-Presentación y objetivos

Ante la imposibilidad de montar un modelo cinemático y auto-alinear en un laboratorio. La solución es realizarlo virtualmente y gracias a esto nos facilita el montaje de máquinas mecánicas que pueden contener todos los posibles elementos a escala real.

El otro objetivo desde el punto de vista del diseño, es mostrar cómo es posible llegar a configurar el modelo cinemático, de tal manera que no existan restricciones.

4.2-Introducción a los sistemas mecánicos

En proceso de diseño de un determinado producto se inicia con el diseño conceptual, preliminar y detallado, después con la ayuda de software especializado para el diseño en 3D.

La llegada de los ordenadores revolucionó la metodología. Actualmente los softwares de diseño son una moderna herramienta que ahorran significativamente tiempo, dinero y esfuerzo antes de la fabricación de piezas, construcción de máquinas y principios de funcionamiento. Se hace indispensable por ello que el participante aprenda a representar, diseñar simular y analizar el funcionamiento partes de máquinas y mecanismos (previa a su fabricación) utilizando softwares especializados de diseño 3D, así como también su evaluación de resistencia a esfuerzos a los cuales son sometidos sus componentes.

4.3-Perspectiva histórica

Un mecanismo es la agrupación de sus componentes que son móviles y se encuentran vinculados entre sí a través de diversas clases de uniones; esto hace que dicha estructura pueda transmitir fuerzas y movimientos. El mecanismo es el encargado de permitir dicha transmisión.

A lo largo de la historia el hombre ha desarrollado instrumentos que le permitiese aumentar su poder de acción, los mecanismos más antiguos

utilizados por el hombre sucedieron en la prehistoria (principalmente eran útiles de madera, piedra y huesos). Ya nos tenemos que remontar al renacimiento para ver grandes diseños de mecanismos creados por el hombre, el gran propulsor de estas máquinas fue Leonardo Da Vinci. Diseñó o mejoró una gran cantidad de artilugios de todo tipo, desde máquinas de guerra hasta objetos de uso cotidiano.

Con la llegada de la revolución industrial en la mitad del siglo XVIII en Gran Bretaña y la máquina de vapor de James Watt revolucionó el diseño de las máquinas, estas máquinas se creaban para funcionar con un solo actuador.

Los desarrollos recientes en tecnología hacen posible que la máquina pueda ponerse en movimiento a partir de un conjunto de múltiples actuadores coordinados electrónicamente, estos desarrollos hacen que las máquinas sean más fáciles de mantener y reparación e influyendo en la calidad de vida de las personas haciendo el trabajo duro, facilitando labores complejas y peligrosas.

Otro gran cambio fue la llegada del uso de ordenadores, ha hecho posible nuevas técnicas en el diseño mecánico.

4.4-Conceptos básicos.

4.4.1-Impulsor, seguidor y factor de transmisión.

Se presentan 3 conceptos que se consideran básicos, como son el concepto de impulsor, seguidor y factor de transmisión de un mecanismo. En este sentido se indica que en casi todos los mecanismos suele existir una pieza con la que se da inicio al movimiento y otra encargada de ejecutar esa tarea. Tales piezas reciben el nombre de impulsor y seguidor. Seguidamente se indica que un parámetro esencial en el análisis de muchos mecanismos es la razón del ángulo girado o distancia recorrida por el seguidor correspondiente magnitud del impulsor, y que tal coeficiente le daremos el nombre de factor de transmisión.

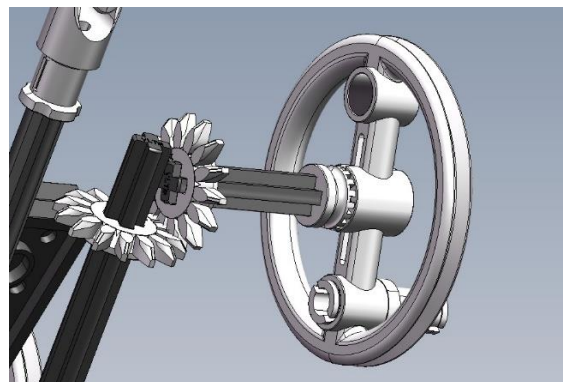


Fig.14.Impulsor y seguidor

4.4.2-Máquina, mecanismo y otros conceptos

Antes de dar los conceptos de máquinas y de mecanismo partiremos diciendo que una máquina es el todo y el mecanismo parte del todo, dicho en otras palabras, en una máquina pueden existir varios mecanismos, mientras que los conjuntos de mecanismos forman una máquina o parte de una máquina con un determinado objetivo.

-La máquina es un dispositivo destinado a transmitir y transformar fuerzas y movimientos y que, en ocasiones, nos permite disminuir el esfuerzo necesario para realizar un trabajo.

-Mecanismos son los elementos de una máquina destinados a transmitir y transformar las fuerzas y movimientos desde un elemento motor, llamado motor a un elemento receptor; permitiendo al ser humano realizar trabajos con mayor comodidad y/o, menor esfuerzo o en menor tiempo.

También se asocian los conceptos de cinemática con mecanismos y el de dinámica con máquinas. Esta separación según Euler es posible cuando cualquier sistema esté constituido por cuerpos rígidos.

4.4.2.1-Cinemática

La cinemática es aquella parte de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo originan. Se ocupa de determinar la trayectoria seguida por un cuerpo, su velocidad, posición y aceleración para poder hacer una descripción completa del movimiento.

4.5-Diseño: Análisis y Síntesis

Para el hombre, la idea de crear dispositivos mecánicos capaces de realizar tareas que superen su capacidad física, siempre ha sido su fascinación. El concepto que resume todo esto es el diseño. Precisamente es el diseño lo que diferencia a la Ingeniería de cualquier otra disciplina.

Para diseñar cualquier mecanismo hay que utilizar dos técnicas el análisis y la síntesis.

SÍNTESIS: Es un proceso sistemático, sin procedimiento de iteración, de seleccionar y organizar varios elementos de la manera apropiada, para generar las soluciones deseadas, halladas desde unas restricciones y requerimientos de funcionamiento.

ANÁLISIS: Es un proceso sistemático para verificar la solución existente.

El diseñador debe asegurar que el mecanismo propuesto o maquina no falle bajo condiciones de operación. De esta manera los esfuerzos en los elementos deben ser mantenidos debajo de los límites permisibles.

4.6-Pares cinemáticos (Conexiones, Articulaciones, Uniones)

Para conectar, unir o ensamblar cualquier mecanismo es preciso utilizar uniones o articulaciones. Para la unión o conexión cinemática debe existir contacto entre dos superficies que se desea unir. Estas Uniones se les llama con el nombre de par cinemático, definimos como par cinemático a elementos que limita unos movimientos y admite otros.

Podemos clasificar los pares cinemáticos en superiores e inferiores y existen otros que es la combinación de los dos llamados compuestos:

-Un **Par inferior** Son aquellos cuya superficie de contacto permite un movimiento relativo entre eslabones conectados entre sí. Generando variables de movimiento, lineales o angulares.


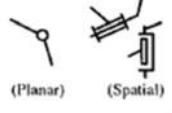
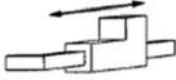
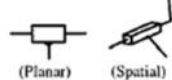
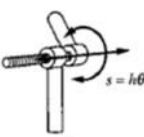




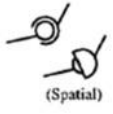
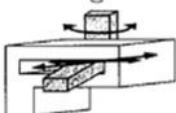

Conectividad (Nº de gdl)	Denominaciones	Símbolo literal	Forma típica	Representación esquemática (Diagrama cinemático)
1	Par Giratorio Articulación de pasador	R		 (Planar) (Spatial)
1	Par prismático Deslizadera Par de deslizamiento	P		 (Planar) (Spatial)
1	Par helicoidal Par de tornillo	H		 (Spatial)
2	Par cilíndrico	C		 (Spatial)
3	Par esférico	S		 (Spatial)
3	Par plano	P _L		 (Spatial)

Fig.15.Pares Cinemáticos inferiores

-Un **Par Superior** es la conexión entre los dos miembros donde tienen lugar un contacto que se presenta en un punto o a lo largo de una línea recta.

Conectividad (Nº de gdl)	Denominación	Forma típica	Comentarios
1	Rodadura sin deslizamiento Rodadura simple		El rodillo gira alrededor de la línea señalada con la flecha en el instante considerado. El rodillo no desliza sobre la superficie sobre la que gira.
2	Par leva Rodadura con deslizamiento		La leva gira y desliza sobre el seguidor.
3	Bola con rodadura sin deslizamiento		La bola gira pero no desliza.
4	Bola dentro de cilindro		La bola puede girar alrededor de cualquier eje que pase por su centro geométrico, y desliza a lo largo del eje del hueco cilíndrico.
5	Contacto puntual espacial		El cuerpo puede girar alrededor de cualquier eje que para por el punto de contacto, y deslizar en cualquier dirección en el plano tangente.

Fig.16.Pares cinemáticos superiores

-**Par Compuesto** son una combinación de los anteriores.

Conectividad (Nº de gdl)	Denominación	Forma típica
1	Cojinete de bolas Cojinete antifricción Cojinete de contacto por rodadura	
2	Junta Universal Junta Hooke Junta Cardan	
1	Deslizadera de rodillos	

Fig.17.Pares compuestos

Los mecanismos son equivalentes cinemáticamente si los movimientos permitidos entre los cuerpos en ambos son los mismos.

Un par cinemático es la unión de elementos que limita unos movimientos y admite otros, se lleva a cabo una designación o clasificación para designar las restricciones, el número de fuerzas o momentos que pueden ser transmitidos por el par.

Clase de par: es el número de movimientos limitados (condiciones de enlace o restricciones) lineales, a lo largo de un eje coordenado dado, o angulares, en torno a un eje de coordenadas dado y lo designaremos en cifras romanas. Este representa el número de fuerzas o momentos que pueden ser transmitidos por el par transmitidos.

Movilidad del par: es la cantidad de movimientos libres, la suma de la clase de par cinemático y de su movilidad es igual a seis.

Clase	1	2	3	4	5	Movili- dad
I		Puntiforme q_z 	De hilo q_z De cinta q_z 	(De área) q_z 	(Lineal) q_z 	5
II	q_x, q_z 	Lineal q_z, M_y 	Anular q_x, q_z 	(Anular) q_z, q_x 	(De banda) q_z, M_y 	4
III'	q_x, q_y, q_z 	Esférico q_x, q_y, q_z 		(Esférico) q_x, q_y, q_z 	(Helicoidal) $q_x, q_z [M_y = f(q_y)]$ 	3
III''	q_z, M_x, M_y 	Plano q_z, M_x, M_y 	Anular con espiga q_x, q_z, M_y 	q_x, q_z, M_y 	(Estriado) q_x, q_z, M_y 	3
IV	q_x, q_z, M_x, M_z 	Cilíndrico q_x, q_z, M_x, M_z 	Esférico con espiga q_x, q_y, q_z, M_y 	De cadena q_x, q_y, q_z, M_y 	(Estria con tope) q_x, q_y, q_z, M_y 	2
V	q_x, q_y, q_z, M_x, M_z 	Giratorio q_x, q_y, q_z, M_x, M_z 	De traslación q_x, q_z, M_x, M_y, M_z 	Helicoidal $q_x, q_z, M_x, M_z [M_y = f(q_y)]$ 	Espirai $q_x, q_z, M_x, M_z [M_y = f(q_y)]$ 	1

Fig.18.Tipos de pares cinemáticos

4.7-Movilidad en mecanismos

Quizá la gran preocupación en el diseño de mecanismos, es el hecho de asegurarse de que, lo que se estableció teóricamente cumpla con los movimientos previamente establecidos una vez fabricado. Para eso es importante conocer la movilidad del mecanismo.

Una propiedad importante en el análisis de mecanismos es el número de grados de libertad del eslabonamiento. El grado de libertad es el número de entradas independientes requeridas para posicionar con exactitud todos los eslabones de un mecanismo con respecto al suelo. Se utiliza el número de grados de libertad de tres formas, la primera es el número de grados de libertad de un cuerpo respecto a un sistema de referencia dado. La segunda será el número de grados de libertad de un par cinemático. La tercera será el número de grados de libertad de un mecanismo.

También se puede definir como en número de actuadores necesarios para operar el mecanismo. Un mecanismo actuador podría ser el movimiento manual de un eslabón hacia otra posición, la conexión de un motor al eje de un eslabón o el empuje del pistón de un cilindro hidráulico. Cuando la configuración de un mecanismo está completamente definida con el posicionamiento de un eslabón, el sistema tiene un grado de libertad. La mayoría de los mecanismos comerciales tienen un grado de libertad. En contraste, los brazos robóticos suelen tener tres grados de libertad o incluso más. Si la movilidad es 0 o valor negativo significa que es una estructura fija sin movimiento.

4.7.1-Cálculo de la movilidad en mecanismos planos.

Un mecanismo plano es aquel en el que todos sus puntos describen curvas planas, y estas se hallan en planos paralelos. En este caso, el movimiento real de todos los puntos del mecanismo puede proyectarse sobre un único plano, permitiendo eliminar una dimensión al analizar el movimiento.

Consideremos un mecanismo plano en el que N son los componentes o cuerpos rígidos, y P son los pares cinemáticos que los conectan entre ellos. La movilidad llamada M y f_i es igual al tipo de par (1-Par inferior y 2-Par superior). Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo:

$$M = 3 * (N - P - 1) * \sum_{i=1}^P f_i$$

Ecuación 1

4.7.1-Calculo de la movilidad en mecanismos espaciales.

En mecanismos espaciales cada cuerpo tiene movimiento libre y tiene seis grados de libertad en lugar de tres. Para el cálculo de estos mecanismos espaciales la ecuación a utilizar recibe el nombre Gruebler:

$$M = 6 * (N - P - 1) * \sum_{i=1}^P f_i$$

Ecuación 2

4.7.3-Diagramas cinemáticos. Ejemplos.

Los diagramas cinemáticos son más fáciles representar las partes de manera esquemática, de modo que solo se muestren las dimensiones que influyen en el movimiento del mecanismo.

Las condiciones más comunes que se usan en la elaboración de los diagramas cinemáticos son:

- Los pares giratorios se representan mediante pequeños círculos y una letra R.
- Los pares prismáticos se representan mediante un pequeño rectángulo o una T insertada en U y con la letra P.
- Los cuerpos binarios, que son los que tienen dos uniones o pares activas con otros cuerpos, se representan mediante líneas que unen los dos pares existentes.
- Los cuerpos ternarios, poseen activas tres uniones o pares con otros cuerpos, se representan mediante triángulos estando situados los pares en sus vértices, y así sucesivamente.
- Se numeran todos los pares y se incluye el tipo de par, los GDL que restringe y los cuerpos que la relaciona.

Se requiere que un diagrama cinemático se dibuje a una escala proporcional con el mecanismo real, sin proporcionar dato alguno de la geometría exacta del mecanismo. Para efectos de identificación, los eslabones se numeran, iniciando con el cuerpo fijo como el eslabón número 1. Para evitar confusión, las uniones se identifican con letras.

En la siguiente figura se representará como identificar los pares, donde i corresponde a la numeración del par, X representa el tipo de par, b y b' identifican a las barras que dicho par une, comenzando de la menor numeración.

i
f_i, X
$b-b'$

Cajetín identificación de pares

De esta forma la realización de pares cinemáticos es fácilmente de reproducir la geometría e identificación de pares. A continuación, se exponen unos ejemplos de los modelos Lego Technic creados durante el proyecto.

Modelo Lego Technic VLTM 8862-1

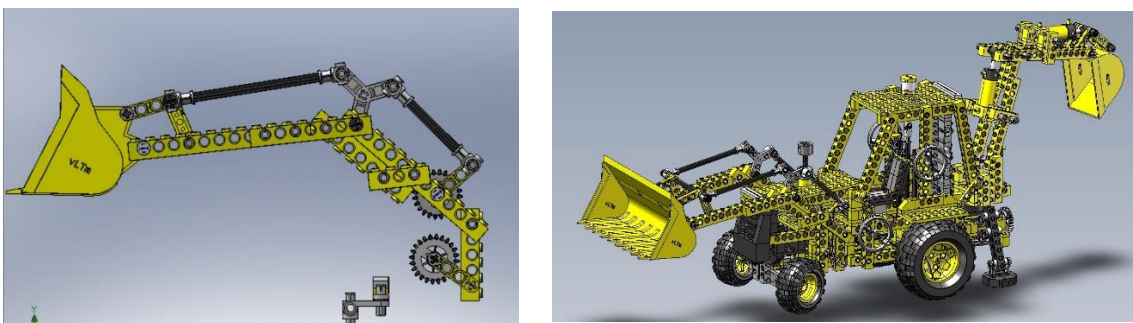


Fig.19.Modelo Lego Technic 8862-1

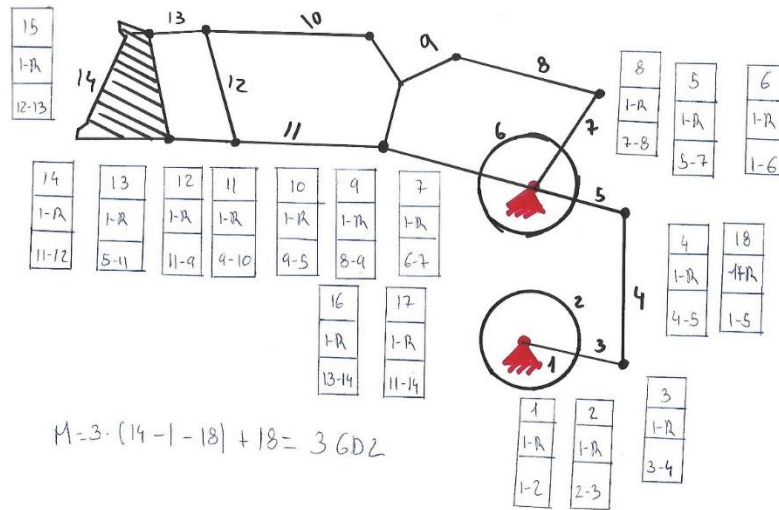


Fig.20. Diagrama cinemático del modelo Lego Technic 8862-1

Formula de Grubler:

$$M = 3 * (N - P - 1) * \sum_{i=1}^P f_i = 3 * (14 - 18 - 1) + 18 = 3 \text{ GDL}$$

Modelo Lego Technic VLTM 42030-2

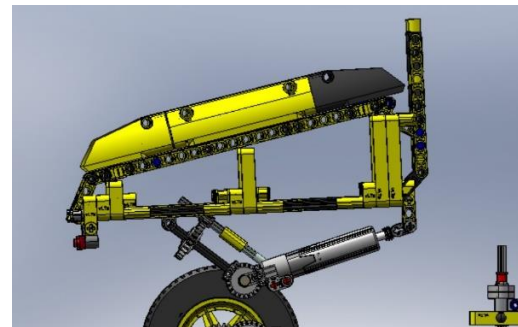
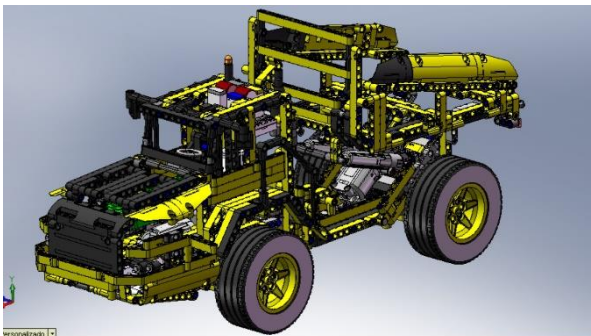


Fig.21. Modelo Lego Technic 42030-2

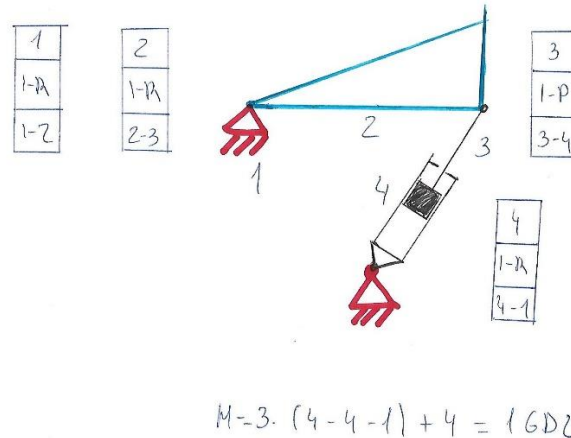


Fig.21. Diagrama cinemático del modelo Lego Technic 42030-2

Formula de Grubler:

$$M = 3 * (N - P - 1) * \sum_{i=1}^P f_i = 3 * (4 - 4 - 1) + 4 = 1 \text{ GDL}$$

4.7.4-Análisis cinemático

Otro criterio de movilidad alternativo es en términos de lazos y cerramientos. Para ello debemos imaginar que estamos llevando a cabo el montaje del mecanismo, se empieza por situar el cuerpo base o fijo, y sucesivamente vamos añadiendo el resto de componentes mediante la creación de pares cinemáticos.

Por cada par cinemático conectado al sistema, el número de grados de libertad del mismo se ve incrementado por f_i , si f_i es la conectividad del par, y el número de componentes y de pares se ven incrementado ambos en una unidad. Al montar un par entre dos componentes que ya formaban parte del mecanismo, el número total de grados de libertad se ve disminuido por el número de restricciones que supone el citado par.

Para mecanismos espaciales, ese número es $(6-f_i)$, ya que dos cuerpos tienen seis grados de libertad de movimiento relativo entre ellos cuando se consideran libres y sólo $(6-f_i)$ grados de libertad de movimiento relativo después de haber sido unidos mediante el citado par.

Cuando se activa un par entre dos componentes que formaban parte del mecanismo, se crea de un lazo formado por los componentes y sus correspondientes pares. Este lazo se le denomina cerramiento.

La movilidad del mecanismo se puede calcular:

$$M = \sum_{i=1}^P f_i - 6 * L$$

Ecuación 3

Donde L es el número de lazos. Al formarse un lazo, el número de componentes es el mismo y el número de pares aumenta en una unidad. Cuando en un mecanismo espacial se forma o existe un lazo, es posible formular un conjunto de seis ecuaciones algebraicas denominadas ecuaciones de lazo o de cierre. Viene dado por la ecuación:

$$6 * L = 6 * (P + 1 - N)$$

Ecuación 4

Es por tanto el número de ecuaciones disponibles para poder realizar el análisis cinemático. Las variables necesarias para fijar las posiciones relativas de los cuerpos conectados por cada par.

De esta forma, es posible entender que la Ecuación 4 proporciona la movilidad de un mecanismo como la diferencia entre el número de variables a considerar en su análisis cinemático, menos el número de ecuaciones que es posible plantear debido a los lazos existentes.

4.7.5-Ánàlisis dinámico-estático.

Cuando se tiene que realizar de fuerzas estáticas en el mecanismo se plantea otro criterio de movilidad.

En el análisis de fuerzas estáticas es necesario dibujar los diagramas de cuerpo libre para todos los componentes, excepto el cuerpo base. Es posible plantear seis ecuaciones de equilibrio para cada cuerpo libre. Por lo que hay $6*(N-1)$ ecuaciones que describen el comportamiento del sistema.

En cada par hay un número de componentes de fuerzas y momentos de reacción que es igual al número de restricciones que posee ese par. Esas componentes de fuerzas son las variables en un análisis de fuerzas estáticas. El número de variables es:

$$\sum_{i=1}^P (6 - f_i) = 6 * P - \sum_{i=1}^P f_i \quad 6 * P - \sum_{i=1}^P f_i - 6 * (N - 1) = -M$$

Ecuación 5

La movilidad es significativa desde un análisis estático de fuerzas. Existen 3 tipos de casos:

-Caso 1: $M=0$

El mecanismo no tiene capacidad de movimiento, siendo por tanto una estructura. El problema de posición puede resolverse con el fin de obtener las posiciones de los pares, que no podrán variar. El equilibrio estático se resolverá y obtendrá todos los pares de reacción y fuerzas de los componentes.

-Caso 2: $M=-1$

Si el número de ecuaciones para el problema de posición excede el número de variables, no existirá una solución para el problema de posición. Para solucionar el problema de posición las ecuaciones tienen que ser dependientes y el mecanismo debe satisfacer las condiciones necesarias. Desde el punto de vista de la fuerza se aprecia que hay una variable más que el número de ecuaciones. Se necesitaría información adicional para resolver el problema de

fuerzas, entonces se dice que el mecanismo es una estructura estáticamente indeterminada.

-Caso 3: $M \geq 1$

Si la movilidad es uno o mayor, el número de variables de posición es mayor que el número de ecuaciones de posición. Existen soluciones para el sistema, pero no existe una solución única. No existirá solución alguna para el problema estático de fuerzas porque la fuerza es mayor que el número de variables de fuerza.

4.7.6-Actuadores

Los actuadores sirven para especificar el valor de una variable de par a fijar el par. El par soporta una fuerza, o un momento. Al especificar el valor de una variable de par hace incrementar el número de variables de fuerza desconocidas. Si un mecanismo tiene movilidad uno, al fijar la posición de un par con conectividad uno lo convierte en una estructura. Lo cual convierte el problema estático de fuerzas de uno en el que había una ecuación más que variables, en uno en el que el número de variables es el mismo que el número de ecuaciones. Es decir, convierte el problema en estáticamente determinado.

Cuando al fijar el momento aplicado a un par giratorio, o la fuerza aplicada con un actuador sobre un par prismático, tiene un efecto diferente si lo comparamos con el hecho de especificar el valor de una variable de par. No cambia el número de variables ni el número de ecuaciones ni del problema de posición ni del problema de fuerzas. Todo es porque un par pasivo es siempre equivalente al fijar la variable de fuerza o momento de ese par. El momento aplicado sobre un par giratorio pasivo tiene un valor fijo de cero.

4.7.7-Grados de libertad inútiles

Consiste en que usualmente no estamos interesados en la movilidad del mecanismo completo. Estamos interesados en la conectividad que el mecanismo proporciona considerándolo como si fuera todo un par entre dos de sus componentes, actuador e impulsor. Por tanto, se puede considerar todo el mecanismo como si fuese un par cinemático entre cualquiera dos de sus componentes.

Un ejemplo en el que se puede apreciar lo anteriormente mencionado, en el movimiento del ala trasera del avión, modelo Lego Technic 42040-1 la barra

que está en verde tiene un grado de libertad inútil pudiendo girar libremente y sin que esto influya en el comportamiento del conjunto.

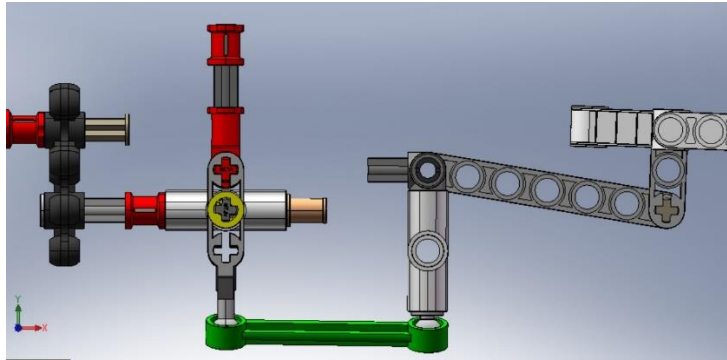


Fig.22.Ejemplo de GDL inútil en el conjunto formado por el movimiento del ala trasera

4.7.8-Mecanismos con restricciones en exceso

Las ecuaciones de movilidad algunas veces proporcionar resultados inadecuados por la existencia de restricciones en exceso o sobre restricción. Un mecanismo puede estar sobre restricción bien localmente o bien de forma general.

-Mecanismos Sobre restringidos Localmente.

Sucede que una parte del mecanismo puede ser una estructura y la otra parte puede tener movimiento. Cuando esto sucede lo que hay que hacer es sustituir esa parte del mecanismo por un solo cuerpo rígido y volver a calcular la movilidad.

-Mecanismos Sobre restringidos Globalmente.

En situaciones con cargas elevadas el ingeniero de diseño incrementa el grado de sobre restricción para mejorar la rigidez y la resistencia. En estos casos se utiliza varios actuadores paralelos para proporcionar rigidez al mecanismo. Un ejemplo lo podemos encontrar en el mecanismo que soporta la cuchara de una cargadora frontal.

4.8-Mecanismos auto-alineadores

La complicación de este proyecto viene dada por conseguir que los mecanismos queden auto alineados. Este concepto proviene de la teoría de mecanismos y máquinas. La teoría de mecanismos y máquinas es la ciencia que estudia los pares cinemáticos de los mecanismos.

Al conseguir un mecanismo auto alineados estamos consiguiendo una mejora u optimización del mismo. Para poder diseñar un mecanismo lo primero será esquematizar los distintos componentes y después se emplean las restricciones hasta conseguir un mecanismo estáticamente determinado, es decir sin restricciones excesivas (Pasivas).

En un mecanismo auto alineado reduce el tiempo de montaje, reparación y aumenta la fiabilidad del mismo.

Con este proyecto vamos a tener el modelo físico y virtualmente del lego technic, con los que podemos realizar modelos cinemáticos auto alineados.

4.9-Modelo Auto Alineador en Solidworks. Aplicación Cosmos Motion

4.9.1-Presentación de Cosmos Motion

Cosmos Motion es una herramienta de solidworks que se obtiene de manera opcional y que funciona con el motor MSC.Adams. Esto nos permite analizar, evaluar y simular sistemas mecánicos antes de llevarlos a la realidad y conocer información sobre sus componentes, posiciones, velocidades, fuerzas, aceleraciones, cargas, etc...

Tiene la particularidad de evitar el intercambio de archivos entre diferentes aplicaciones. Todo esto hace posible diseñar con mucha mayor rapidez y la realización de cambios.

4.9.2-Entorno

Cosmos motion comparte entorno con Solidworks. Para poder llegar a ver el panel donde estàn las herramientas será fundamental activar este complemento de solidworks.

En la siguiente figura observaremos como se ha dividido por partes las diferentes opciones y funciones que ofrece Cosmos Motion.

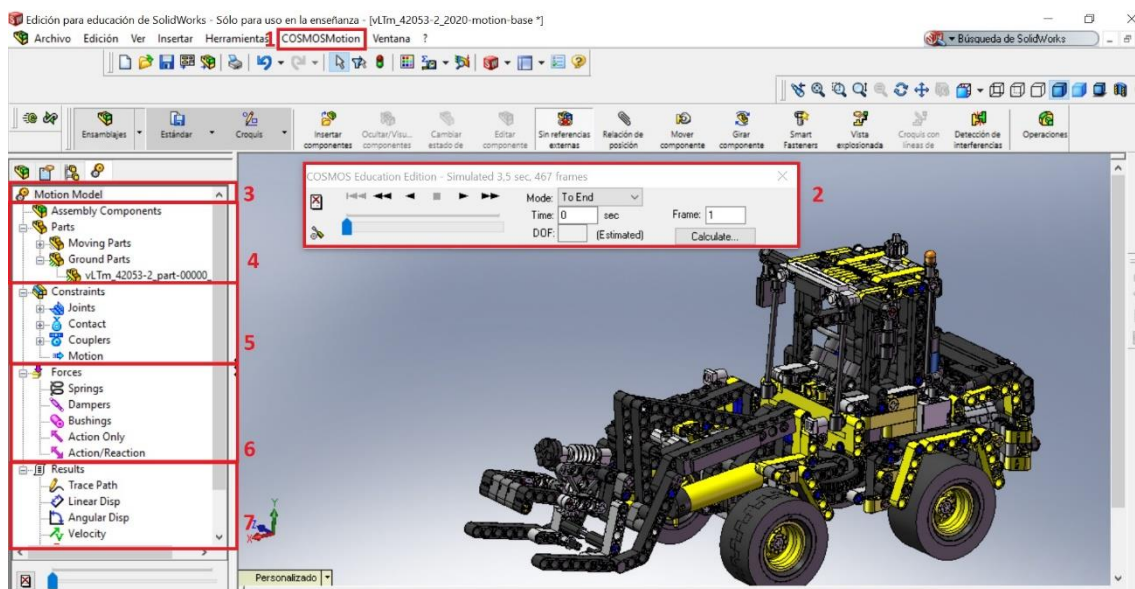


Fig.23.Panel de herramientas de CosmosMotion en el entorno Solidworks

- 1-Ventana de CosmosMotion con todas las funciones y comandos.
- 2-Panel de simulación para la comprobación restricciones y movilidad del modelo.
- 3- Panel configurador del tamaño de los comandos y el entorno de la simulación.
- 4-Nos dice las piezas que hay en el modelo y si son móviles o fijas.
- 5-Indica los pares cinemáticos que tiene el modelo y los acoplamientos entre uno y otro.
- 6-Indica todas las fuerzas aplicables al modelo a realizar como muelles, amortiguadores y cojinetes.

7-Muestra resultados en forma de grafica de recorridos, velocidades, aceleraciones y fuerzas de reacción.

4.9.3-Piezas del Mecanismos

Las piezas son cada una de las partes que constituye el mecanismo que no tienen movimiento relativo. Pueden ser fijas(0GDL) o móviles (6GDL).

En el mecanismo existe una pieza fija y todas las demás se mueven alrededor de ella, llamadas móviles. Con la correcta combinación de los pares cinemáticos conseguiremos el modelo auto-alineado y el movimiento deseado.

4.9.4-Pares cinemáticos

Para restringir los grados de libertad se utilizan pares cinemáticos. Dependiendo del tipo de par cinemático restringiremos unos movimientos y restaremos otros. La localización de los pares es de vital importancia porque influirá en las fuerzas de reacción y este a su vez en el movimiento. En CosmosMotion las restricciones son por defecto, no tienen masa ni rozamiento, pero se pueden modificar. Las uniones de los pares cinemáticos son llamadas Joints que está en inglés. La tabla siguiente numera los diferentes tipos de Joints y el número de grados de libertad.

Par cinemático:	GDL Traslacional	GDL Rotacional	Total GDL Restringidos
<i>Revolución</i>	3	2	5
<i>Traslacional</i>	2	3	5
<i>Cilíndrico</i>	2	2	4
<i>Esférico</i>	3	0	3
<i>Universal</i>	3	1	4
<i>Tornillo</i>	0.5	0.5	1
<i>Planar</i>	1	2	3
<i>Fijo</i>	3	3	6

4.9.4.1-Revolución

El par revolución permite la rotación de un cuerpo rígido respecto a otro alrededor de un eje común. El origen se puede situar en cualquier punto a lo largo de un eje. La orientación del par define la dirección del eje alrededor del cual se produce el movimiento.



Fig.24.Análisis de un par de revolución

En la creación de un par de revolución debemos de escoger dos cuerpos, el componente fijo y la orientación del par. En la siguiente figura se muestra cómo se crea un par cinemático, primero seleccionamos el componente fijo que es chasis del coche que es origen y después escogemos la dirección del par que será la arista que está en verde, que forma parte de la puerta del coche. Después de crearlo se puede cambiar o modificar.

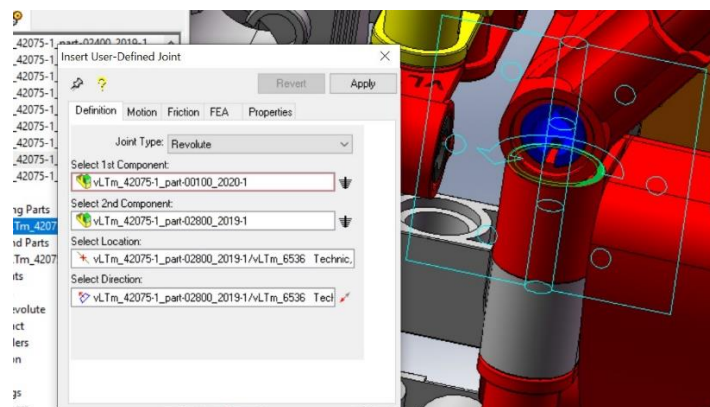


Fig.25.Creacion par de revolución

4.9.4.2-Traslacional

El par traslacional permite a un cuerpo rígido desplazarse, a lo largo de la dirección de un vector, respecto a otro cuerpo, no puede rotar uno respecto a otro. El origen del par no afecta al movimiento, pero si a las fuerzas de reacción que se produzcan.

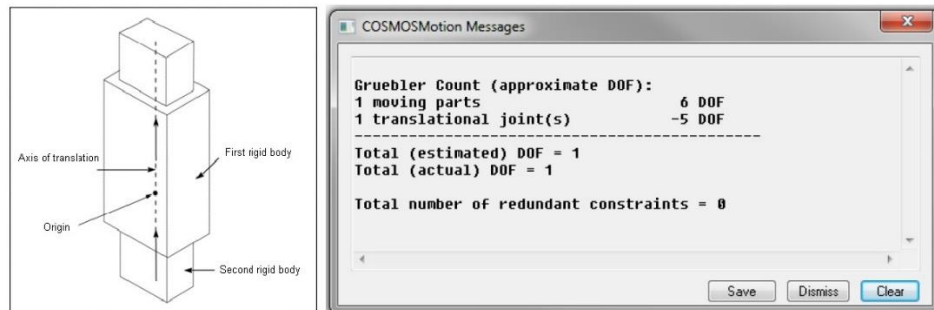


Fig.26.Análisis de un par traslacional

Para la creación de un par de traslacional se indica dos cuerpos, origen y dirección del par. En la figura siguiente se muestra la creación del par donde seleccionamos primero una arista y se fija el origen, que es donde se quiere tener el centro del eje. El segundo cuerpo se selecciona en cualquier punto de este.

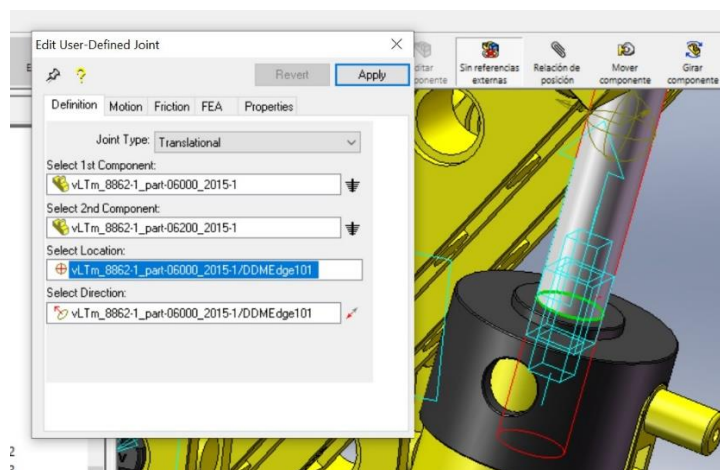


Fig.27.Creación par traslacional

4.9.4.3-Cilindrico

El par cilíndrico es una mezcla de los dos anteriores, permitiendo el movimiento de rotación y traslación de un cuerpo respecto de otro alrededor y a lo largo del mismo eje.

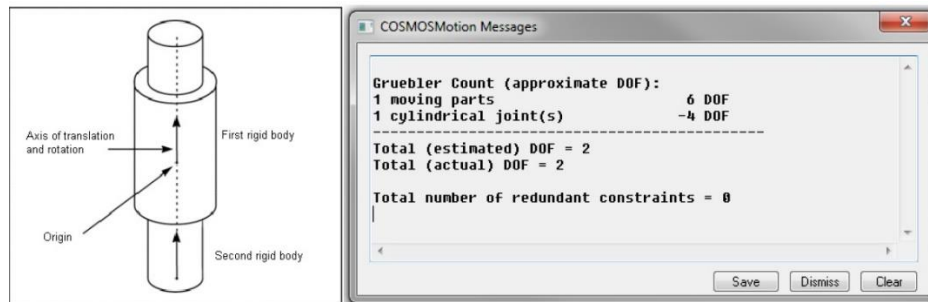


Fig.28.Análisis de un par cilíndrico

El proceso a seguir es el mismo que el anterior, en la figura que a continuación muestra un engranaje dentado donde seleccionaremos la arista circular, que será el punto medio y después seleccionamos el siguiente cuerpo que es el chasis del tractor.

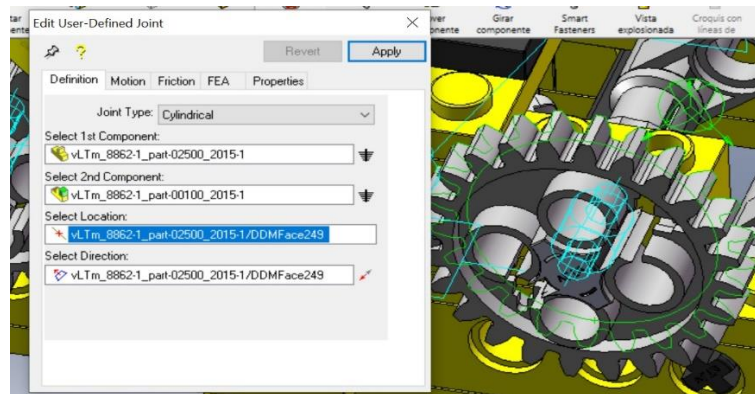


Fig.29.Creación par cilíndrico

4.9.4.4-Esférico

El par esférico permite la rotación entorno un punto común, de un cuerpo respecto de otro y no permite la traslación de ninguno de los cuerpos y permite el giro libre. El origen del par determina el punto donde pueden girar entre ellos.

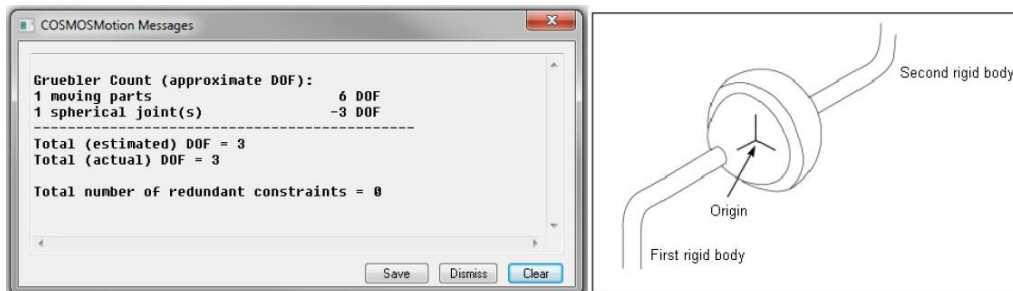


Fig.30.Análisis par esférico

En la creación de un par esférico escogeremos la unión de una biela con un pistón de un motor como se muestra en la figura siguiente, primero seleccionamos la esfera de la biela y automáticamente sitúa el origen en el centro de la esfera. Por último, seleccionamos el pistón y automáticamente se colocará la dirección.

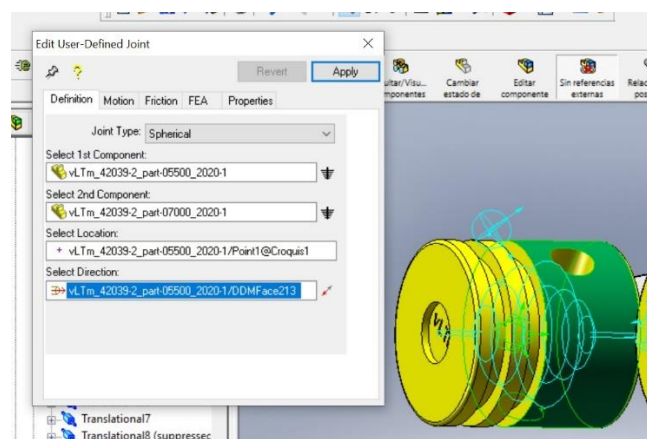


Fig.31.Creación par esférico

4.9.4.5-Universal

La unión universal es la junta Hooke o cardan, permite el movimiento desde un eje a otro a pesar de no ser colineales. La utilización es para transmitir el movimiento de rotación en articulaciones que constan de varios tramos.

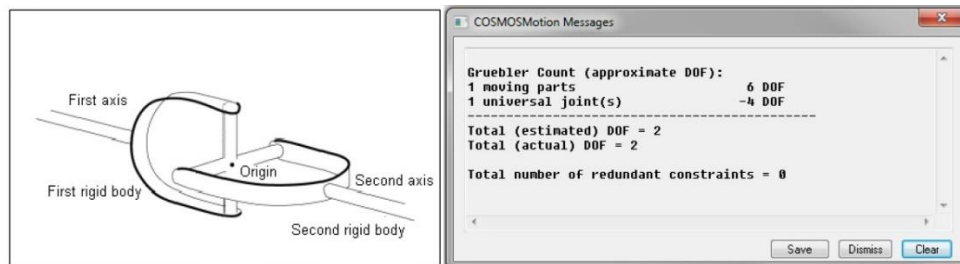


Fig.32.Análisis junta universal

Para la creación de la junta universal se detalla en la siguiente figura, donde primero escogemos el primer componente y después el otro componente, lo siguiente será localizar el origen de los dos componentes y nos podemos ayudar de los puntos auxiliares, lo último será coger la dirección que serán los ejes de giro.

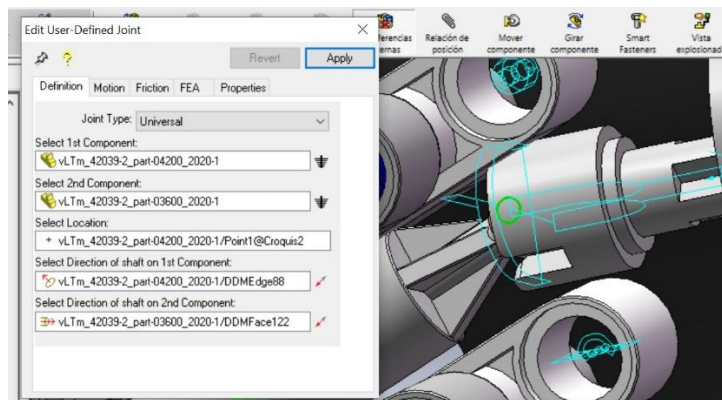


Fig.33.Creación junta universal

4.9.4.6-Tornillo

El par tornillo permite que un cuerpo gire respecto a otro al mismo tiempo que se desplaza con un movimiento de traslación. En este caso no ha sido utilizado en ninguno de los modelos que se han hecho en este TFG.

4.9.4.7-Planar

Permite a un cuerpo mediante un plano deslizarse y girar en un plano del otro cuerpo. Este tipo de par no ha sido utilizado en el TFG.

4.9.4.8-Fijo

Este no es un par cinemático, la particularidad es que impide el movimiento entre dos cuerpos. Sirve para fijar un cuerpo de otro. El fijo sí que ha sido utilizado en este TFG para la unión de varias piezas y formar un conjunto. En la siguiente figura se muestra la necesidad de fijar el eje con el diferencial para crear un conjunto único.

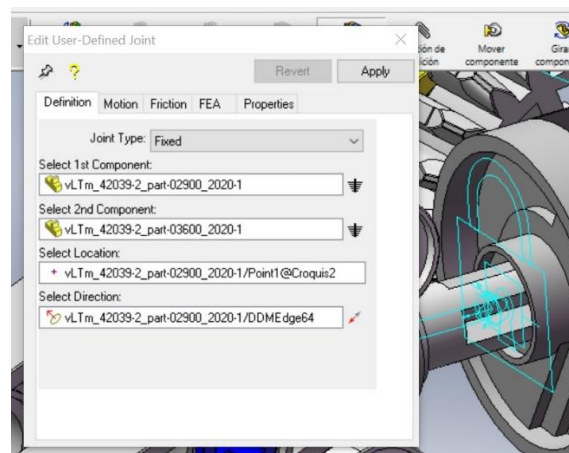


Fig.34.Creación componente fijo

4.9.5-Pares primitivos

Los pares primitivos son restricciones de geometría y no tiene un análogo físico como los expuestos en la tabla anterior. De hecho, se combinan para obtener pares cinemáticos reconocibles (excepto el “screw” o rosca). Estos pares son utilizados para realizar ajuste y conseguir el modelo autoalineado. En la siguiente tabla se muestra las diferentes posibilidades y los GDL que restringe en CosmosMotion.

Par Primitivos	GDL Traslacional	GDL Rotacional	GDL Restringidos
<i>En línea</i>	3	2	5
<i>En plano</i>	2	3	5
<i>Orientación</i>	2	2	4
<i>Paralelo</i>	3	0	3
<i>Perpendicular</i>	3	1	4

4.9.5.1-En la línea

Llamado en el programa IN LINE permite un movimiento de traslación y tres de rotación de un cuerpo respecto a otro.

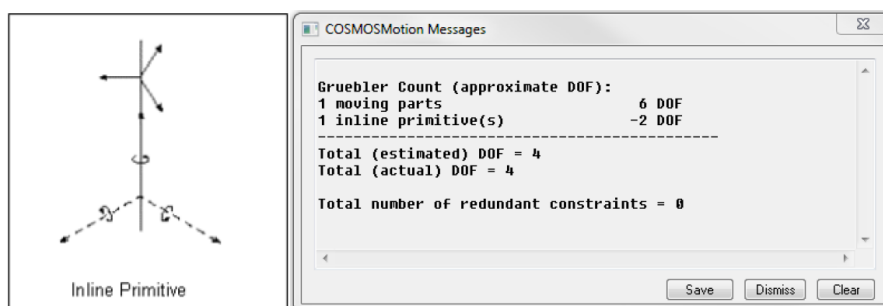


Fig.35. Analisis del par primitivo In Line

En la siguiente figura se muestra cómo crear el par primitivo en línea, se selecciona una arista de un cuerpo y en su centro, después se debe seleccionar una arista circular.

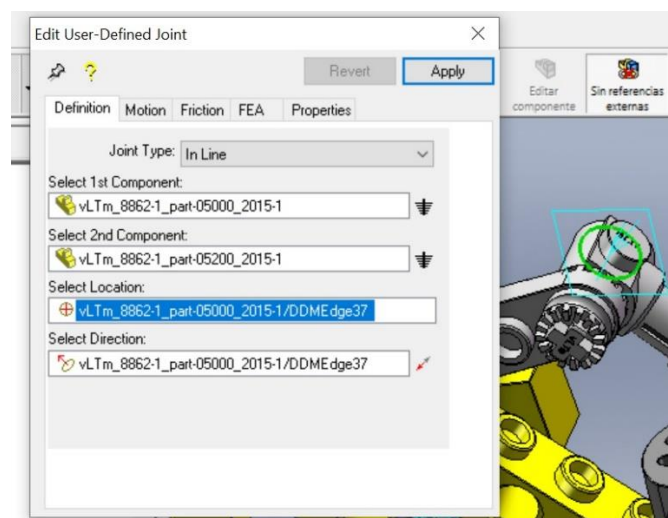


Fig.36. Creación Par primitivo In Line

4.9.5.2-En El plano

Llamado en el programa In Plane este par solo permite 1GDL, dejando libre el movimiento de un cuerpo sobre un plano contenido en el segundo. La orientación nos indicara la dirección en el cual no puede haber movimiento.

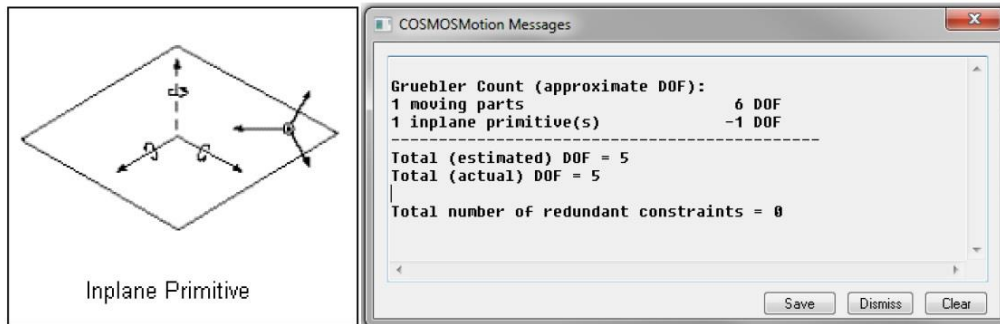


Fig.37.Análisis del par primitivo In Plane

En la siguiente figura se muestra la creación del par primitivo En el Plano, es el mismo procedimiento que el par primitivo en la línea, se creara seleccionando una arista del cuerpo e inmediatamente se colocara el origen en el plano de la arista y en su centro.

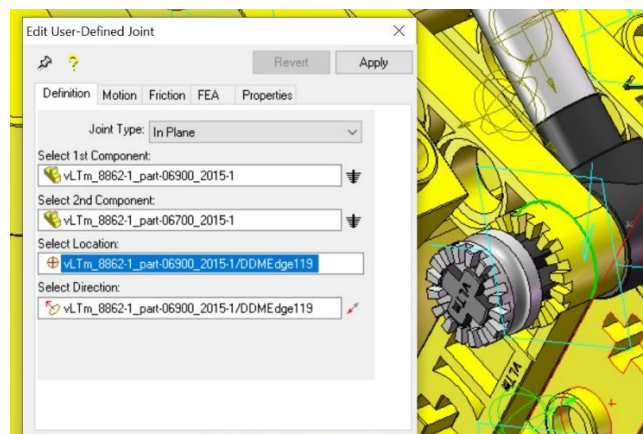


Fig.38.Creación par primitivo In Plane

4.9.5.3-Orientación

El par primitivo de orientación impide que los dos cuerpos entre los que se define el par, giren uno respecto de otro. Por lo que solo se permite un movimiento de traslación de un cuerpo respecto al otro.

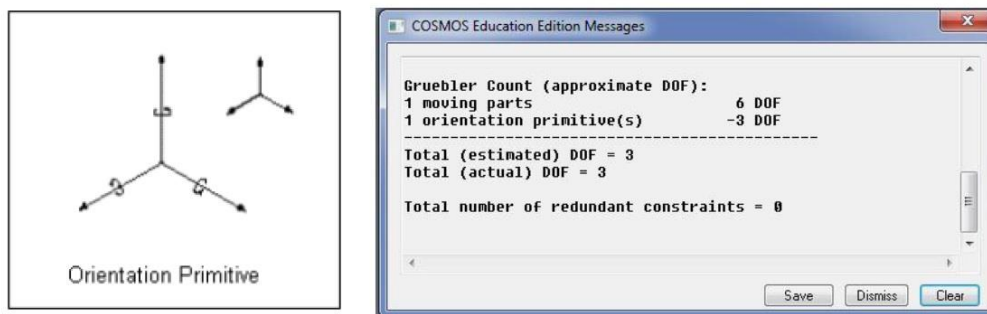


Fig.39.Análisis del par primitivo de orientación

4.9.5.4-Paralelismo

El par primitivo de paralelismo obliga a que un eje del primer cuerpo se mantenga paralelo a un segundo eje del segundo cuerpo, los ejes son definidos por el usuario. Restringe 2GDL de rotación y permite cualquier tipo de traslación.

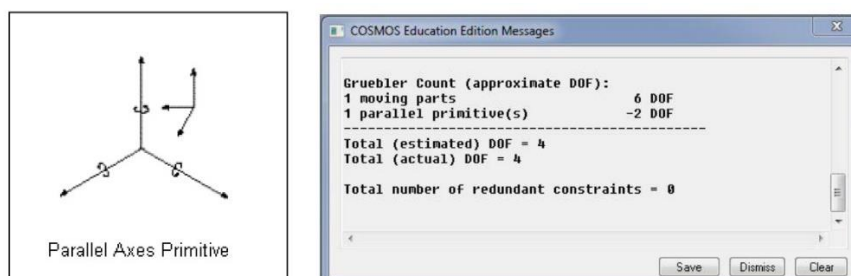


Fig.40.Análisis del par primitivo de paralelismo

4.9.5.5-Perpendicularidad

El par primitivo de perpendicularidad solamente existe una restricción de un GDL de rotación para que los dos cuerpos mantengan una condición de perpendicularidad. Como en los casos anteriores se eligen los cuerpos para establecer la restricción, localización y las dos direcciones, cada una de los cuerpos, que permanecerá perpendicular.

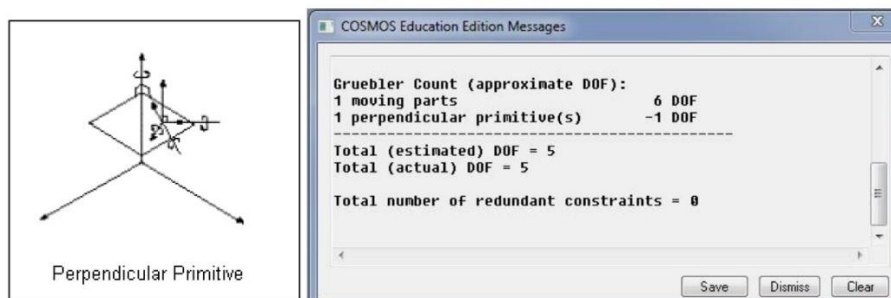


Fig.41. Analisis del par primitivo de perpendicularidad

4.9.6-Engranajes

La restricción en los engranajes permite que el movimiento, de rotación o traslación, dos pares cinemáticos se relacionen o engranen mediante una constante de proporcionalidad. Se le puede aplicar engranajes entre los pares cinemáticos de revolución, cilíndricos y de traslación. Cada engranaje reducirá un GDL en el modelo.

A continuación, se detalla los tipos de engranaje:

4.9.6.1-Engranaje común

El engranaje común se relaciona pares de revolución, cilíndricos y de revolución. Se debe de seleccionar los pares afectados e indicar los grados que gira el engranaje (conducido) por los grados de giro del (conductor). Si se expresa el valor en negativo, cambia el sentido del giro. La relación entre los grados de giro de cada par será la misma relación entre el número de dientes de los engranajes.

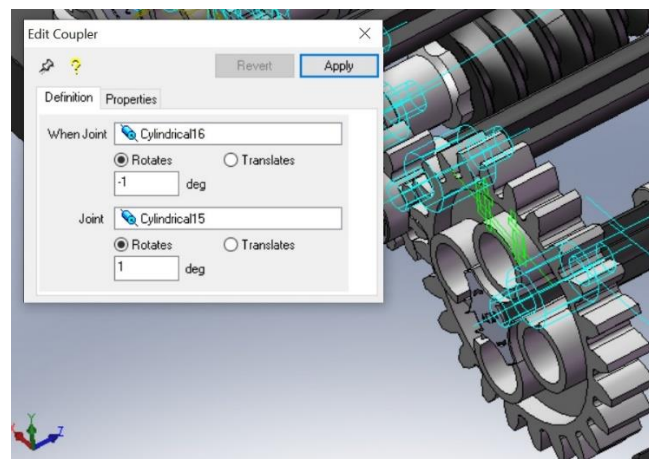


Fig.42.Creación de un engranaje común

4.9.6.2-Engranaje piñón cremallera

A la hora de crear este acoplamiento de engranaje de piñón cremallera tenemos que acoplar un par de revolución junto con uno de traslación del otro componente. En la figura siguiente se puede ver este ejemplo las ruedas delanteras. En este caso hay que calcular el giro del piñón de dirección con el giro de las ruedas por cada vuelta, en la siguiente figura se ve como el acoplamiento de 0.25 giros del par por cada 1 giro del otro par cilíndrico.

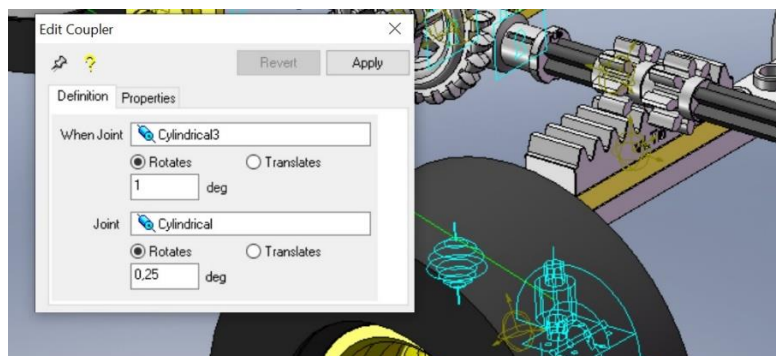


Fig.43.Creación piñón cremallera

4.9.6.3-Engranaje tornillo sin fin

En la creación de un engranaje tornillo sin fin, se hace del mismo modo que los demás con la peculiaridad que se tiene que calcular entre los ángulos de giro. En la siguiente figura en el engranaje tiene 24 dientes y entonces 1 giro equivale a 24 giros.

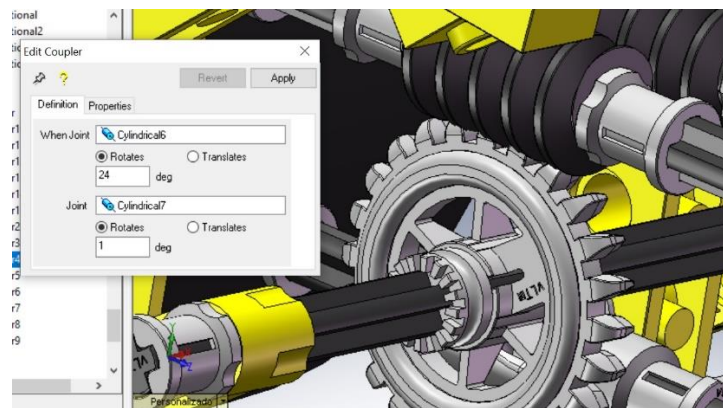


Fig.44.Creación tornillo sin fin

4.9.6.4-Poleas

En la creación de poleas se relaciona el giro de ambas según su tamaño, la única diferencia de las poleas y los engranajes es las poleas siguen el mismo sentido de giro.

4.9.7-Contacto (CONTACTS)

El contacto es utilizado en este TFG para la simulación del modelo en una base y así poder recrear el movimiento lo más real posible. El más utilizado en este trabajo es el contacto 3D, donde lo primero de todo que hacemos es hacer las ruedas de nuestros vehículos sean lisas para evitar problemas. En la figura siguiente se muestra cómo se selecciona primero las ruedas y después la base donde se va a deslizar el vehículo.

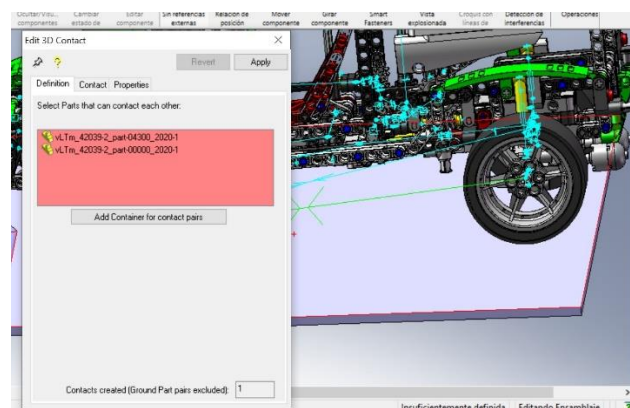


Fig.45.Creación contacto 3D entre rueda y base

4.9.8-Grados de libertad del modelo (GDL)

Una vez que se tiene los pares definidos y los acoplamientos del modelo, se puede comprobar que el mecanismo posee los GDL esperados, cada acción que se realice será necesario pulsar el botón de calcular (Calculate) en el panel de simulación. Se mostrará una ventana con las partes móviles, número y tipos de pares utilizados en el modelo con sus GDL y las restricciones en exceso. A continuación, se muestra el panel y la ventana con las partes móviles, número y tipo de pares.

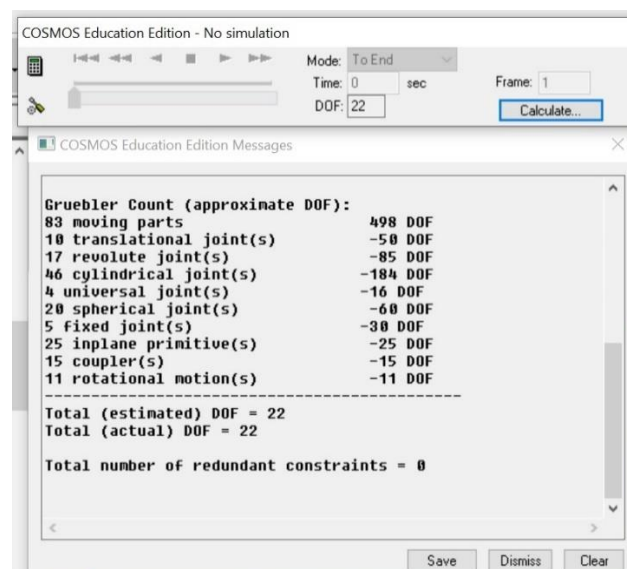


Fig.46.Panel simulación y calculo movilidad

5-MODELOS SIMULADOS

A continuación, mostraremos los modelos ensamblados, autoalineados y simulados en este proyecto.

La movilidad y la simulación sobre una base solo se ha realizado en los modelos que hemos elegido y en los previamente hechos para poder aprender sobre la simulación. En los modelos de aprendizaje como los de Isogawa

Yoshihito son de una complejidad menor, tan solo se ha limitado al correcto ensamblaje de sus componentes.

5.1.1-Modelos Isogawa Yoshihito

En el inicio de este proyecto se empezaron creando modelos con un nivel de dificultad bajo, son modelos extraídos del libro de Isogawa Yoshihito donde destaca por su ingeniosidad y estilo único. El autor de estos modelos tiene tres libros en los que expone una serie de modelos, donde solo con una serie de fotografías tomadas en varios ángulos, permite la realización de estos modelos.

En la primera parte del proyecto se han elegido 16 modelos del libro (The LEGO Technic Idea Book) de Isowaga, donde representa mecanismos básicos reales.

Para la construcción de estos modelos primero se localizan las piezas que se van a utilizar y con la ayuda de las fotografías se van ensamblando los modelos.

A continuación, tenemos los modelos seleccionados, en un mayor detalle.

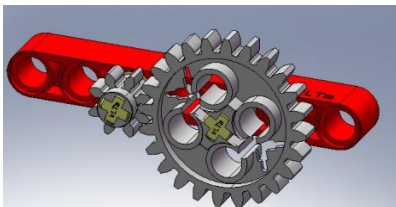


Fig.47.Modelo T-0002

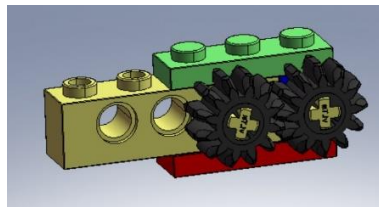


Fig.48.Modelo T-008

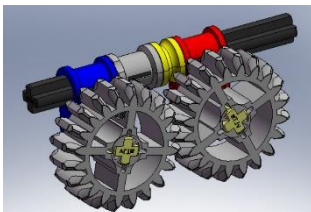


Fig.49.Modelo T-0009

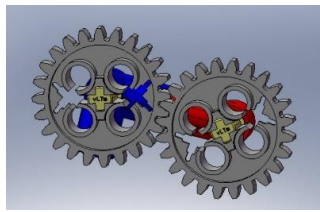


Fig.50.Modelo T-0013

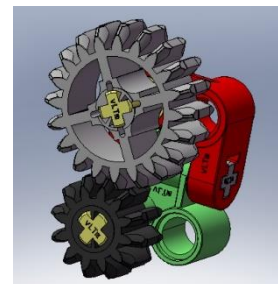


Fig.51.Modelo T-0026

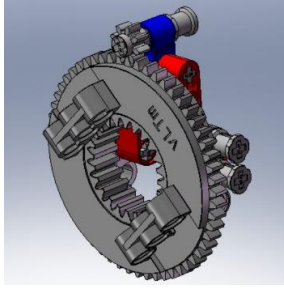


Fig.52.Modelo T-0037

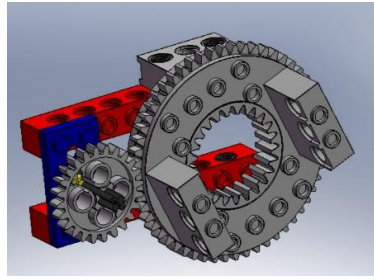


Fig.53.Modelo T-0040

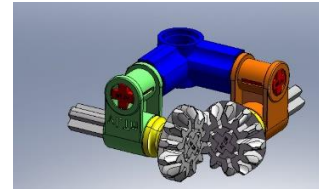


Fig.54.Modelo T-0051

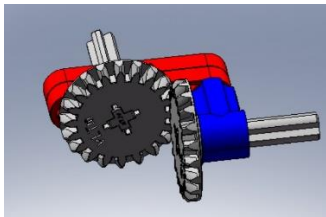


Fig.55.Modelo T-0059

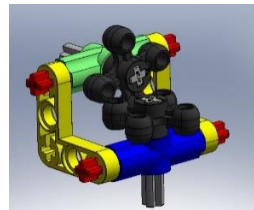


Fig.56.Modelo T-0062

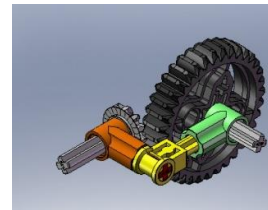


Fig.57.Modelo T-0075

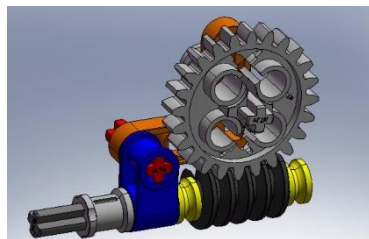


Fig.58.Modelo T-0079

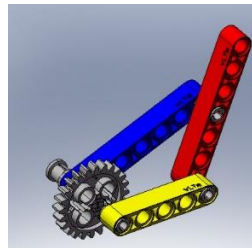


Fig.59.Modelo T-0093

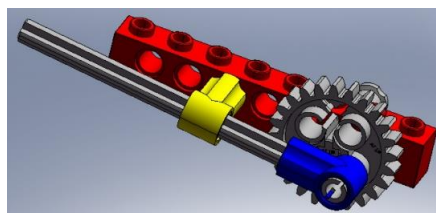


Fig.60.Modelo T-0098

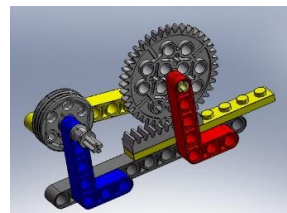


Fig.61.Modelo T-0102

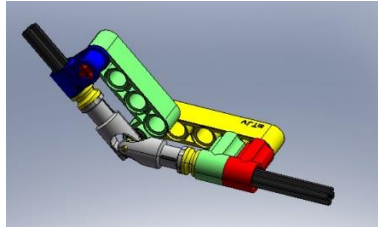


Fig.62.Modelo T-0107

5.1.2-Modelos Lego Mindstorms Ev3

Los legos Mindstorms es una línea de robótica que permite crear robots, vehículos y artificio para poder hacer el movimiento de las partes. El bloque EV3 es la parte central del lego Mindstorms donde se encuentra la parte lógica y electrónica para realizar movimientos. En este caso solo vamos a ensamblar algunos modelos para verlo en digital a partir de solidworks sin apreciar su movimiento.

5.1.2.1-Modelo Lego Mindstorms EV3-0024

Modelo lego Mindstorms EV3-0024 formado por un servomotor donde accionaria una serie de engranajes de distintos tamaños. Con este tipo de modelo podríamos observar que al tener un engranaje de cada tamaño la velocidad en cada uno de ellos es distinta.

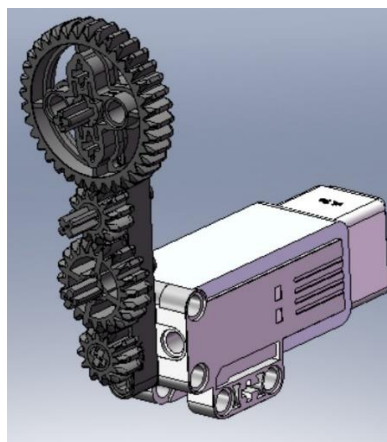


Fig.63.Modelo Mindstorms EV3-0024

5.1.2.2-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0050

Modelo Lego Mindstorms EV3-0050 formado con un servomotor donde en el lateral de este se encuentra un engranaje de menor tamaño que va acoplado uno de mayor tamaño y a su vez está conectado a un tornillo sin fin, donde mueve otro engranaje.

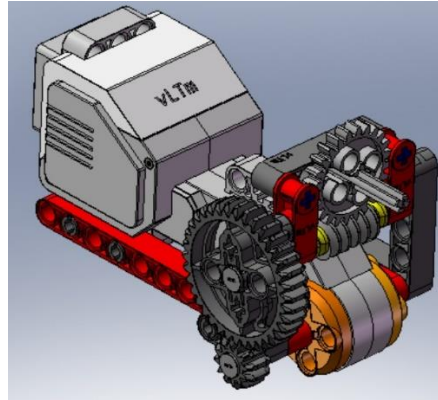


Fig.64. Modelo Mindstorms EV3-0050

5.1.2.3-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0053

Modelo Lego Mindstorms EV3-0053 está formada por una barra que hace de cuerpo base y donde se acoplan dos barras en perpendicular en diferentes posiciones, donde las une una barra articulada que hará el movimiento de las dos a la vez que las movemos.

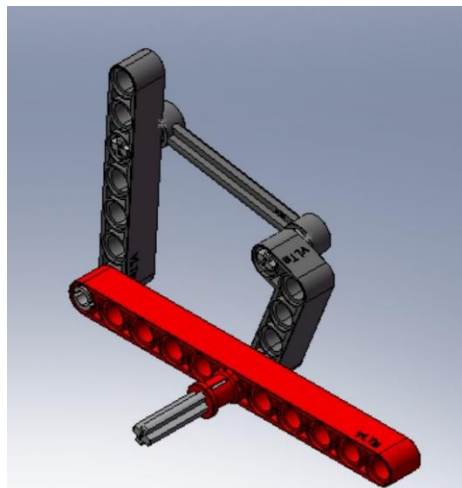


Fig.65. Modelo Mindstorms EV3-0053

5.1.2.4-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0069

Modelo Lego Mindstorms EV3-0069 está formado por un servo motor engranado a un engranaje donde acopla a una biela manivela, que el movimiento circular en uno de traslación.

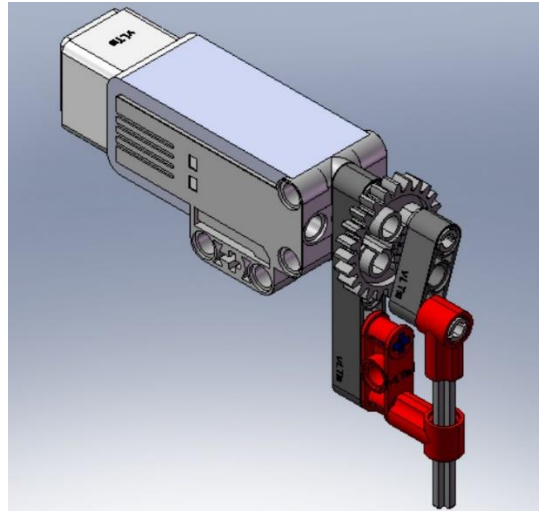


Fig.66.Modelo Mindstorms EV3-0069

5.1.2.4-Modelo Modelo Lego Mindstorms EV3-0134

Modelo Lego Mindstorms EV3-0134 formado por un servomotor donde cada una de sus laterales esta acoplado a una biela manivela, donde el movimiento circular en uno de traslación para poder mover las palas que tiene acopladas.

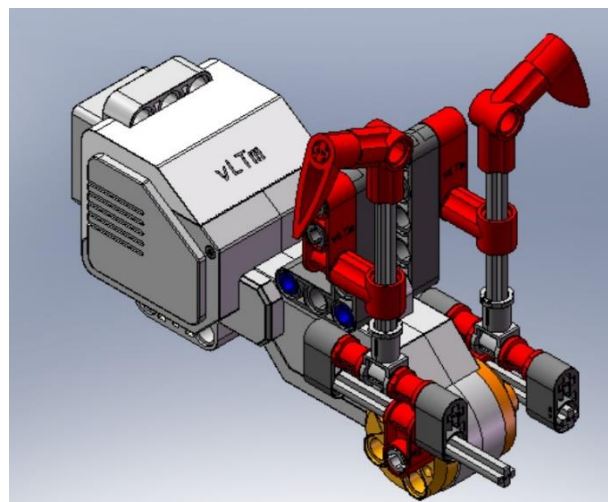


Fig.67. Modelo Lego Mindstorms EV3-0134

5.2-Modelos Simulados para el aprendizaje

5.2.1-Modelo Lego Technic 8459_2

El modelo 8459-2 se trata de un vehículo tractor utilizado para los trabajos más pesados en la industria maderera, como el levantamiento de troncos para poder ponerlos en el remolque de un camión. Entre los mecanismos principales se encuentra el brazo articulado donde en su extremo tiene una pinza, esta también formado por un motor V8 engranado a un diferencial que mueve las ruedas delanteras, la dirección utilizada en este tipo de vehículo separa la parte delantera y la trasera donde en el medio engrana con unos engranajes que hacen de dirección.

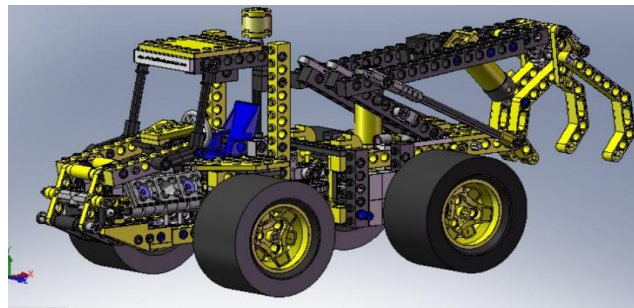


Fig.68.Modelo 8459-2

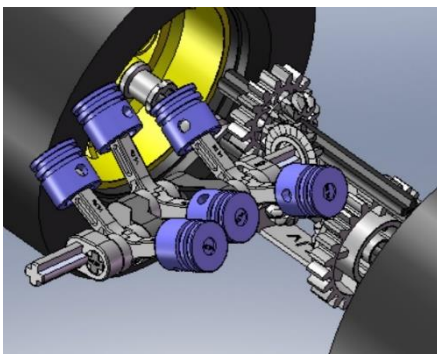


Fig.69.Motor V8

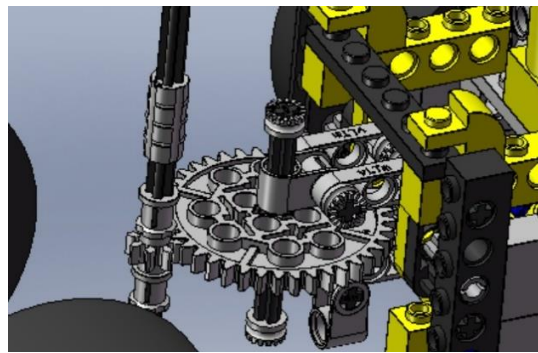


Fig.70. Dirección

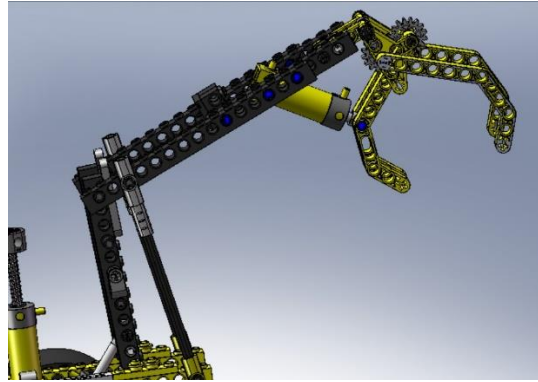


Fig.71. Brazo articulado con pinza

El modelo 8459-2 está formado por 582 piezas y lo componen de 36 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

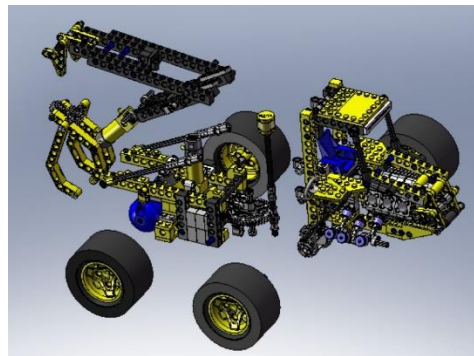


Fig.72.Vista explosionada

1	2436	Yellow	Bracket 1 x 2 - 1 x 4	
2	3005	Yellow	Brick 1 x 1	
1	3004	OldGray	Brick 1 x 2	
2	3245b	OldGray	Brick 1 x 2 x 2 with Inside Axleholder	
2	6091	Yellow	Brick 2 x 1 x 1 & 1/3 with Curved Top	
1	3941	TrYellow	Brick 2 x 2 Round	
2	2452	Yellow	Hinge Plate 1 x 2 with 3 Fingers on Side	
2	4073	OldGray	Plate 1 x 1 Round	
12	4073	Yellow	Plate 1 x 1 Round	
2	4081b	Yellow	Plate 1 x 1 with Clip Light - Type 2	
4	3023	Black	Plate 1 x 2	
9	3023	OldGray	Plate 1 x 2	
10	3023	Yellow	Plate 1 x 2	
2	3794	OldGray	Plate 1 x 2 with 1 Stud	
6	3623	Yellow	Plate 1 x 3	
1	3710	OldGray	Plate 1 x 4	
7	3710	Yellow	Plate 1 x 4	
1	3666	Black	Plate 1 x 6	
1	3666	OldGray	Plate 1 x 6	
1	3666	Yellow	Plate 1 x 6	
2	6583	Yellow	Plate 1 x 6 with Train Wagon End	
1	3022	Black	Plate 2 x 2	

1	3022	Black	Plate 2 x 2	
4	3022	OldGray	Plate 2 x 2	
4	2420	Yellow	Plate 2 x 2 Corner	
1	4032	Yellow	Plate 2 x 2 Round	
6	2444	Black	Plate 2 x 2 with Hole	
2	2444	Yellow	Plate 2 x 2 with Hole	
2	3021	Black	Plate 2 x 3	
10	3021	Yellow	Plate 2 x 3	
2	3747	Yellow	Slope Brick 33 3 x 2 Inverted	
4	3665	Yellow	Slope Brick 45 2 x 1 Inverted	
1	71468	White	Sticker Sheet Technic Pneumatic Front-End Loader	
2	32013	Black	Technic Angle Connector #1	
2	32013	Yellow	Technic Angle Connector #1	
3	32034	OldGray	Technic Angle Connector #2	
2	32015	Black	Technic Angle Connector #5	
9	3704	Black	Technic Axle 2	
13	4519	Black	Technic Axle 3	
2	6587	OldDkGray	Technic Axle 3 with Stud	
11	3705	Black	Technic Axle 4	
15	3706	Black	Technic Axle 6	
12	3707	Black	Technic Axle 8	
3	3737	Black	Technic Axle 10	
3	6538b	OldGray	Technic Axle Joiner Offset	
12	6536	Black	Technic Axle Joiner Perpendicular	
16	6536	OldGray	Technic Axle Joiner Perpendicular	
2	6536	Yellow	Technic Axle Joiner Perpendicular	

12	3749	OldGray	Technic Axle Pin	
10	6632	Black	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
9	6632	OldGray	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
6	6632	Yellow	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
4	32009	Yellow	Technic Beam 3 x 3.8 x 7 Liftarm Bent 45 Double	
4	2825	Black	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
7	2825	OldGray	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
4	2825	Yellow	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
2	32017	OldGray	Technic Beam 5 x 0.5	
3	32017	Yellow	Technic Beam 5 x 0.5	
2	3700	Black	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
8	3700	Yellow	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
4	32000	Black	Technic Brick 1 x 2 with Holes	
10	32000	OldGray	Technic Brick 1 x 2 with Holes	

Fig.73.Componentes que forman el modelo 8459-2

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 1 restricción en exceso ja que tenemos dos actuadores y con 2 GDL que es debido de la liberación del chasis como parte fija.

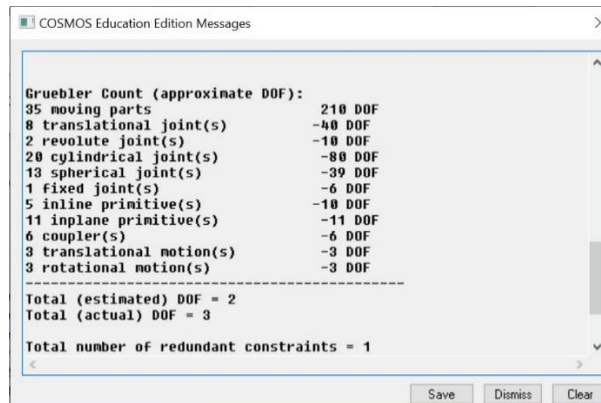


Fig.74.Cuadro recuento de pares y movilidad

5.2.2 -Modelo Lego Technic 8862-1

El modelo 8862-1 es una retroexcavadora para la realización de trabajos de excavación, los mecanismos que la componen son una pala delantera grande, en la parte trasera tiene un brazo articulado con pala y un sistema de patas de elevación, la dirección es de cremallera.



Fig.75.Modelo 8862-1

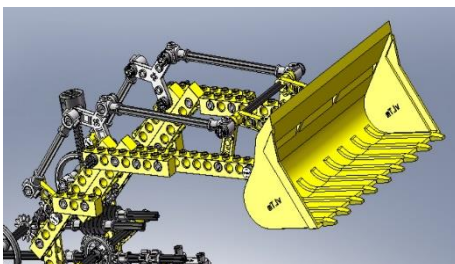


Fig.76.Pala delantera

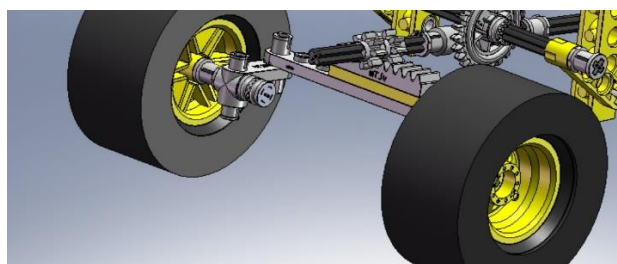


Fig.77.Cremallera de dirección

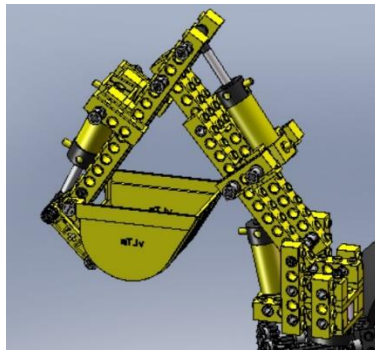


Fig.78.Pala trasera

El modelo 8862-1 está formado por 664 piezas y lo componen de 72 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

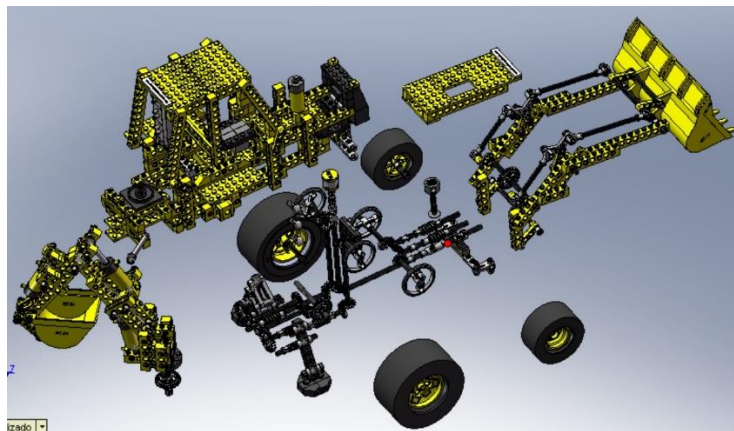



Fig.79.Vista explosionada

1	2436	Yellow	Bracket 1 x 2 - 1 x 4	
2	3005	Yellow	Brick 1 x 1	
1	3004	OldGray	Brick 1 x 2	
2	3245b	OldGray	Brick 1 x 2 x 2 with Inside Axleholder	
2	6091	Yellow	Brick 2 x 1 x 1 & 1/3 with Curved Top	
1	3941	TrYellow	Brick 2 x 2 Round	
2	2452	Yellow	Hinge Plate 1 x 2 with 3 Fingers on Side	
2	4073	OldGray	Plate 1 x 1 Round	
12	4073	Yellow	Plate 1 x 1 Round	
2	4081b	Yellow	Plate 1 x 1 with Clip Light - Type 2	

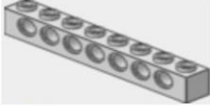
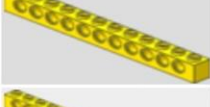
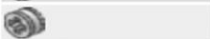


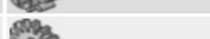





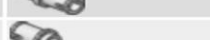


4	3023	Black	Plate 1 x 2	
9	3023	OldGray	Plate 1 x 2	
10	3023	Yellow	Plate 1 x 2	
2	3794	OldGray	Plate 1 x 2 with 1 Stud	
6	3623	Yellow	Plate 1 x 3	
1	3710	OldGray	Plate 1 x 4	
7	3710	Yellow	Plate 1 x 4	
1	3666	Black	Plate 1 x 6	
1	3666	OldGray	Plate 1 x 6	
1	3666	Yellow	Plate 1 x 6	
2	6583	Yellow	Plate 1 x 6 with Train Wagon End	
1	3022	Black	Plate 2 x 2	
1	2436	Black	Bracket 1 x 2 - 1 x 4	
4	3005	Black	Brick 1 x 1	
2	3005	OldGray	Brick 1 x 1	
2	3005	Yellow	Brick 1 x 1	
1	2453	OldGray	Brick 1 x 1 x 5	
5	3004	Yellow	Brick 1 x 2	
2	3622	Yellow	Brick 1 x 3	
1	3009	Black	Brick 1 x 6	
1	3009	Yellow	Brick 1 x 6	
1	3941	Black	Brick 2 x 2 Round	

1	3022	Black	Plate 2 x 2	
4	3022	OldGray	Plate 2 x 2	
4	2420	Yellow	Plate 2 x 2 Corner	
1	4032	Yellow	Plate 2 x 2 Round	
6	2444	Black	Plate 2 x 2 with Hole	
2	2444	Yellow	Plate 2 x 2 with Hole	
2	3021	Black	Plate 2 x 3	
10	3021	Yellow	Plate 2 x 3	
2	3747	Yellow	Slope Brick 33 3 x 2 Inverted	
4	3665	Yellow	Slope Brick 45 2 x 1 Inverted	
1	71468	White	Sticker Sheet Technic Pneumatic Front-End Loader	
2	32013	Black	Technic Angle Connector #1	
2	32013	Yellow	Technic Angle Connector #1	
1	3941	TrYellow	Brick 2 x 2 Round	
1	3001	OldGray	Brick 2 x 4	
1	73090b	Black	Brick 2 x 6 x 2 Weight with Plate Bottom	
1	4700	Yellow	Excavator Bucket 6 x 8	
1	2814	Yellow	Excavator Bucket 14 x 8 with 7 Teeth	
4	3024	OldGray	Plate 1 x 1	
4	3024	Yellow	Plate 1 x 1	
5	3023	Black	Plate 1 x 2	
2	3023	OldGray	Plate 1 x 2	
21	3023	Yellow	Plate 1 x 2	
3	3794	Black	Plate 1 x 2 with 1 Stud	
1	3623	OldGray	Plate 1 x 3	

8	3623	Yellow	Plate 1 x 3	
6	3710	Black	Plate 1 x 4	
3	3710	OldGray	Plate 1 x 4	
14	3710	Yellow	Plate 1 x 4	
1	3666	Black	Plate 1 x 6	
13	3666	Yellow	Plate 1 x 6	
12	3460	Yellow	Plate 1 x 8	
1	3022	Black	Plate 2 x 2	
6	3022	Yellow	Plate 2 x 2	
2	2420	Yellow	Plate 2 x 2 Corner	
1	4032	Yellow	Plate 2 x 2 Round	
4	2444	Black	Plate 2 x 2 with Hole	
2	3021	Yellow	Plate 2 x 3	
3	32034	OldGray	Technic Angle Connector #2	
2	32015	Black	Technic Angle Connector #5	
9	3704	Black	Technic Axle 2	
13	4519	Black	Technic Axle 3	
2	6587	OldDkGray	Technic Axle 3 with Stud	
11	3705	Black	Technic Axle 4	
15	3706	Black	Technic Axle 6	
12	3707	Black	Technic Axle 8	
3	3737	Black	Technic Axle 10	
3	6538b	OldGray	Technic Axle Joiner Offset	
12	6536	Black	Technic Axle Joiner Perpendicular	
16	6536	OldGray	Technic Axle Joiner Perpendicular	
2	6536	Yellow	Technic Axle Joiner Perpendicular	

1	3795	Black	Plate 2 x 6	
3	3795	Yellow	Plate 2 x 6	
4	3034	Yellow	Plate 2 x 8	
2	3832	Yellow	Plate 2 x 10	
2	3031	Black	Plate 4 x 4	
1	3032	Yellow	Plate 4 x 6	
4	3035	Yellow	Plate 4 x 8	
1	3958	Yellow	Plate 6 x 6	
4	3040b	Black	Slope Brick 45 2 x 1	
4	3040b	Yellow	Slope Brick 45 2 x 1	
4	3665	Black	Slope Brick 45 2 x 1 Inverted	
12	3749	OldGray	Technic Axle Pin	
10	6632	Black	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
9	6632	OldGray	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
6	6632	Yellow	Technic Beam 3 x 0.5 Liftarm	
4	32009	Yellow	Technic Beam 3 x 3.8 x 7 Liftarm Bent 45 Double	
4	2825	Black	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
7	2825	OldGray	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
4	2825	Yellow	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
2	32017	OldGray	Technic Beam 5 x 0.5	
3	32017	Yellow	Technic Beam 5 x 0.5	
2	3700	Black	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
8	3700	Yellow	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
4	32000	Black	Technic Brick 1 x 2 with Holes	
10	32000	OldGray	Technic Brick 1 x 2 with Holes	

2	3665	OldGray	Slope Brick 45 2 x 1 Inverted	
2	4460	Black	Slope Brick 75 2 x 1 x 3	
4	3704	Black	Technic Axle 2	
2	4519	Black	Technic Axle 3	
12	3705	Black	Technic Axle 4	
16	3706	Black	Technic Axle 6	
7	3707	Black	Technic Axle 8	
4	3737	Black	Technic Axle 10	
1	3737c01	Black	Technic Axle 10 Threaded	
11	3708	Black	Technic Axle 12	
3	4698	OldGray	Technic Axle Nut	
24	3749	OldGray	Technic Axle Pin	
8	2825	OldGray	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
14	2825	Yellow	Technic Beam 4 x 0.5 Liftarm with Boss	
2	3700	OldGray	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
19	3700	Yellow	Technic Brick 1 x 2 with Hole	
2	3701	Black	Technic Brick 1 x 4 with Holes	
4	3701	OldGray	Technic Brick 1 x 4 with Holes	
23	3701	Yellow	Technic Brick 1 x 4 with Holes	
1	3894	Black	Technic Brick 1 x 6 with Holes	
2	3894	OldGray	Technic Brick 1 x 6 with Holes	
13	3894	Yellow	Technic Brick 1 x 6 with Holes	

2	3702	Black	Technic Brick 1 x 8 with Holes	
1	3702	OldGray	Technic Brick 1 x 8 with Holes	
14	3702	Yellow	Technic Brick 1 x 8 with Holes	
1	3895	OldGray	Technic Brick 1 x 12 with Holes	
16	3895	Yellow	Technic Brick 1 x 12 with Holes	
10	3703	Yellow	Technic Brick 1 x 16 with Holes	
38	3713	OldGray	Technic Bush	
56	4265a	OldGray	Technic Bush 1/2 Type I	
8	3651	OldGray	Technic Connector	
4	4273a	OldGray	Technic Connector Toggle Joint Toothed with No Slots	
4	3647	OldGray	Technic Gear 8 Tooth	
15	4143	OldGray	Technic Gear 14 Tooth Bevel	
2	4019	OldGray	Technic Gear 16 Tooth	
4	3650a	OldGray	Technic Gear 24 Tooth Crown Type I (short teeth)	
2	x187	OldGray	Technic Gear 24 Tooth with Three Axleholes	
1	3743	OldGray	Technic Gear Rack 1 x 4	
8	3673	OldGray	Technic Pin	
3	4274	OldGray	Technic Pin 1/2	
70	4459	Black	Technic Pin with Friction and No Slots	
2	4263	Yellow	Technic Plate 1 x 4 with Holes	
3	2719	OldGray	Technic Plate 1 x 10 with Holes	
3	3709b	Black	Technic Plate 2 x 4 with Holes	

















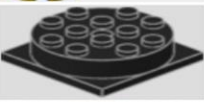

5	3709b	Yellow	Technic Plate 2 x 4 with Holes	
3	3738	Yellow	Technic Plate 2 x 8 with Holes	
3	2793c01	Yellow	Technic Pneumatic Cylinder New Complete Assembly	
1	2797c01	Yellow	Technic Pneumatic Pump New Complete Assembly	
3	4694	OldGray	Technic Pneumatic Switch	
3	4696	OldGray	Technic Pneumatic T Piece	
2	x188	Black	Technic Pneumatic Tubing	
1	x188	OldGray	Technic Pneumatic Tubing	
4	3736	OldGray	Technic Pulley Large	
2	2711	Yellow	Technic Rotor 2 Blade with 2 Studs	
2	2712	OldGray	Technic Rotor 3 Blade	
2	4261	OldGray	Technic Steering Arm	
4	4716	Black	Technic Worm Screw	
3	3070b	Black	Tile 1 x 1 with Groove	
9	3069b	Black	Tile 1 x 2 with Groove	
1	4150	Yellow	Tile 2 x 2 Round	
1	3403c01	Black	Turntable 4 x 4 Square Base (Complete)	
2	4267	Black	Tyre 20 x 30 Technic	

Fig.80. Piezas modelo 8862-1

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 5 restricción en exceso este es el resultado de la duplicidad de los componentes.

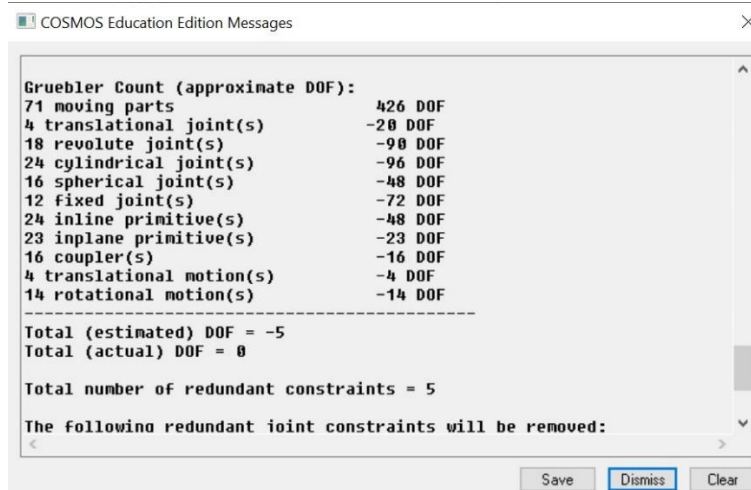


Fig.81. Cuadro recuento de pares y movilidad

5.3-Modelos Seleccionados Cliente

5.3.1 -Modelo Lego Technic 42040-1

El modelo 42040-1 es un avión de extinción de incendios, donde podemos observar que tiene un motor con los pistones puestos horizontalmente, que mueve las hélices del avión y también engrana con el tren motriz. La palanca que se encuentra entre la cola trasera y los alerones, tiene la función de ejercer el movimiento arriba y debajo de estos componentes, en medio del avión se encuentra el deposito donde se aloja el agua.

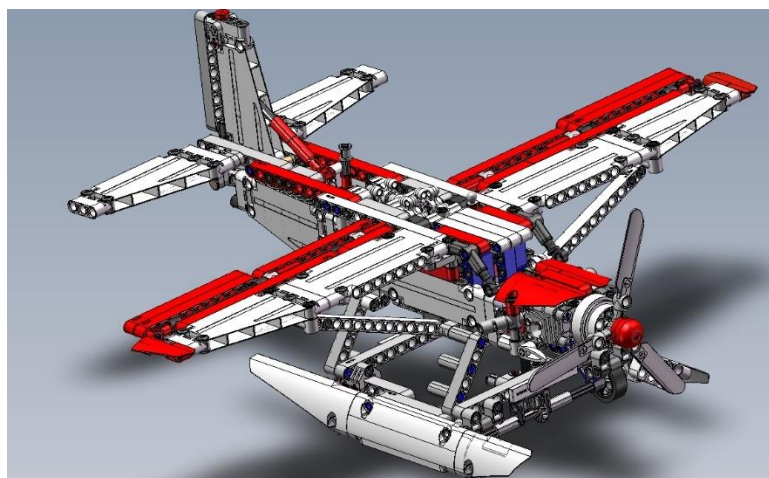


Fig.82.Modelo 42040-1



Fig.83.Helices, pistones, tren motriz

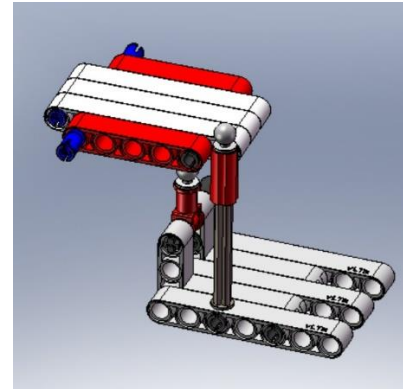


Fig.84.Sistema de descarga

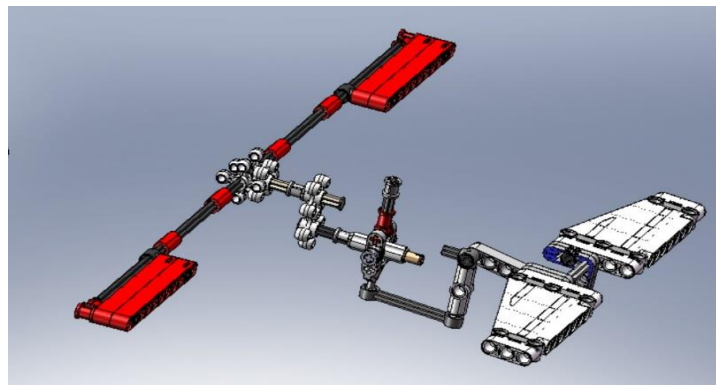


Fig.85.Cola y alerones del avión

El modelo 42040-1 está formado por 578 piezas y lo componen de 22 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

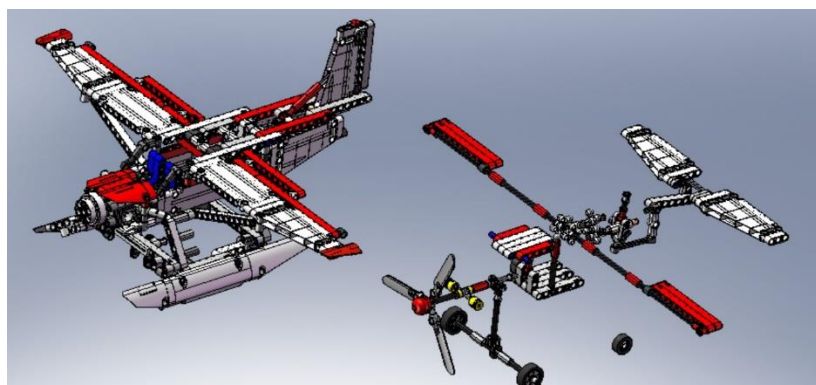

















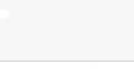


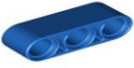





























Fig.86.Vista explosionada

	117	Black	Connectors	2780
	12	Black	Beams, Special	42003
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	4	Black	Connectors	6628
	2	Black	Connectors	45590
	1	Black	Connectors	48496
	5	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32072
	1	Black	Half Beams, Special	87408
	2	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	61254
	2	Black	Tyres And Rims For Snap Ø3,2	92409
	8	Black	Connectors	3705
	3	Black	Connectors	3706
	2	Black	Connectors	3707
	2	Black	Connectors	3708
	2	Black	Half Beams	6632
	2	Black	Connectors	32192

	3	Brick Yellow	Connectors	6562
	7	Bright Blue	Connectors	4274
	2	Bright Blue	Beams	32140
	24	Bright Blue	Connectors	43093
	2	Bright Blue	Beams	32523
	29	Bright Blue	Connectors	6558
	1	Bright Red	Plates, Special Circles And Angles	4032
	1	Bright Red	Bricks, Special Circles And Angles	30367
	2	Black	Connectors	32126
	4	Black	Beams, Special	74695
	3	Black	Half Beams	11478
	10	Black	Beams, Special	15100
	10	Black	Connectors	18651
	3	Black	Connectors	10197
	1	Brick Yellow	Connectors	32556
	3	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589

	5	Bright Red	Connectors	32039
	10	Bright Red	Beams	32316
	20	Bright Red	Connectors	32062
	4	Bright Red	Beams	32526
	2	Bright Red	Half Beams	41677
	10	Bright Red	Connectors	6590
	8	Bright Red	Connectors	59443
	1	Bright Red	Beams W/ Shapes	64391
	1	Bright Red	Beams W/ Shapes	64683
	3	Bright Red	Beams	64871
	10	Bright Red	Beams	64290
	1	Bright Red	Beams W/ Shapes	11946
	1	Bright Red	Beams W/ Shapes	11947
	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2851
	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2853
	7	Bright Yellow	Connectors	32123

	1	Dark Stone Grey	Connectors	55013
	1	Dark Stone Grey	Connectors	59426
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements	32005
	3	Dark Stone Grey	Transportation Means, Aviation	99012
	6	Dark Stone Grey	Connectors	11214
	1	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	3	Medium Stone Grey	Connectors	2736
	4	Medium Stone Grey	Half Beams	32056
	9	Medium Stone Grey	Beams, Special	32184
	2	Medium Stone Grey	Beams	32271
	7	Medium Stone Grey	Connectors	32073
	1	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	6572
	2	Medium Stone Grey	Connectors	42610
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	6536
	3	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	2	Medium Stone Grey	Connectors	3673

	11	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	10	Medium Stone Grey	Connectors	32054
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2850
	6	Medium Stone Grey	Beams	32524
	1	Medium Stone Grey	Connectors	57585
	8	Medium Stone Grey	Connectors	59443
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	63869
	2	Medium Stone Grey	Beams	64871
	11	Medium Stone Grey	Beams, Special	87082
	2	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	33299
	3	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	92907
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2852
	7	Medium Stone Grey	Half Beams	99773
	5	Sand Yellow	Connectors	15462
	2	Silver Ink	Connectors	15555
	4	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	30057

	5	White	Connectors	32034
	12	White	Beams, Special	6536
	2	White	Decoration Elements	41669
	7	White	Beams	32523
	3	White	Beams	32524
	1	White	Beams W/ Shapes	64683
	1	White	Beams W/ Shapes	64391
	1	White	Beams W/ Shapes	64393
	1	Transparent Green	Plates, Special Circles And Angles	98138
	8	Transparent Light Blue	Bricks, Special Circles And Angles	6116
	2	Transparent Red	Plates, Special Circles And Angles	98138
	1	White	Transportation Means, Aviation	60208
	1	White	Rubbers And Strings	85543
	2	White	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	56903
	6	White	Beams	32140
	12	White	Connectors	32013

	1	White	Beams W/ Shapes	64681
	4	White	Beams	41239
	4	White	Beams	64289
	2	White	Beams, Special	64782
	2	White	Beams W/ Shapes	62531
	2	White	Beams, Special	15458
	4	White	Beams	6629
	7	White	Beams, Special	18945

Fig.87.Piezas modelo 42040-1

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 0 restricción.

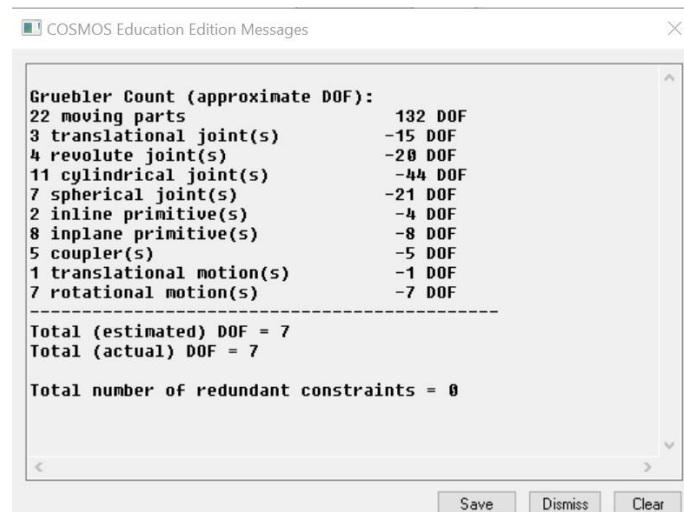


Fig.88.Cuadro de recuento de pares y movilidad

5.3.2 -Modelo Lego Technic 42075-1

El modelo 42075-1 es una furgoneta de bomberos equipada de material contra incendios, donde el motor tiene los pistones están puestos horizontalmente (bóxer), este se encarga de mover las ruedas traseras a partir de una junta cardan que va a un diferencial, con puertas abatibles laterales. Las ruedas delanteras se produce el giro a partir de la dirección de cremallera.

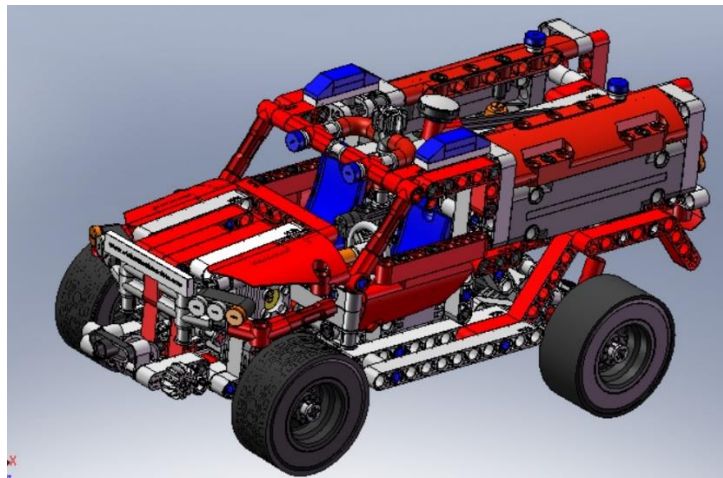


Fig.89.Modelo 42075-1

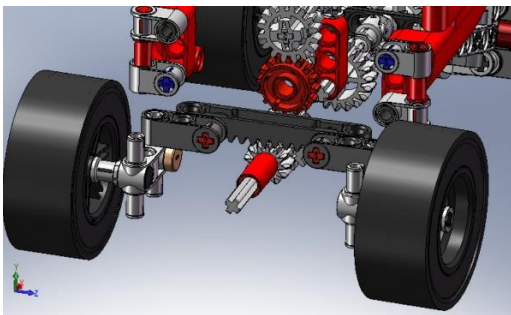


Fig.90.Dirección cremallera

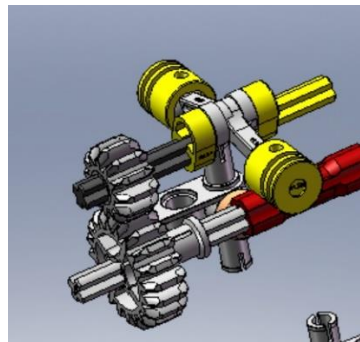


Fig.91.Pistones motor

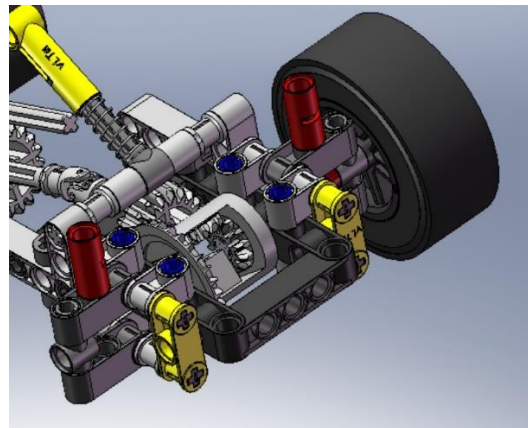


Fig.92.Tren motriz

El modelo 42075-1 está formado por 513 piezas y lo componen de 33 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

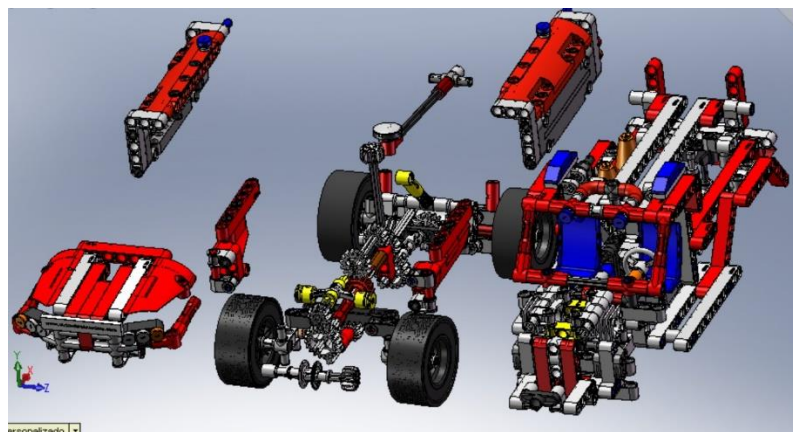









































Fig.93.Vista explosionada

	1	Black	Figure Accessories In Hand	3835
	1	Black	Plates, Special Circles And Angles	4032
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	56145
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	15413
	0	Black	Rubbers And Strings	31865
	6	Black	Connectors	3705
	1	Black	Connectors	3737
	2	Black	Connectors	32039
	6	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	3	Black	Beams, Special	63869
	1	Black	Beams, Special	64179
	1	Black	Functional Elements	76537
	2	Black	Connectors	18651
	3	Black	Connectors	10197
	1	Black	Half Beams, Special	49137
	77	Black	Connectors	61332

	2	Bright Blue	Beams W/ Shapes	35396
	1	Bright Blue	Beams, Special	65487
	40	Bright Blue	Connectors	42924
	2	Bright Orange	Bricks, Special Circles And Angles	14918
	1	Bright Orange	Beams, Special	40147
	2	Bright Red	Decoration Elements	25214
	2	Bright Red	Beams	32316
	14	Bright Red	Connectors	32062
	1	Black	Connectors	46189
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	65127
	4	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589
	3	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575
	2	Brick Yellow	Connectors	39888
	15	Bright Blue	Connectors	4274
	9	Bright Blue	Connectors	43093
	2	Bright Blue	Beams	43857

	5	Bright Red	Beams	32526
	7	Bright Red	Beams	32523
	8	Bright Red	Connectors	32034
	3	Bright Red	Connectors	32013
	5	Bright Red	Beams	32524
	2	Bright Red	Beams	41239
	2	Bright Red	Beams W/ Shapes	64391
	2	Bright Red	Beams W/ Shapes	64683
	6	Bright Red	Beams	60484
	15	Bright Red	Connectors	11214
	22	Bright Red	Beams, Special	40146
	2	Bright Red	Connectors	41488
	17	Bright Red	Connectors	42798
	5	Bright Red	Connectors	42195
	4	Bright Red	Beams	42149
	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2851

	2	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	12	Dark Stone Grey	Beams	18654
	2	Dark Stone Grey	Beams, Special	15458
	3	Dark Stone Grey	Connectors	27940
	1	Medium Stone Grey	Interior	4599
	1	Medium Stone Grey	Functional Elements	61510
	10	Medium Stone Grey	Connectors	4274
	2	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2853
	4	Bright Yellow	Connectors	32073
	4	Bright Yellow	Beams, Special	42142
	1	Dark Stone Grey	Cranes And Scaffold	30395
	6	Dark Stone Grey	Beams	32526
	2	Dark Stone Grey	Connectors	55013
	1	Dark Stone Grey	Connectors	59426
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	62821

	15	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	2	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	41678
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2850
	2	Medium Stone Grey	Beams	32524
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	64178
	2	Medium Stone Grey	Beams	64871
	1	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2819
	6	Medium Stone Grey	Beams	64290
	2	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	94925
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2852
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	14720
	2	Medium Stone Grey	Connectors	42128
	6	Medium Stone Grey	Beams	42137
	8	Medium Stone Grey	Beams, Special	42796
	4	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	42193
	6	Medium Stone Grey	Beams, Special	65489

	2	Medium Stone Grey	Connectors	42127
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	49130
	3	Medium Stone Grey	Beams, Special	44874
	1	Medium Stone Grey	Connectors	61903
	7	Medium Stone Grey	Connectors	65304
	4	Reddish Brown	Connectors	59443
	2	Sand Yellow	Connectors	13670
	1	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	28558
	4	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	35380
	2	Transparent Blue	Plates	28653
	4	Transparent Blue	Bricks, With Slope	35338
	2	Transparent Blue	Plates	35386
	4	Transparent Blue	Plates, Special Circles And Angles	35380
	6	Transparent Bright Orange	Plates, Special Circles And Angles	35380
	2	Transparent Red	Plates, Special Circles And Angles	35380
	2	White	Plates	3710

Fig.94.Piezas modelo 42075-1

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 0 restricción.

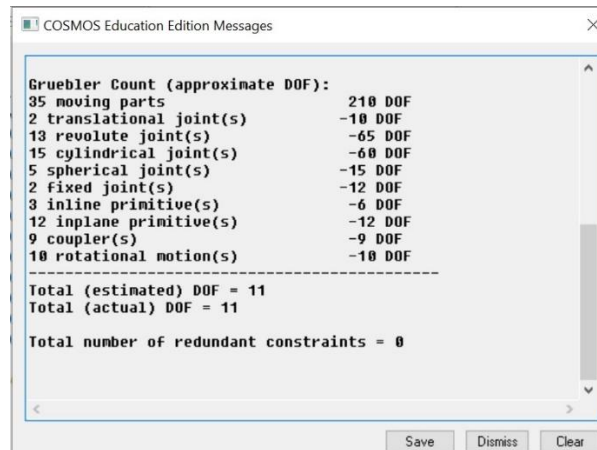


Fig.95.Cuadro de recuento de pares y movilidad

5.3.3 -Modelo Lego Technic 42039-2

El modelo 42039-2 es un vehículo todo terreno, entre los mecanismos principales podemos encontrar que los faros delanteros y el portón trasero pueden ejercer movimiento independientemente, gracias a una palanca de cambios. Cada rueda tiene suspensión independiente lo que permite el movimiento vertical de cada una de las ruedas, también está formado por un motor V8 que es el que hace el movimiento a las ruedas, la dirección es de tipo cremallera.

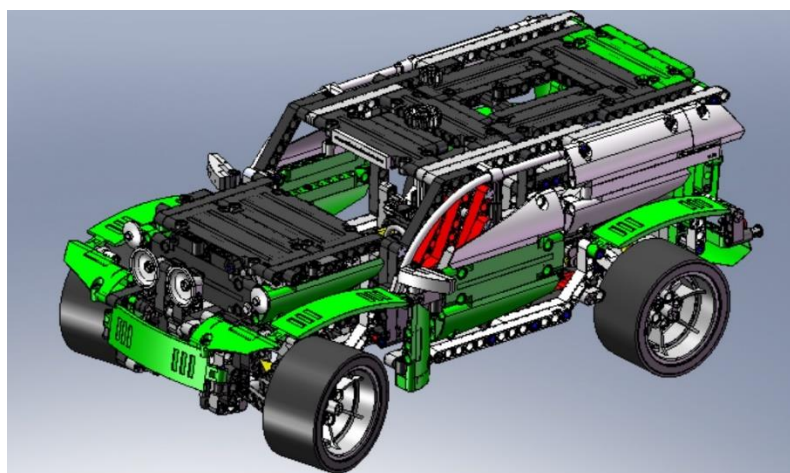


Fig.96.Modelo 42039-2

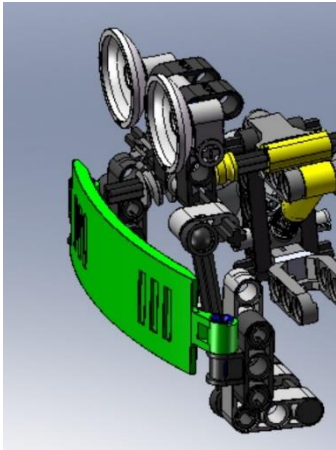


Fig.97.Faros delanteros

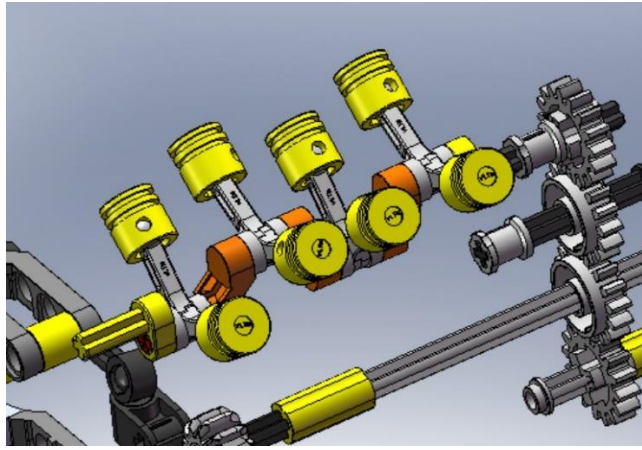


Fig.98.Cilindros Motor

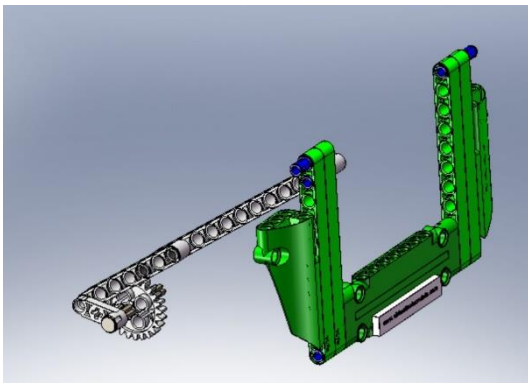


Fig.99.Porton Trasero

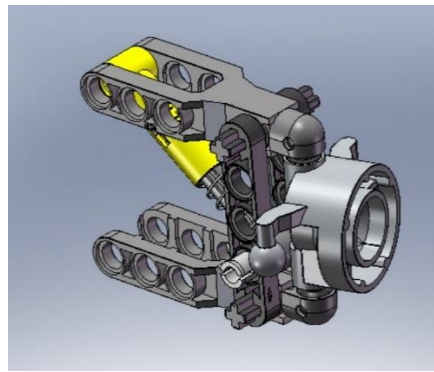


Fig.100.Suspension Independiente

El modelo 42039-2 está formado por 1219 piezas y lo componen de 83 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

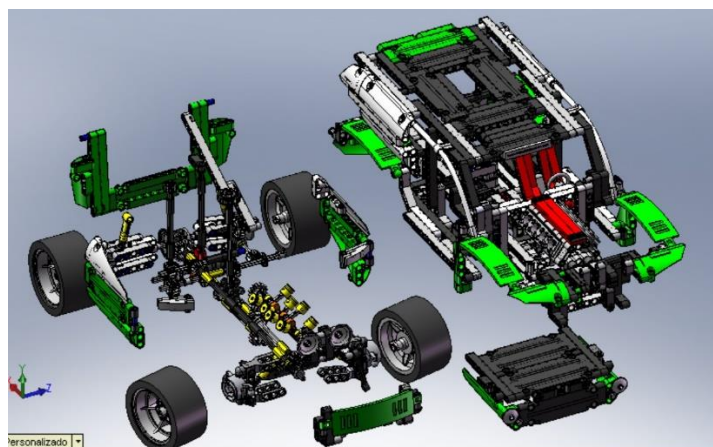

















































Fig.101.Vista explosionada





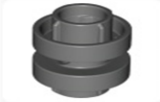


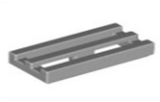








	2	Black	Beams	6629
	18	Black	Beams	32140
	241	Black	Connectors	2780
	6	Black	Beams	32316
	5	Black	Beams	32526
	14	Black	Beams, Special	6536
	10	Black	Beams, Special	42003
	6	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	13	Black	Connectors	3705
	15	Black	Connectors	3706
	1	Black	Connectors	3737
	2	Black	Connectors	32015
	2	Black	Half Beams	32006
	4	Black	Connectors	32054
	5	Black	Connectors	32034














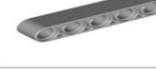

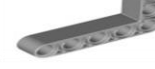
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	87761
	2	Black	Beams, Special	64782
	4	Black	Functional Elements	32005
	12	Black	Beams	64289
	7	Black	Beams, Special	63869
	4	Black	Functional Elements	76537
	5	Black	Beams	64290
	12	Black	Half Beams	11478
	8	Black	Connectors	6628
	2	Black	Tubes	32199
	4	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32072
	7	Black	Beams	32524
	13	Black	Connectors	59443
	10	Black	Beams	64871
	14	Black	Beams	60484
	3	Black	Half Beams, Special	87408

	6	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589
	2	Brick Yellow	Connectors	6562
	3	Brick Yellow	Transportation Means, Vehicles	10721
	6	Brick Yellow	Connectors	32002
	1	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32198
	6	Bright Blue	Connectors	4274
	43	Bright Blue	Connectors	43093
	113	Bright Blue	Connectors	6558
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	15038
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	44771
	12	Black	Beams, Special	15100
	6	Black	Beams, Special	15458
	3	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575
	6	Brick Yellow	Connectors	32556
	6	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589
	2	Brick Yellow	Connectors	6562

	5	Bright Green	Beams W/ Shapes	64683
	5	Bright Green	Beams W/ Shapes	64391
	4	Bright Green	Beams, Special	15458
	30	Bright Green	Beams, Special	42003
	4	Bright Green	Beams, Special	6536
	1	Bright Red	Plates	3832
	2	Bright Red	Plates	4162
	4	Bright Red	Connectors	32039
	113	Bright Blue	Connectors	6558
	8	Bright Green	Beams W/ Shapes	18944
	2	Bright Green	Beams W/ Shapes	64681
	2	Bright Green	Beams W/ Shapes	64393
	4	Bright Green	Beams	64290
	6	Bright Green	Beams	32524
	6	Bright Green	Beams	32316

	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2853
	8	Bright Yellow	Connectors	32123
	9	Bright Yellow	Connectors	59443
	2	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6542
	1	Dark Stone Grey	Connectors	55013
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	62821
	2	Dark Stone Grey	Functional Elements	92906
	4	Dark Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	92909
	6	Bright Red	Beams, Special	32184
	16	Bright Red	Connectors	32062
	1	Bright Red	Connectors	32014
	2	Bright Red	Beams	6629
	2	Bright Red	Beams	32009
	1	Bright Red	Connectors	19437
	2	Bright Red	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18946
	8	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2851

	3	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	10928
	21	Dark Stone Grey	Connectors	11214
	4	Dark Stone Grey	Half Beams, Special	57515
	13	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	1	Dark Stone Grey	Connectors	18947
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	24505
	2	Medium Stone Grey	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	32333
	2	Medium Stone Grey	Plates	2412
	2	Medium Stone Grey	Plates	3024
	2	Medium Stone Grey	Plates	3623
	2	Medium Stone Grey	Bricks, Special Circles And Angles	6143
	2	Medium Stone Grey	Bricks, Special Circles And Angles	30367
	2	Medium Stone Grey	Miscellaneous Elements	61184
	2	Medium Stone Grey	Bricks With Bows And Arches	11153
	2	Medium Stone Grey	Plates, Special	18677
	2	Medium Stone Grey	Connectors	2736

	8	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	31	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	17	Medium Stone Grey	Connectors	32054
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	44809
	8	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2850
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	55615
	13	Medium Stone Grey	Beams	32524
	4	Medium Stone Grey	Half Beams	32017
	4	Medium Stone Grey	Connectors	32015
	9	Medium Stone Grey	Beams	32140
	38	Medium Stone Grey	Connectors	6590
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	32291
	13	Medium Stone Grey	Connectors	32073
	11	Medium Stone Grey	Beams	32316
	1	Medium Stone Grey	Beams	32348
	10	Medium Stone Grey	Beams	32526

	13	Medium Stone Grey	Beams, Special	60483
	11	Medium Stone Grey	Beams	41239
	4	Medium Stone Grey	Connectors	60485
	1	Medium Stone Grey	Beams, Special	64179
	3	Medium Stone Grey	Beams, Special	64178
	6	Medium Stone Grey	Beams, Special	87082
	4	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	33299
	1	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2819
	4	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	94925
	8	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2852
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	32068
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	11949
	4	Medium Stone Grey	Functional Elements	19991
	2	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	28833
	4	Medium Stone Grey	Connectors	29219
	2	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And	32905









	5	Sand Yellow	Connectors	13670
	2	Sand Yellow	Connectors	15462
	2	Silver Metallic	Tubes	71986
	2	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	30057
	2	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	44882
	2	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	30063
	4	Transparent Red	Plates, Special Circles And Angles	30057
	4	White	Beams	32140

Fig.102.Piezas modelo 42039-2

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 0 restricción

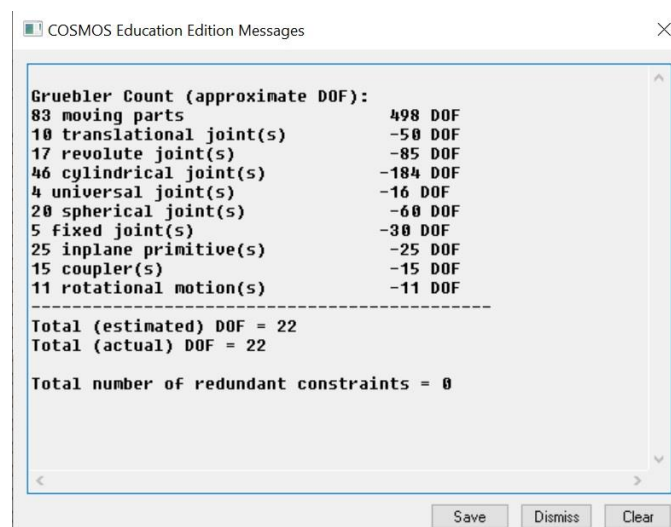


Fig.103.Cuadro recuento de pares y movilidad

5.3.4 -Modelo Lego Technic 42024-1

El modelo 42024-1 es un camión portacontenedor de obra, los mecanismos que podemos encontrar es los brazos que tiene para poder cargar y descargar el contenedor de obra, un sistema de patas de elevación. También tiene un sistema de palanca para poder ejercer el movimiento independiente entre los brazos del contenedor y las patas de elevación.

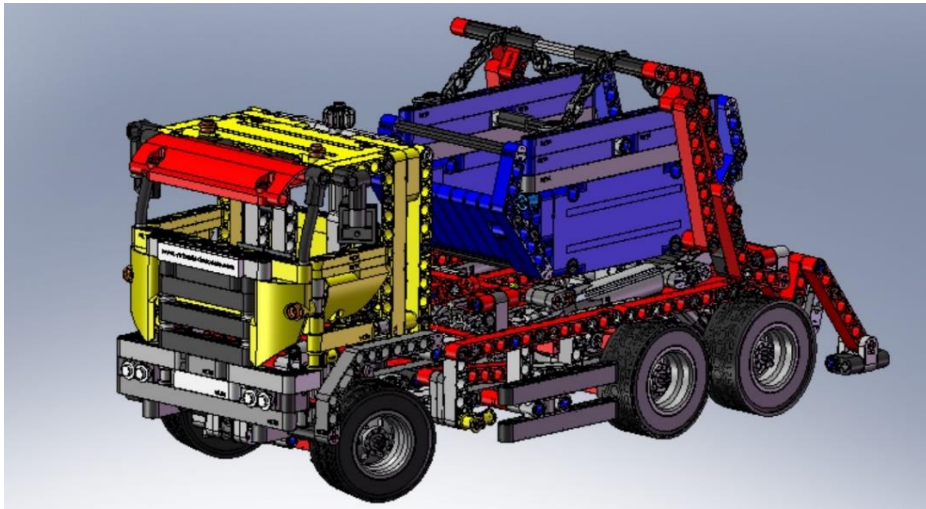


Fig.104.Modelo 42024-1

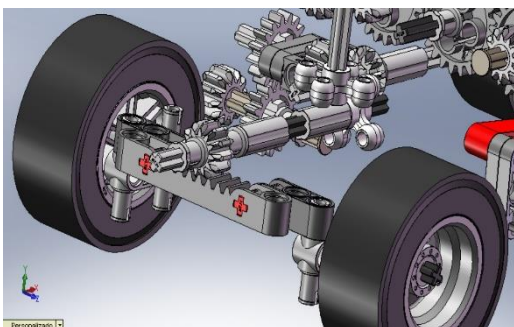


Fig.105.Direccion

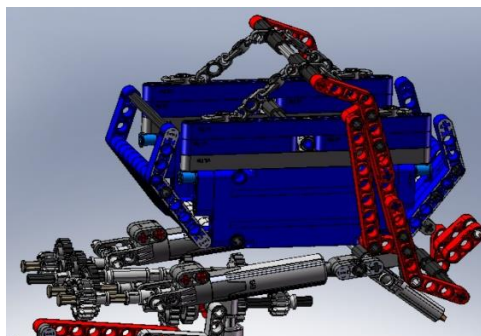


Fig.106.Contenedor

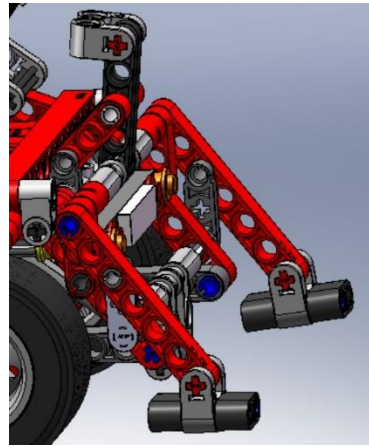


Fig.107.Patas elevación

El modelo 42040-1 está formado por 948 piezas y lo componen de 59 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

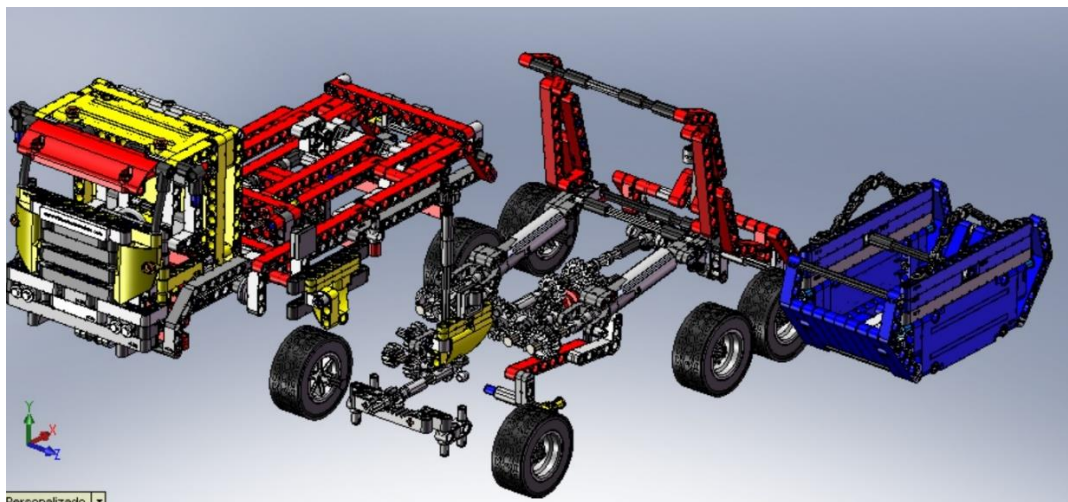








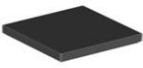


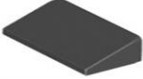





































































Fig.108.vista explosionada

















	14	Black	Connectors	32013
	121	Black	Connectors	2780
	1	Black	Beams	32316
	6	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	2	Black	Connectors	6628
	1	Black	Beams, Special	44809
	3	Black	Beams	32524
	1	Black	Beams W/ Shapes	62531
	2	Black	Plates	3068
	1	Black	Plates	3710
	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	32000
	2	Black	Bricks, With Slope	85984
	6	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	15413
	10	Black	Connectors	3705
	9	Black	Connectors	3706
	4	Black	Connectors	3737

	1	Brick Yellow	Connectors	6538
	1	Brick Yellow	Connectors	32556
	1	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589
	7	Brick Yellow	Connectors	6562
	2	Brick Yellow	Connectors	99008
	22	Brick Yellow	Connectors	32002
	3	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575
	11	Bright Blue	Beams	32316
	1	Black	Half Beams, Special	87408
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	87761
	4	Black	Half Beams, Special	33299
	2	Black	Half Beams, Special	92907
	2	Black	Tubes	76279
	6	Black	Beams	64289
	7	Black	Half Beams	11478
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575

	6	Bright Red	Half Beams	32449
	4	Bright Red	Beams	32316
	33	Bright Red	Connectors	32062
	8	Bright Red	Beams	32523
	2	Bright Red	Beams	43857
	6	Bright Red	Beams	6629
	1	Bright Red	Connectors	6539
	6	Bright Red	Beams	32524
	8	Bright Blue	Beams	6629
	42	Bright Blue	Connectors	43093
	4	Bright Blue	Beams	32524
	4	Bright Blue	Beams	32523
	66	Bright Blue	Connectors	6558
	2	Bright Blue	Beams, Special	64782
	2	Bright Blue	Beams	64871

	2	Bright Yellow	Beams	32526
	2	Bright Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32072
	4	Bright Yellow	Beams	41239
	4	Bright Yellow	Beams	64290
	4	Bright Yellow	Half Beams	32063
	1	Bright Yellow	Beams	64289
	2	Bright Yellow	Beams W/ Shapes	87080
	2	Bright Yellow	Beams W/ Shapes	87086
	11	Bright Red	Beams	41239
	9	Bright Red	Connectors	62462
	5	Bright Red	Beams	64290
	9	Bright Red	Beams	64289
	1	Bright Red	Connectors	19437
	16	Bright Yellow	Beams, Special	6536
	7	Bright Yellow	Connectors	32039
	4	Bright Yellow	Beams	32316

	7	Dark Stone Grey	Half Beams	6632
	3	Dark Stone Grey	Half Beams, Special	41678
	2	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6542
	2	Dark Stone Grey	Connectors	55013
	4	Dark Stone Grey	Connectors	59426
	29	Dark Stone Grey	Connectors	59443
	1	Dark Stone Grey	Beams	41239
	2	Dark Stone Grey	Functional Elements	61927
	2	Bright Yellow	Beams, Special	64782
	2	Dark Stone Grey	Plates, Special	10247
	2	Dark Stone Grey	Beams	32009
	2	Dark Stone Grey	Connectors	32014
	2	Dark Stone Grey	Beams	32523
	15	Dark Stone Grey	Beams	32526
	1	Dark Stone Grey	Half Beams	6575
	14	Dark Stone Grey	Beams, Special	42003

	9	Medium Stone Grey	Connectors	4274
	22	Medium Stone Grey	Connectors	32034
	29	Medium Stone Grey	Connectors	32123
	6	Medium Stone Grey	Half Beams	32056
	2	Medium Stone Grey	Half Beams	32063
	6	Medium Stone Grey	Beams, Special	32184
	33	Medium Stone Grey	Connectors	6590
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	32291
	2	Dark Stone Grey	Half Beams, Special	61904
	3	Dark Stone Grey	Beams	60484
	22	Dark Stone Grey	Beams, Special	74695
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	10928
	10	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	4	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	24505
	6	Medium Stone Grey	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	56145
	1	Medium Stone Grey	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	13971

















	8	Medium Stone Grey	Beams	64871
	6	Medium Stone Grey	Beams, Special	87082
	1	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2819
	6	Medium Stone Grey	Beams	64290
	1	Medium Stone Grey	Functional Elements	92693
	4	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	94925
	4	Medium Stone Grey	Half Beams	99773
	5	Sand Yellow	Connectors	13670
	12	Medium Stone Grey	Connectors	32073
	8	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	2	Medium Stone Grey	Connectors	3673
	30	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	26	Medium Stone Grey	Connectors	32054
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	48989
	3	Medium Stone Grey	Connectors	61903
	3	Medium Stone Grey	Connectors	60485

Fig.109.Piezas modelo 42024-1

El resumen del cálculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 3 restricciones en exceso por tener varios actuadores realizando la misma función.

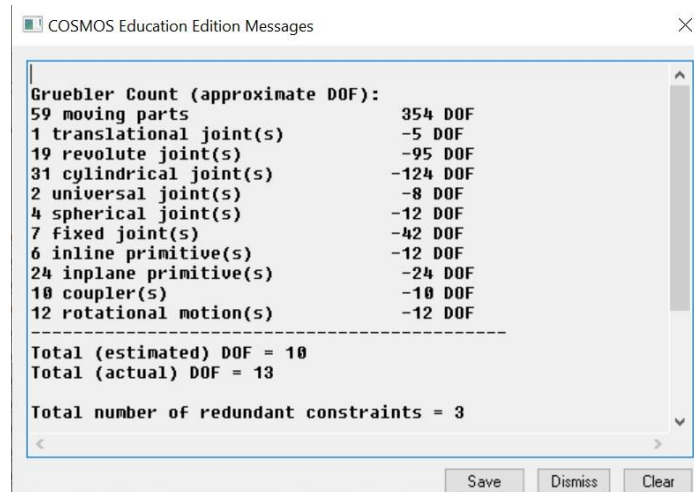


Fig.110.Cuadro recuento pares y movilidad

5.3.5 -Modelo Lego Technic 42053-1

El modelo 42053-1 es un cargador de ruedas compactas de la marca volvo, el mecanismo principal está en la parte frontal, que, en vez de llevar una pala, esta acoplado una pinza para uso de cargas más voluminosas y para la dirección incorpora unos engranajes centrales oscilantes.



Fig.111.Modelo 42053-2

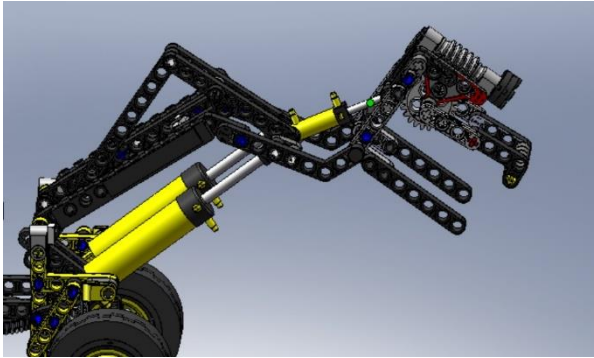


Fig.112.Pinza frontal

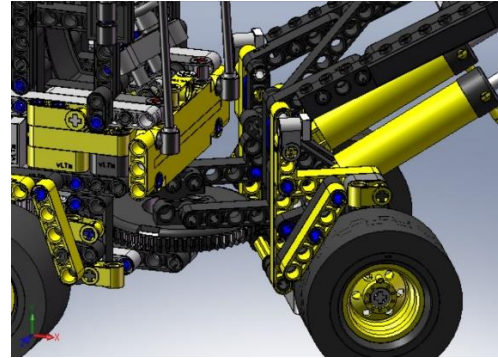


Fig.113.Dirección articulada

El modelo 42053-2 está formado por 1166 piezas y lo componen de 25 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

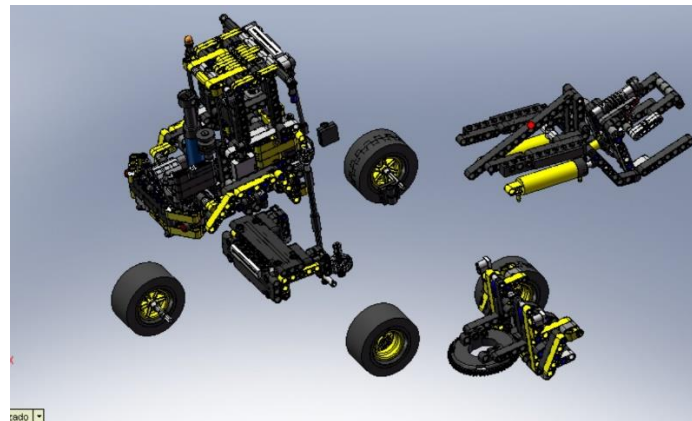











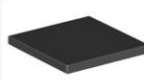
















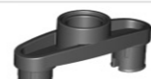




















Fig.114.Vista explosionada


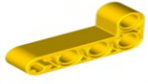

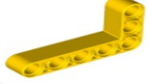


	4	Black	Plates, Special Circles And Angles	4032
	1	Black	Bricks, With Slope	4286
	4	Black	Plates	6636
	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	32018
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	55976
	7	Black	Plates	63864
	6	Black	Bricks With Bows And Arches	13731
	4	Black	Plates, Special Circles And Angles	15535
	3	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	2730
	3	Black	Plates, Special	2817
	5	Black	Plates	3021
	3	Black	Plates	3068
	8	Black	Plates	3623
	8	Black	Plates	3666
	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	3701















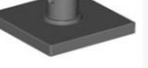

	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	2743
	13	Black	Connectors	3706
	2	Black	Connectors	3737
	14	Black	Connectors	32039
	1	Black	Connectors	32016
	26	Black	Connectors	32054
	1	Black	Connectors	32014
	14	Black	Half Beams	6632
	6	Black	Half Beams	32056
	8	Black	Half Beams	32065
	2	Black	Connectors	32138
	31	Black	Beams	32140
	132	Black	Connectors	2780
	5	Black	Beams	32271
	20	Black	Beams	32316
	4	Black	Beams	32526

















	8	Black	Connectors	59443
	1	Black	Beams	41239
	1	Black	Beams W/ Shapes	64391
	1	Black	Beams W/ Shapes	64683
	7	Black	Beams	64871
	2	Black	Beams, Special	87082
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	87761
	1	Black	Beams, Special	85940
	6	Black	Half Beams, Special	41678
	24	Black	Beams, Special	6536
	11	Black	Beams, Special	42003
	2	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	15	Black	Beams	43857
	1	Black	Connectors	6628
	2	Black	Tubes	32199
	2	Black	Beams	32524

	30	Black	Connectors	18651
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575
	9	Black	Connectors	10197
	2	Black	Transportation Means, Vehicles	18943
	1	Black	Functional Elements	18938
	5	Black	Beams W/ Shapes	24116
	1	Black	Tubes	26436
	2	Black	Tubes	26439
	5	Black	Half Beams, Special	33299
	4	Black	Tubes	76324
	24	Black	Beams	64289
	4	Black	Connectors	32126
	16	Black	Beams, Special	63869
	2	Black	Connectors	15461
	31	Black	Beams, Special	15100
	2	Black	Beams, Special	15458

	4	Bright Blue	Tubes	21767
	3	Bright Blue	Tubes	26445
	1	Bright Blue	Functional Elements, Others	26288
	1	Bright Blue	Functional Elements, Others	26674
	4	Bright Orange	Connectors	32013
	3	Bright Orange	Beams, Special	74695
	2	Bright Orange	Beams	32524
	2	Bright Orange	Connectors	32034
	1	Black	Beams, Special	29162
	7	Brick Yellow	Connectors	32556
	3	Brick Yellow	Connectors	6562
	5	Brick Yellow	Connectors	99008
	7	Brick Yellow	Connectors	32002
	13	Bright Blue	Connectors	4274
	2	Bright Blue	Beams	6629
	51	Bright Blue	Connectors	43093

	8	Bright Yellow	Beams, Special	6536
	4	Bright Yellow	Half Beams	6632
	4	Bright Yellow	Beams	32140
	11	Bright Yellow	Beams	32316
	5	Bright Yellow	Beams	32526
	2	Bright Yellow	Beams	32523
	2	Bright Yellow	Beams, Special	42003
	1	Bright Yellow	Beams	43857
	7	Bright Orange	Connectors	59443
	3	Bright Orange	Tubes	60675
	4	Bright Red	Connectors	32054
	25	Bright Red	Connectors	32062
	9	Bright Red	Connectors	6590
	5	Bright Red	Connectors	3705
	1	Bright Red	Connectors	3708
	4	Bright Yellow	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	56145

	6	Bright Yellow	Half Beams	32449
	10	Bright Yellow	Connectors	32123
	1	Bright Yellow	Connectors	59443
	3	Bright Yellow	Beams	41239
	2	Bright Yellow	Beams, Special	32184
	9	Bright Yellow	Half Beams	32063
	3	Bright Yellow	Beams	60484
	2	Bright Yellow	Beams	64289
	8	Bright Yellow	Connectors	32073
	4	Bright Yellow	Connectors	60485
	1	Bright Yellow	Beams, Special	15458
	2	Bright Yellow	Functional Elements, Others	19478
	1	Bright Yellow	Functional Elements, Others	19475
	1	Dark Green	Beams	41239
	1	Dark Stone Grey	Plates, Special	2460
	3	Dark Stone Grey	Beams, Special	32291

	24	Dark Stone Grey	Beams, Special	74695
	4	Dark Stone Grey	Half Beams	99773
	21	Dark Stone Grey	Connectors	11214
	3	Dark Stone Grey	Functional Elements, Others	99021
	5	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	8	Dark Stone Grey	Beams	18654
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	24505
	1	Dark Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2819
	4	Dark Stone Grey	Half Beams	32449
	4	Dark Stone Grey	Beams	32523
	7	Dark Stone Grey	Beams	32526
	10	Dark Stone Grey	Half Beams	41677
	3	Dark Stone Grey	Beams	32524
	3	Dark Stone Grey	Connectors	55013
	6	Dark Stone Grey	Connectors	59426
	12	Dark Stone Grey	Beams	64290

	7	Medium Stone Grey	Connectors	6590
	1	Medium Stone Grey	Beams, Special	32557
	8	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	22	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	48989
	2	Medium Stone Grey	Half Beams	32017
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	87082
	2	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	92907
	3	Dark Stone Grey	Functional Elements, Others	33163
	8	Medium Stone Grey	Connectors	4274
	3	Medium Stone Grey	Functional Elements, Others	4697
	1	Medium Stone Grey	Connectors	32015
	7	Medium Stone Grey	Connectors	32039
	6	Medium Stone Grey	Connectors	32034
	18	Medium Stone Grey	Connectors	32123
	7	Medium Stone Grey	Beams, Special	32184


	1	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32905
	3	Medium Stone Grey	Beams, Special	31511
	2	Transparent	Plates	30008
	3	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	34823
	1	Transparent Bright Orange	Figure Accessories In Hand	58176
	2	Transparent Red	Plates, Special Circles And Angles	34823
	2	White	Connectors	18948

Fig.115.Piezas modelo 42053-1

El resumen del calculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 1 restricciones en exceso por tener varios actuadores realizando la misma función.

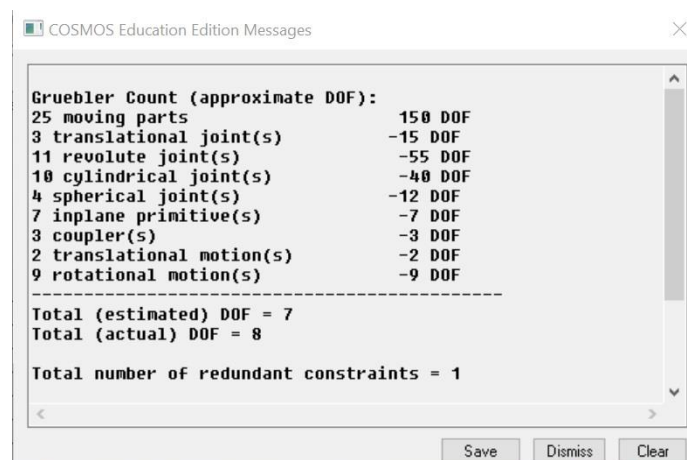


Fig.116.Cuadro recuento pares y movilidad

5.3.4 -Modelo Lego Technic 42030-2

El modelo 42030-2 es un camión volquete, diseñado para el transporte de material en la construcción o minería. Los mecanismos de que está formado son de un volquete, tolva o caja basculante en la parte trasera del vehículo, la conexión entre el tractor y el remolque se encuentra la dirección hidromecánica. El motor está compuesto de 6 cilindros en línea donde hace mover la 4 rueda a la vez.

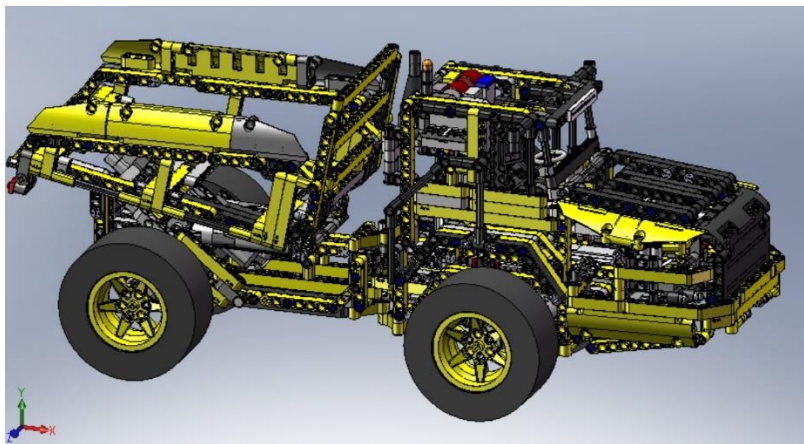


Fig.117.Modelo 42030-2

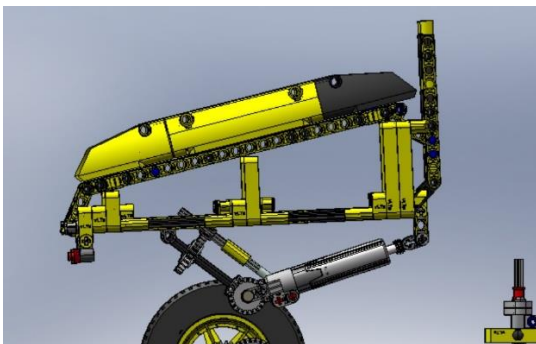


Fig.118.Caja basculante trasera

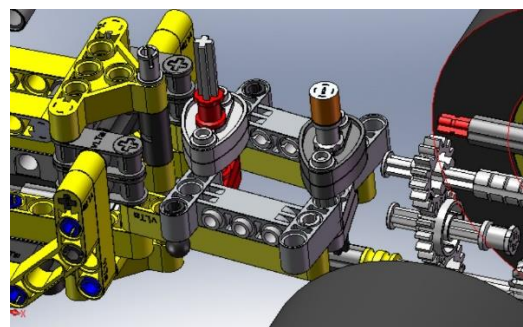


Fig.119.Mecanismo dirección

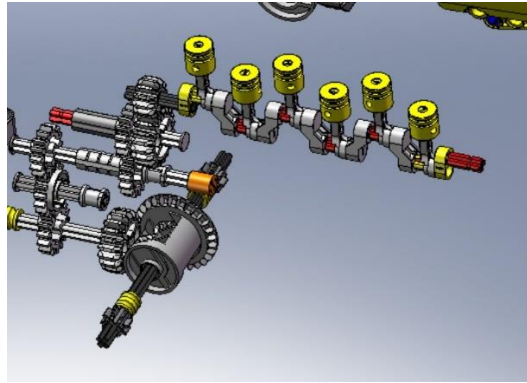


Fig.120.Cilindros motor

El modelo 42030-2 está formado por 1636 piezas y lo componen de 49 partes con un máximo de 10 componentes. A continuación, podemos observar la vista explosionada del modelo y las piezas que componen el modelo.

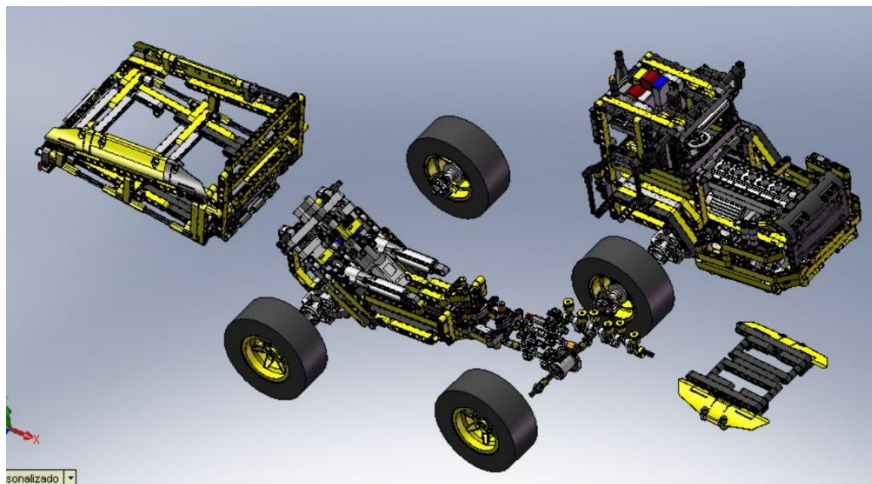

































































Fig.121.Vista explosionada

	2	Black	Plates	4477
	1	Black	Bricks, Special Circles And Angles	6143
	3	Black	Plates	6636
	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	32018
	4	Black	Bricks With Bows And Arches	42022
	4	Black	Bricks With Bows And Arches	11153
	2	Black	Plates, Special	10247
	1	Black	Bricks, Special Circles And Angles	14918
	2	Black	Bricks	3010
	2	Black	Plates	3023
	2	Black	Plates	3068
	2	Black	Plates	3069
	10	Black	Plates	3460
	2	Black	Plates	3666
	2	Black	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	3703

	4	Black	Beams	32009
	2	Black	Beams	6629
	1	Black	Half Beams	32065
	2	Black	Connectors	32138
	7	Black	Beams	32140
	4	Black	Connectors	32192
	34	Black	Beams, Special	32184
	285	Black	Connectors	2780
	17	Black	Connectors	3705
	33	Black	Connectors	3706
	1	Black	Connectors	3707
	2	Black	Connectors	3737
	16	Black	Connectors	32013
	9	Black	Connectors	32054
	10	Black	Connectors	32014
	14	Black	Connectors	32034

	2	Black	Beams	32524
	12	Black	Connectors	59443
	6	Black	Beams	41239
	1	Black	Beams W/ Shapes	64391
	1	Black	Beams W/ Shapes	64683
	6	Black	Beams, Special	87082
	1	Black	Beams, Special	64782
	4	Black	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	92912
	2	Black	Beams	32348
	4	Black	Beams	32271
	2	Black	Beams	32526
	4	Black	Half Beams	6575
	2	Black	Beams, Special	32557
	2	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32270
	1	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	32498
	4	Black	Connectors	6628

	4	Black	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	18575
	11	Black	Connectors	29219
	1	Brick Yellow	Connectors	6538
	5	Brick Yellow	Connectors	32556
	12	Brick Yellow	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6589
	1	Brick Yellow	Connectors	6562
	3	Brick Yellow	Connectors	99008
	5	Brick Yellow	Transportation Means, Vehicles	10721
	6	Black	Beams	64289
	1	Black	Functional Elements	99010
	19	Black	Beams, Special	74695
	9	Black	Beams, Special	63869
	4	Black	Half Beams	99773
	6	Black	Beams	64290
	1	Black	Beams W/ Shapes	11954





	4	Bright Red	Connectors	6590
	4	Bright Red	Beams	32524
	1	Bright Yellow	Bricks	3003
	1	Bright Yellow	Plates	3021
	2	Bright Yellow	Plates	3023
	2	Bright Yellow	Plates	3069
	1	Bright Yellow	Bricks	3622
	1	Bright Yellow	Plates	3623
	11	Brick Yellow	Connectors	32002
	2	Bright Blue	Plates	3069
	22	Bright Blue	Connectors	4274
	117	Bright Blue	Connectors	43093
	147	Bright Blue	Connectors	6558
	3	Bright Red	Half Beams	6632
	4	Bright Red	Connectors	32039
	36	Bright Red	Connectors	32062

	12	Bright Yellow	Half Beams	32056
	2	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2853
	14	Bright Yellow	Beams	32140
	19	Bright Yellow	Beams	32316
	14	Bright Yellow	Beams	32526
	24	Bright Yellow	Beams	32523
	19	Bright Yellow	Beams, Special	42003
	10	Bright Yellow	Beams	6629
	3	Bright Yellow	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	32000
	7	Bright Yellow	Plates	63864
	2	Bright Yellow	Bricks, Special Ø4.85 Hole And Connecting Bush	31493
	18	Bright Yellow	Connectors	32013
	4	Bright Yellow	Connectors	32015
	21	Bright Yellow	Beams, Special	6536
	8	Bright Yellow	Beams	32009
	6	Bright Yellow	Transportation Means, Vehicles	2851

	3	Bright Yellow	Beams W/ Shapes	64683
	3	Bright Yellow	Beams W/ Shapes	64391
	12	Bright Yellow	Half Beams	99773
	11	Bright Yellow	Beams	64290
	2	Bright Yellow	Half Beams	32063
	4	Bright Yellow	Tyres And Rims For/To Snap Ø4,85 W. Cross	15038
	2	Bright Yellow	Connectors	32014
	14	Bright Yellow	Beams	64289
	12	Bright Yellow	Half Beams	32449
	16	Bright Yellow	Connectors	32123
	26	Bright Yellow	Beams	32524
	11	Bright Yellow	Connectors	59443
	10	Bright Yellow	Beams	41239
	4	Bright Yellow	Beams W/ Shapes	62531
	12	Bright Yellow	Beams	64871
	2	Bright Yellow	Beams	32271

	4	Dark Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	92909
	5	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	10928
	15	Dark Stone Grey	Connectors	11214
	16	Dark Stone Grey	Connectors	87083
	8	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	24505
	1	Medium Stone Grey	Transportation Means, Ships	41530
	2	Medium Stone Grey	Plates	3069
	1	Medium Stone Grey	Signs, Flags And Poles	63965
	4	Bright Yellow	Connectors	29219
	2	Dark Green	Beams	41239
	6	Dark Green	Transportation Means, Vehicles	2850
	2	Dark Green	Beams	64289
	1	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	6542
	2	Dark Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	62821
	3	Dark Stone Grey	Functional Elements	61927
	3	Dark Stone Grey	Half Beams, Special	61904

	10	Medium Stone Grey	Beams, Special	6536
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	42003
	9	Medium Stone Grey	Connectors	44294
	4	Medium Stone Grey	Connectors	3673
	56	Medium Stone Grey	Connectors	4519
	10	Medium Stone Grey	Connectors	32054
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	48989
	1	Medium Stone Grey	Connectors	61903
	1	Medium Stone Grey	Power Functions	16512
	4	Medium Stone Grey	Connectors	4274
	1	Medium Stone Grey	Connectors	6553
	6	Medium Stone Grey	Half Beams	6632
	8	Medium Stone Grey	Beams	32140
	29	Medium Stone Grey	Connectors	6590
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	32291
	8	Medium Stone Grey	Connectors	32073

	2	Medium Stone Grey	Beams	64290
	4	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	92907
	4	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	94925
	1	Medium Stone Grey	Functional Elements	99009
	6	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2852
	1	Medium Stone Grey	Power Functions	99499
	1	Medium Stone Grey	Power Functions	99498
	6	Medium Stone Grey	Half Beams	11478
	1	Medium Stone Grey	Connectors	60485
	4	Medium Stone Grey	Beams, Special	64179
	2	Medium Stone Grey	Beams, Special	64178
	12	Medium Stone Grey	Beams	60484
	3	Medium Stone Grey	Functional Elements, Gear Wheels And Racks	87407
	1	Medium Stone Grey	Half Beams, Special	33299
	1	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	2819
	4	Medium Stone Grey	Transportation Means, Vehicles	92908

	4	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	30057
	2	Transparent	Plates	6225
	2	Transparent	Bricks, With Slope	50746
	2	Transparent Bright Orange	Bricks, With Slope	50746
	1	Transparent Bright Orange	Figure Accessories In Hand	58176
	2	Transparent Red	Plates	6225
	3	White	Connectors	29219
	3	Medium Stone Grey	Beams, Special	14720
	1	Medium Stone Grey	Power Functions	16513
	2	Medium Stone Grey	Electric Parts	16515
	1	Medium Stone Grey	Power Functions	16511
	2	Medium Stone Grey	Electric Parts	16514
	8	Sand Yellow	Connectors	13670
	7	Sand Yellow	Connectors	15462
	4	Transparent	Plates, Special Circles And Angles	30057

Fig.123.Piezas modelo 42030-2

El resumen del cálculo que enumera las piezas y la movilidad queda de la siguiente manera, como se puede observar existe 3 restricciones en exceso, dos por los actuadores que actúan a la misma vez y otro de liberar el cuerpo fijo.

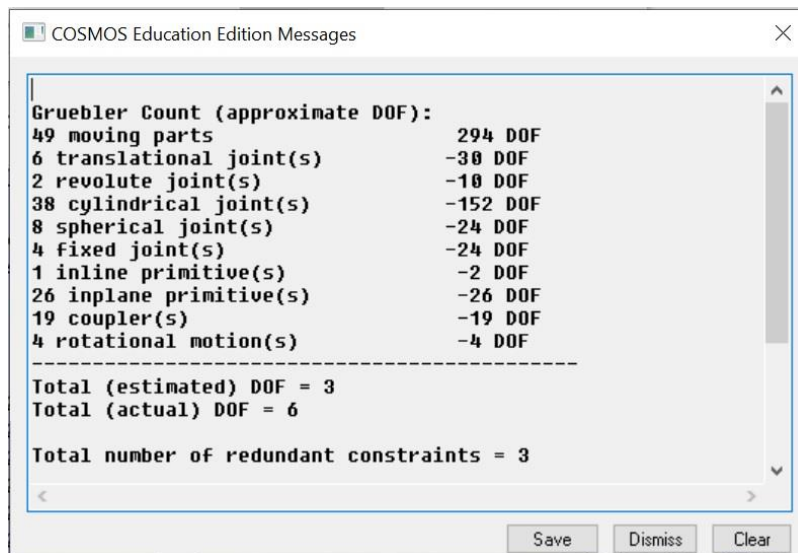


Fig.124.Cuadro recuento movilidad

6 –Modelos simulados sobre una base

6.1. Introducción

La realización de este proyecto se ha propuesto que una vez el modelo este autoalineado en CosmosMotion, se cojera una base para así imitar en lo posible el movimiento que tendría en realidad.

Se crearán primero en solidworks 2007 en un archivo llamado (vLTm-42024-1-motion-base) y luego lo pasaremos a solidworks 2019, para crear un archivo edrawings y un video del movimiento sobre la base.

Crearemos una carpeta de solidworks 2019 para así volcar todos los archivos del 2007, cuando lo abramos con el 2019 y guardemos estos se convertirán definitivamente en esta última versión. Entonces tendremos dos carpetas uno con solidworks 2007 y otro en el 2019.

6.2. Pasos a seguir para la realización de la simulación

1-Con el archivo donde tenemos el modelo autoalineado, lo guardaremos con la nueva denominación (vLTm-42024-1-motion-base).

2-El nuevo archivo habrá que añadirle una nueva pieza que será la base (Eje: vLTm-42024-1-part-00000_2021), esta pieza se pondrá debajo del modelo y la pondremos como pieza fija.

3-Las ruedas se deberán de hacer lisas para facilitar la rodadura sobre la base, esto se crea haciendo un cilindrado donde se quedarán lisas.

4-Seguidamente pondremos el chasis como pieza móvil, pero antes de todo se deberá de hacer una serie de capturas de pantalla sobre el árbol donde están todos los Joints, porque al liberar el chasis a móvil el programa creara automáticamente unos nuevos, que deberán de ser eliminados.

5-Una vez eliminado todos los pares en exceso, se deberá de dejar una distancia entre las ruedas de los modelos y la base como mínimo de 1.5mm.

6-El siguiente paso es establecer los contactos entre la rueda y la base.

7-Luego empezaremos a simularlo para ver los errores que pueden producirse.

8-Una vez tengamos el modelo simulado en solidworks 2007 se deberá pasar a solidworks 2019.

9-Con el nuevo archivo creado en solidworks 2019, nos vamos a la pestaña de estudio de movimiento y lo volvemos a calcular, nos simulara lo visto anteriormente.

10-El archivo final se debe de guardar en un archivo edrawings y la simulación se creará un archivo MP4, con el video del movimiento sobre la base.

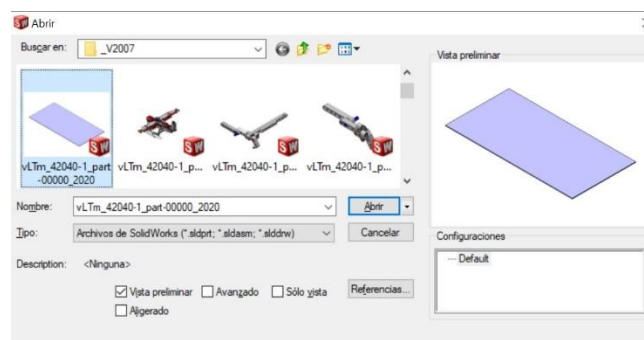


Fig.125.Escogiendo la base

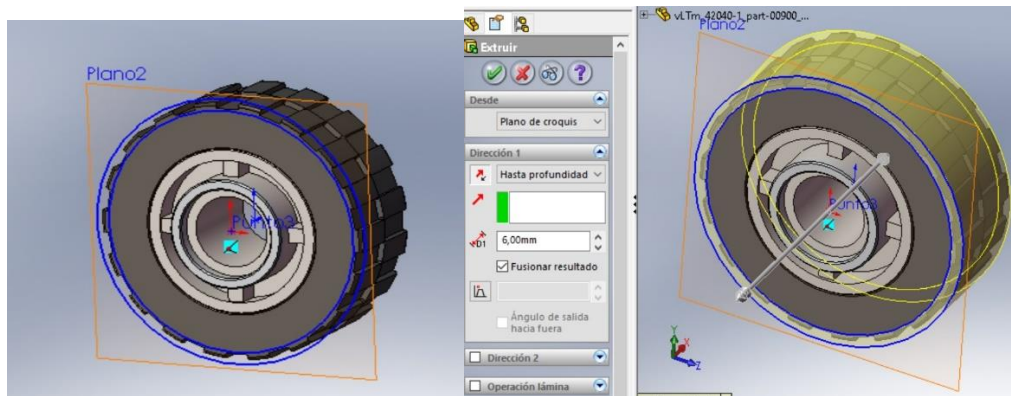


Fig.126.Creacion del cilindro de las ruedas

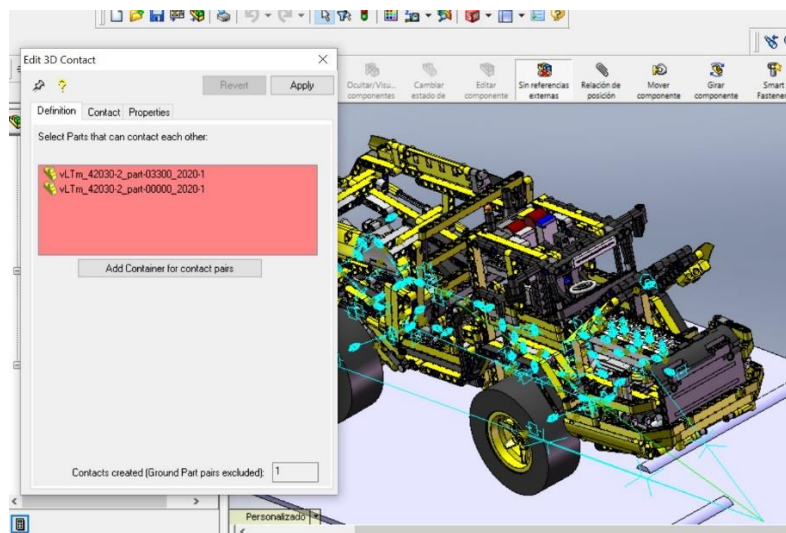


Fig.127.Creación contactos 3d sobre la base

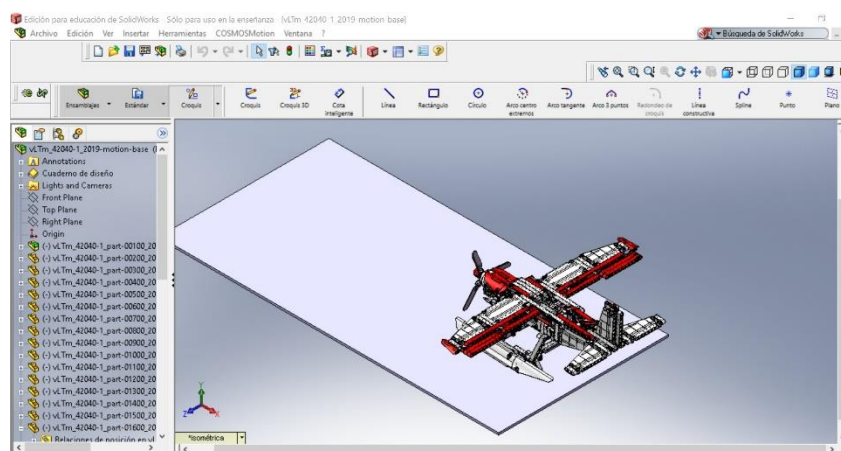


Fig.128.Modelo 42040-1 sobre la base

7 –Aplicaciones reales

Los modelos Lego Technic son una adaptación a modelos reales, representan un modelo a escala. En este apartado veremos algunos ejemplos de modelos aquí adquiridos que se asemejan a la realidad.

Este tipo de trabajo adquirimos los conocimientos para luego poder aplicarlos en otras aplicaciones industriales.

El modelo que a continuación representa, se trata de un camión volquete utilizado en la construcción o minería para el transporte de tierra, de donde podemos ver las similitudes del modelo real al modelo Lego Technic.



Fig.129.Modelo Real y Lego Technic

8 –Bibliografía

- www.lego.com
- Libro Lego technic Tora no Maki de Isogawa Yoshihito
- Instrucciones en PDF del tutor
- www.peeron.com
- www.bricklink.com
- www.brickset.com
- www.wikipedia.com
- Ayuda solidworks 2007

Presupuesto

1.1. Introducción

En este apartado se representa el presupuesto detallado de este proyecto, la importancia de esta apartado es del costo estimado del trabajo realizado.

Este presupuesto está enfocado a un único cliente, que nos encarga este trabajo y nosotros se lo hacemos cobrándole unos honorarios. El precio de este proyecto es elevado debido a las horas de trabajo que se necesitan para realizarlo.

También se ha pensado otro punto de vista, destinarlo a un uso comercial, de esta manera los componentes no se diseñan a petición de un único cliente, para este tipo de punto de vista se debe de realizar un estudio de mercado exhaustivo, donde podemos hacernos una idea del precio de venta de cada uno de los modelos autoalineados.

Para este presupuesto va ser realizado para un cliente y va a tener una serie de apartados.

1.1. Software

1.2. Equipo informático.

1.3. Modelos Lego Technic.

1.4. Modelos Virtuales Lego Technic.

1.1. Software

En este apartado nos indica el coste del software utilizado a lo largo de este proyecto, son necesarios los programas Solidworks 2007 más el CosmosMotion, Solidworks 2019 y el edrawings 2019. En este tipo de software es necesario hacer una inversión inicial para la obtención del programa y licencias de las herramientas, luego se paga anualmente una cuota para las actualizaciones.

El precio de todo el software se ha calculado en base a los precios que tiene solidworks en su página web donde el precio del solidworks 2007+Cosmosmotion es más elevado ja que es el más utilizado y con más complementos, mientras el solidworks 2019 es la versión básica y solo se contrata para el tiempo mínimo que se utiliza y también con el edrawings2019.

Entonces el solidworks 2007+ CosmosMotion tiene un precio de 5700€ al año y el precio del solidworks 2019+edrawings2019 de 1800€, que es el mínimo de contratación de 3 meses. El precio unitario software será 7500€.

Software	Unidades	Precio unitario	Horas TFG	Horas Año	Coste
-Solidworks 2007 -CosmosMotion -Solidworks 2019 -Edrawings 2019	1	7500€	300	1750	1285.71€

1.2. Equipo Informático

La herramienta principal a utilizar es un Pc de sobremesa, se ha procedido a comprar un PC sobremesa hecho a piezas ja que, en caso de no tener suficiente potencia, siempre se puede añadir más componentes.

Para la amortización de este equipo informático se necesita tener un volumen de proyectos más elevado, por lo tanto, se realiza un cálculo de amortización para este proyecto.

Componente	Descripción	Unidades	Costes
Procesador	Amd Ryzen 5 1600 3.2GHZ	1	164€
Tarjeta grafica	MSI GeForce GTX 1050	1	350€
Disco duro	Seagate Barracuda 3.5 1TB	1	50€
Memoria RAM	Kingston Fury 3200MHz 16Gb 2x8Gb	1	90€
Placa Base	MSI A320M Pro	1	70€
Caja alojamiento o torre	Owlotech USB 3.0	1	40€
Fuente alimentación	Owlotech BPS	1	25€
Pantalla PC	MSI 24"	1	190€
Sistema operativo	Windows 10	1	140€
Total			1119€

1.3. Modelos Lego Technic

En la realización de este proyecto se ha comprado los modelos físicamente, para un mejor apoyo y precisión de los modelos. A continuación, mostramos el coste de estos:

Modelo	Unidades	Precio Unitario	Coste
42024-1	1	300€	300€
42030-2	1	500€	500€
42039-2	1	212€	212€
42040-1	1	180€	180€
42075-1	1	50.39€	50.39€
42053-1	1	226€	226€
Total			1288.39€

1.3. Modelos Virtuales Lego Technic

Ahora se detalla el coste que ha sido requerido para la realización de la simulación de los modelos más su montaje. El precio de la mano de obra de un ingeniero en prácticas es de 30€ contando con IVA.

Modelo	Trabajo	Horas	Precio €/H	Precio trabajo	Coste
42024-1	Montaje Modelo virtual	40	30€	1200€	2550€
	Autoalineación	25	30€	750€	
	Simulación+Video	20	30€	600€	
42030-2	Montaje Modelo virtual	60	30€	1800€	3900€
	Autoalineación	50	30€	1500€	
	Simulación+Video	20	30€	600	
42039-2	Montaje Modelo virtual	60	30€	1800€	3450€
	Autoalineación	40	30€	1200€	
	Simulación+Video	15	30€	450€	
42040-2	Montaje Modelo virtual	20	30€	600€	1050€
	Autoalineación	10	30€	300€	
	Simulación+Video	5	30€	150€	
42075-1	Montaje Modelo virtual	25	30€	750€	1410€
	Autoalineación	15	30€	450€	
	Simulación+Video	7	30€	210€	
42053-1	Montaje Modelo virtual	25	30€	750€	1350€
	Autoalineación	12	30€	360€	
	Simulación+Video	8	30€	240€	
Total					13710€

1.4. Resumen

Ahora se expondrá en una tabla con el coste total del proyecto, donde tendremos que meter al final el IVA de un 21% y otro concepto llamado beneficio industrial que será del 6%.

Este presupuesto está enfocado a un pedido de un cliente, si este proyecto hubiera sido desde un punto de vista comercial, se tendría que tener en cuenta de hacer un estudio de mercado y la previsión de demanda.

CONCEPTO	PRECIO
Software	1285.71€
Equipo informatico	1119€
Modelos Lego Technic	1288.39€
Modelos Virtuales Lego Technic	13710€
Total	17403.10€

El presupuesto asciende a 17403.10€ donde falta añadir impuestos como el IVA y el beneficio industrial del 6%:

Proyecto	17403.10€
IVA 21%	3654.63€
Beneficio industrial 6%	1044.18€
Total	22101.91€