

MODELADO VIRTUAL E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN  
COMERCIAL APLICADO A UN VEHÍCULO ELÉCTRICO UTILITARIO



PAULO ANDRES GALVIS CARDONA  
1088342377

JORGE HERNAN TRUJILLO SANCHEZ  
1088342585

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA MECÁNICA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA  
PEREIRA  
2017

MODELADO VIRTUAL E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN  
COMERCIAL APLICADO A UN VEHÍCULO ELÉCTRICO UTILITARIO

PAULO ANDRES GALVIS CARDONA  
1088342377

JORGE HERNAN TRUJILLO SANCHEZ  
1088342585

Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo mecánico

Director  
Juan Felipe Arroyave  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA MECÁNICA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA  
PEREIRA  
2017

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo expresan sus más sinceros y profundos agradecimientos a:

Dios por habernos permitido culminar un peldaño más de nuestras vidas profesionales, a nuestros padres y hermanos, por ser incondicionales con sus consejos y deseos de superación continúa.

A nuestro director del proyecto Felipe Arroyave y al ingeniero Carlos Arturo Cataño quienes influyeron de manera determinante en la realización de este proyecto, debido a que nos orientaron con sus mejores aportes académicos y su dedicación.

Y por último a nuestros compañeros, amigos, y profesores, muchas gracias por compartir sus conocimientos.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
OBJETIVO GENERAL .....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>1. CONFIGURACIÓN Y TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1. DIRECCIONES MECÁNICAS.....	13
1.1.1. DIRECCIÓN PIÑÓN – CREMALLERA [1].....	13
1.1.2. MECANISMO DE DIRECCIÓN TORNILLO SIN FIN.....	14
1.1.2.1. SINFÍN GLOBOIDAL Y SECTOR DENTADO.....	14
1.1.2.2. TORNILLO SINFÍN Y RODILLO [3] .....	15
1.1.2.3. 1.1.2.3. TORNILLO SINFÍN Y DEDO [3].....	16
1.2. DIRECCION CON ASISTENCIA HIDRÁULICA [5].....	17
1.3. DIRECCIÓN ELECTRO-HIDRÁULICA.....	18
1.4. DIRECCIONES ELÉCTRICAS [7] .....	19
<b>2. PARAMETROS DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN</b> .....	<b>21</b>
2.1. ÁNGULO DE SALIDA (As) [8] .....	21
2.2. ÁNGULO DE CAIDA (Ac) [8] .....	22
2.3. ÁNGULO DE AVANCE (Aa) [8] .....	23
2.4. CONVERGENCIA [8].....	24
2.5. GEOMETRÍA DE ACKERMAN [9] .....	26
2.6. RADIO DE GIRO MÁXIMO [11].....	27
<b>3. SELECCIONAR EL SISTEMA DE DIRECCION COMERCIAL APLICADO A EL VEHICULO</b> .....	<b>29</b>
3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN:.....	31
3.2 CALCULOS PARA EL PIÑÓN Y LA CREMALLERA.....	34
3.2.1 PIÑON .....	34
3.2.2 CREMALLERA .....	35
<b>4. CÁLCULOS CINEMÁTICOS DE UN SISTEMA DE DIRECCÓN [9]</b> .....	<b>37</b>
4.1. GEOMETRÍA DE ACKERMAN .....	37
4.1.1. CÁLCULOS PARA VEHÍCULO CHEVROLET SPRINT .....	38
4.1.2. CALCULO PARA VEHICULO ELÉCTRICO UTILITARIO .....	40
4.1.3. RESULTADOS .....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un sistema de dirección. [1].	12
Figura 2. Mecanismo de dirección piñón – cremallera. [1].	14
Figura 3. Mecanismo de dirección tornillo sinfín globoide y sector dentado. [3].	15
Figura 4. Mecanismo de dirección tornillo sinfín y rodillo. [3].	16
Figura 5. Mecanismo de dirección tornillo sinfín y dedo. [3].	17
Figura 6. Esquema mecanismo de dirección hidráulico. [6].	18
Figura 7. Esquema mecanismo de dirección electro-hidráulico. [6].	19
Figura 8. Esquema mecanismo de dirección eléctrica. [8].	20
Figura 9. Ángulo de salida. [8].	22
Figura 10. Ángulo de caída. Fuente [8].	22
Figura 11. Ángulo de avance. [8].	23
Figura 12. Cono que se forma como prolongación de la mangueta. [8].	24
Figura 13. Convergencia o paralelismo de las ruedas. [8].	25
Figura 14. Convergencia de las ruedas. [8].	25
Figura 15. Signo de la convergencia. [8].	26
Figura 16. Radio de giro. [10].	27
Figura 17. Partes sistema de dirección Chevrolet Sprint	30
Figura 18. Partes sistema de dirección del vehículo eléctrico utilitario	30
Figura 19. Piñón helicoidal.	31
Figura 20. Carcasa de cremallera y caja de engranajes	31
Figura 21. Rotula de extremo de la barra de acoplamiento	31
Figura 22. Barra de dirección.	32
Figura 23. Cremallera	32
Figura 24. Mangueta	32
Figura 25. Junta universal.	33
Figura 26. Bocín.	33
Figura 27. Sistema de dirección ensamblado	33
Figura 28. Sistema de dirección adaptado.	34
Figura 29. Ángulo de hélice	34
Figura 30. Perfil del diente cremallera	35
Figura 31. Diente de la cremallera	36
Figura 32. Ángulos de giro	37
Figura 33. Geometría de giro. [9].	38
Figura 34. Cotas geometrías de Ackerman para el Chevrolet Sprint	39
Figura 35. Cotas geometría de Ackerman para el vehículo utilitario.	41

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de ángulos de giro de las ruedas delanteras del Chevrolet Sprint. .....	38
Tabla 2. Relación de ángulo de giro de las ruedas delanteras del vehículo eléctrico utilitario. ....	40
Tabla 3. Relaciones de ángulos.....	41

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plano 13.....	46
Anexo 2. Plano 1.....	47
Anexo 3. Plano 2.....	48
Anexo 4. Plano 3.....	49
Anexo 5. Plano 4.....	50
Anexo 6. Plano 5.....	51
Anexo 7. Plano 6.....	52
Anexo 8. Plano 7.....	53
Anexo 9. Plano 8.....	54
Anexo 10. Plano 9.....	55
Anexo 11. Plano 10.....	56
Anexo 12. Plano 11.....	57
Anexo 13. Plano 12.....	58

## RESUMEN

Este trabajo muestra el modelado de un sistema de dirección de un vehículo comercial empleando herramientas CAD, se seleccionó un sistema tipo piñón-cremallera el cual corresponde a un vehículo Chevrolet Sprint. Se estudia cinemáticamente el mecanismo teniendo en cuenta el principio de Ackerman y se adapta el modelo al chasis de un vehículo eléctrico utilitario el cual se quiere desarrollar como un proyecto de estudio de la escuela de Tecnología mecánica.

Inicialmente se muestran los diferentes sistemas de dirección (mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrohidráulicos) y se describen teniendo en cuenta ventajas y desventajas. Posteriormente se selecciona el sistema de dirección piñón cremallera que cumple con las características deseadas por el vehículo eléctrico utilitario; luego se procede a la disección encaminada a modelar cada una de las piezas y obtener sus respectivos planos.

Con la información dimensional se realiza el diagrama cinemático teniendo en cuenta el principio de Ackerman, calculando entre otros la variación angular de las ruedas al momento de que el vehículo tome una curva.

Luego el modelo del sistema es adaptado a la configuración de un vehículo eléctrico, el cual en su diseño presenta variaciones en las dimensiones y su configuración, nuevamente se estudia el mecanismo y se compara su desempeño para esta nueva disposición de vehículo.

## INTRODUCCIÓN

La dirección de un vehículo permite al conductor dirigir el vehículo a largo de un camino. A través de los años se han producido varios tipos de sistemas de dirección generalmente buscando que el accionar del volante sea más sencillo y seguro para el conductor. Los sistemas de dirección deben brindar una buena maniobrabilidad y suavidad para el conductor sin descuidar su respuesta y precisión.

En el sistema de dirección mecánico, el piñón gira a derecha o izquierda sobre el riel o cremallera, genera simplicidad al montaje y se acopla directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas brindando un buen rendimiento mecánico.

El proyecto estudia igualmente el sistema de dirección de un vehículo comercial Chevrolet Sprint, y a partir del desensamble, medición y modelado de cada una sus piezas, se realiza estudio cinemático antes y después de sus adaptaciones a una nueva configuración para un vehículo eléctrico utilitario.

La motivación del proyecto corresponde a la integración de diferentes áreas del conocimiento como: Diseño, ciencias de materiales, ciencias térmicas, automatización, y demás, en un solo proyecto, la escuela de Tecnología Mecánica y el programa de Ingeniería Mecánica se encuentran trabajando en el diseño y construcción virtual de un vehículo eléctrico utilitario. El cumplimiento de este propósito requiere el estudio de diferentes subsistemas entre los que se incluye el sistema de dirección.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Modelar por medio de herramientas CAD un sistema de dirección comercial aplicado a un vehículo eléctrico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer los diferentes tipos de direcciones con sus ventajas, inconvenientes y campos de aplicación.
- Establecer los parámetros de un sistema de dirección y como estos afectan el comportamiento de un vehículo.
- Seleccionar el sistema de dirección comercial aplicada al vehículo.
- Establecer los cálculos cinemáticos de un sistema de dirección. Geometría de Ackerman, ángulos y cotas características de una.
- Modelar en una herramienta CAD el sistema de dirección comercial seleccionado para el vehículo híbrido utilitario.
- Simular el mecanismo de la dirección empleando herramientas computacionales.
- Analizar y presentar los resultados para consolidar y evaluar el modelo propuesto.

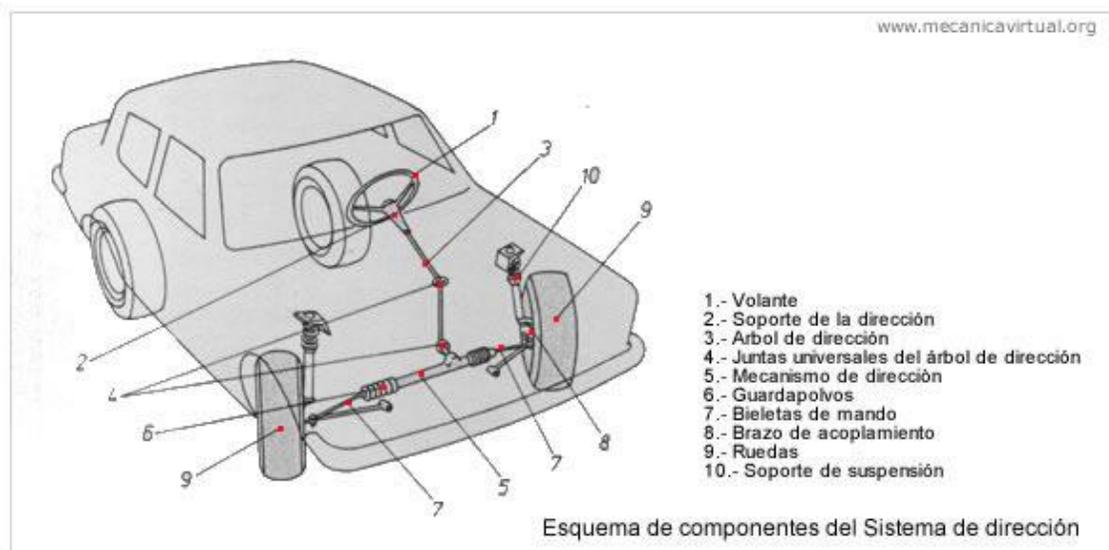
## 1. CONFIGURACIÓN Y TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección es importante ya que permite guiar el vehículo a lo largo de un camino. A través de los años se han producido varios tipos de sistemas de dirección, generalmente buscando que el accionar de la volante sea más sencillo y seguro para el conductor.

Para entender cómo funciona una dirección hay que conocer sus partes principales como se muestra en la figura 1. La volante (1), es el accionamiento final del conductor la cual es controlada por sus manos, luego se encuentra el árbol de dirección (3) que transite el movimiento de rotación del volante hacia el mecanismo de dirección (5). Todo el sistema es soportado por el soporte de dirección (2) y la transmisión del movimiento se realiza por medio de juntas universales (4). El mecanismo de dirección se encarga de transmitir el movimiento hasta los brazos o bieletas de mando (7) los cuales son los que permiten dar rotación a las ruedas.

Existen cuatro tipos principales de sistemas de dirección: mecánica, hidráulica, electro-hidráulica y eléctrica. Cada una con sus ventajas y desventajas dependiendo el uso que le queramos dar al auto.

Figura 1. Componentes de un sistema de dirección. [1].



## 1.1. DIRECCIONES MECÁNICAS

*La dirección mecánica es habitual en los vehículos cuyo peso sobre el eje directriz es bastante bajo, de tal manera que el par de accionamiento en el volante no sea elevado. [2] Actualmente las configuraciones más habituales de este tipo de caja de dirección son:*

### 1.1.1. DIRECCIÓN PIÑÓN – CREMALLERA [1]

El mecanismo piñón-cremallera tiene por finalidad la transformación de un movimiento de rotación (piñón) en un movimiento rectilíneo (cremallera) o viceversa. Esta dirección se caracteriza por la sencillez de su mecanismo desmultiplicador y su simplicidad de montaje, al eliminar gran parte de la tirantearía direccional. Va acoplada directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico.

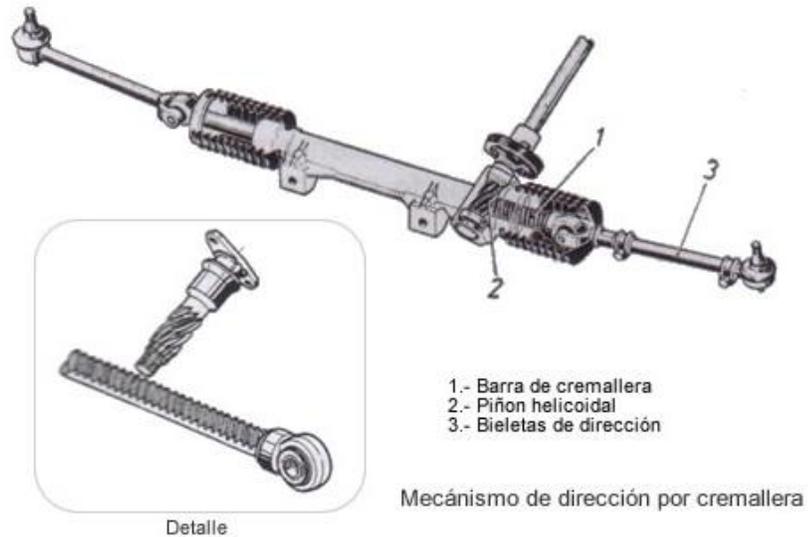
Se emplea en vehículos de turismo, sobre todo en los de motor y tracción delantera debido a la precisión en el desplazamiento angular de las ruedas, a la disminución notablemente los esfuerzos en el volante, proporciona gran suavidad en los giros y tiene rapidez de recuperación, haciendo que la dirección sea muy estable y segura.

El mecanismo está constituido por una barra (1) tallada en cremallera que se desplaza lateralmente en el interior del cárter. Esta barra es accionada por un piñón helicoidal (2) montado en el árbol del volante y que gira engranado a la cremallera.

Las desventajas de este sistema de dirección son:

- Desgaste de Rótulas.
- Ruptura de botas.
- Anillo de cremallera o buje.
- Desajuste de cremallera y tornillo sin fin.
- Desgaste de hules de soporte.

Figura 2. Mecanismo de dirección piñón – cremallera. [1]



### 1.1.2. MECANISMO DE DIRECCIÓN TORNILLO SIN FIN

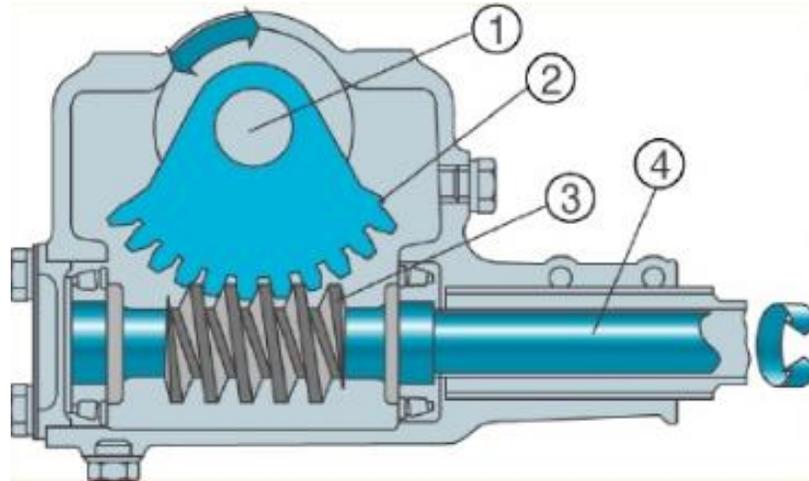
*Es un mecanismo basado en un tornillo sinfín. Puede ser cilíndrico o globoide. Esta unido al árbol del volante para transmitir su movimiento de rotación a un dispositivo de traslación que engrana con el mismo, generalmente un sector, una tuerca, un rodillo o un dedo, encargados de transmitir el movimiento a la palanca de ataque y esta a su vez a las barras de acoplamiento. [3]*

#### 1.1.2.1. SINFÍN GLOBOIDAL Y SECTOR DENTADO

Está compuesto por un sinfín cilindro, el cual en cada uno de sus extremos esta soportado por dos cojinetes y su movimiento es transmitidos por un sector dentado a la palanca de mando. El sector dentado está engrandando en todo momento con el tornillo sinfín. [3]

Una gran ventaja que nos ofrece este tipo de sistema son las grandes desmultiplicaciones lo cual lo hace ideal para vehículos pesados que no requieran ir a grandes velocidades. [4]

Figura 3. Mecanismo de dirección tornillo sinfín globoide y sector dentado. [3].



1. Eje de la biela.
2. Segmento de dirección o dentado.
3. Tornillo sinfín cilíndrico.
4. Eje de la columna de la dirección.

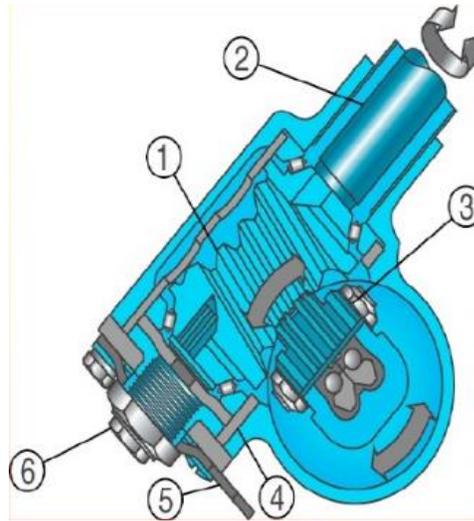
*Los fallos más frecuentes de este tipo de dirección son:* [3]

- Desgaste tornillo sinfín.
- Desgaste o rotura de los dientes del sector dentado.
- Holgura en la dirección entre el tornillo sinfín y el sector dentado.
- Rotura de guardapolvos o fuelles de los brazos de dirección.
- Rodamientos gripados o rotos.

#### 1.1.2.2. **TORNILLO SINFÍN Y RODILLO [3]**

Este mecanismo se conforma por un rodillo que se apoya en el tornillo sin fin, el cual provoca que el rodillo gire lateralmente produciendo así un movimiento angular en el eje de la palanca de ataque.

Figura 4. Mecanismo de dirección tornillo sinfín y rodillo. [3].



1. Tornillo sinfín.
2. Eje de la columna.
3. Rodillo.
4. Casquillo excéntrico.
5. Palanca de ajuste para el juego de flancos.
6. Tornillo de ajustes para el eje de la columna de la dirección.

Las ventajas de este sistema son el reducido desgaste, la suavidad de funcionamiento y el reducido espacio necesario. Puede reajustarse la holgura de la dirección y no presenta juego alguno en marcha en línea recta. [4]

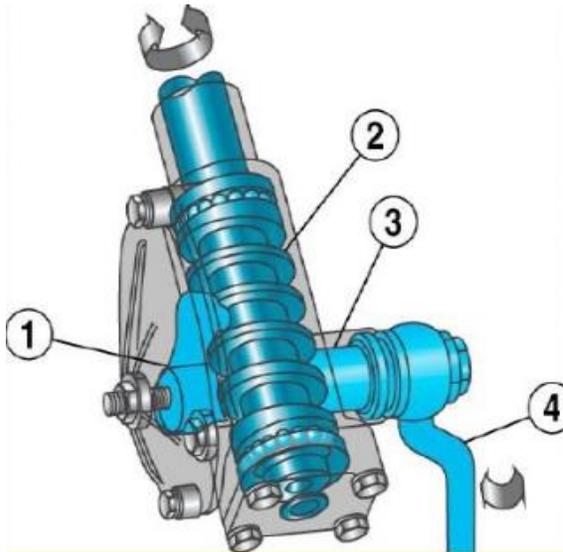
*Los fallos más frecuentes en este tipo de dirección son:* [3]

- Holguras en la dirección; (separación entre tornillo sinfín y rodillo) tiene regulación.
- Rotura de guardapolvos o fuelles de los brazos de dirección.
- Holgura en rotulas de dirección
- Rodamientos gripados.

### 1.1.2.3. 1.1.2.3. TORNILLO SINFÍN Y DEDO [3]

Sus dos principales componentes son un sinfín cilíndrico y un dedo. Para generar un movimiento en la palanca se hace girar el sin fin el cual provoca que el dedo se mueva debido a las ranuras del sinfín.

Figura 5. Mecanismo de dirección tornillo sinfín y dedo. [3].



1. Dedo de rodadura.
2. Tornillo sin fin.
3. Eje de la biela de mando.
4. Biela de mando de la dirección.

Las ventajas que presenta este sistema son el reducido desgaste y la suavidad de funcionamiento. Puede ajustarse el juego longitudinal del tornillo sin fin y del brazo de mando, así como la holgura existente entre el dedo de la rodadura y el paso de rosca del tornillo sin fin. [4]

*Los fallos más frecuentes de este tipo de dirección son:* [3]

- Rotura de guardapolvos o fuelles de los brazos de dirección.
- Holgura en rotulas de dirección.
- Rodamientos rotos o que no giren.
- Falta de engranaje en eje sinfín y el dedo o desgaste excesivo entre el dedo y el sinfín.

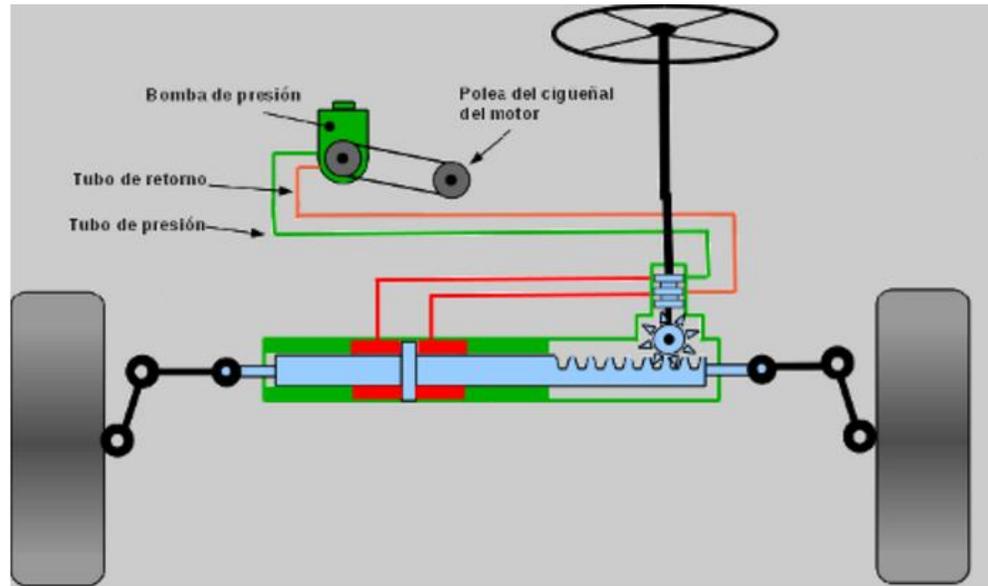
## 1.2. DIRECCION CON ASISTENCIA HIDRÁULICA [5]

La dirección hidráulica fue el tipo de sistema utilizado por la mayoría de los fabricantes durante el siglo pasado y principios de este. Principalmente se utilizó el sistema de dirección hidráulico para mover grandes camiones, los cuales no podía ser movido tan fácilmente por sistemas de direcciones mecánicas.

Funciona utilizando una bomba hidráulica que va conectada al motor por medio de una correa. Se utiliza la cremallera como pistón hidráulico para generar la asistencia

misma. Cuando se gira el volante, un sensor permite el paso de fluido hacia uno de los lados del pistón para aumentar la presión de ese lado y que la cremallera se desplace hacia el lado que queremos girar. Cuando dejamos de girar el volante la presión se iguala y la cremallera se queda en su posición original.

Figura 6. Esquema mecanismo de dirección hidráulico. [6]



Ventaja.

- No requiere mantenimiento.

Desventajas.

- Mayor consumo de gasolina, ya que este sistema consume energía del motor.
- A altas velocidades la dirección se va volviendo más pesada.

### 1.3. DIRECCIÓN ELECTRO-HIDRÁULICA

La dirección electro-hidráulica es una evolución de la anterior, esta se diferencia de la anterior debido a que la correa utiliza la fuerza que genera un motor eléctrico.

La energía para el motor eléctrico el cual mueve la bomba hidráulica viene la batería, esto genera las siguientes ventajas:

- Debido a que no está conectado al motor de combustión interna, simplifica bastante el sistema evitando problemas mecánicos.
- Reduce el consumo de combustible.

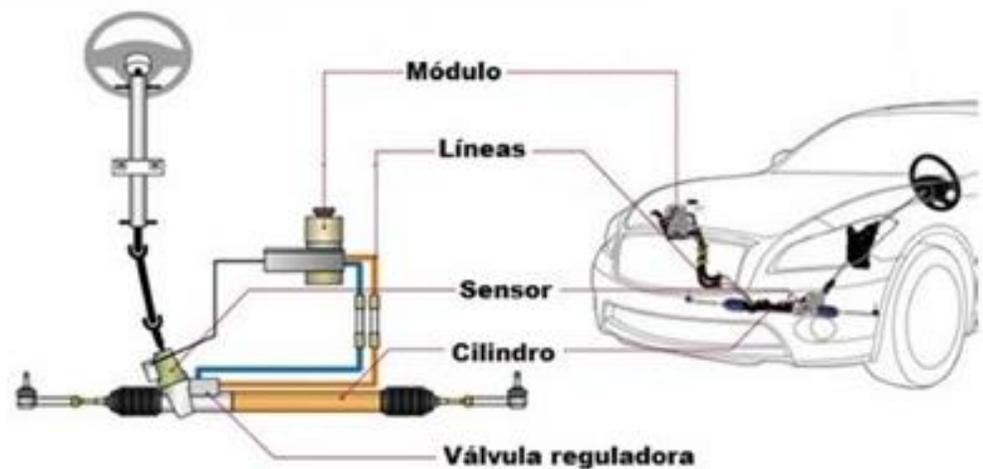
Ventajas.

- Mucha más transmisión de información de lo que están haciendo las ruedas.
- Más comodidad para su uso en carretera ya que no tiene un tacto tan artificial.

Desventajas.

- Dirección más pesada en maniobras a baja velocidad.
- Más costosa.

Figura 7. Esquema mecanismo de dirección electro-hidráulico. [6].

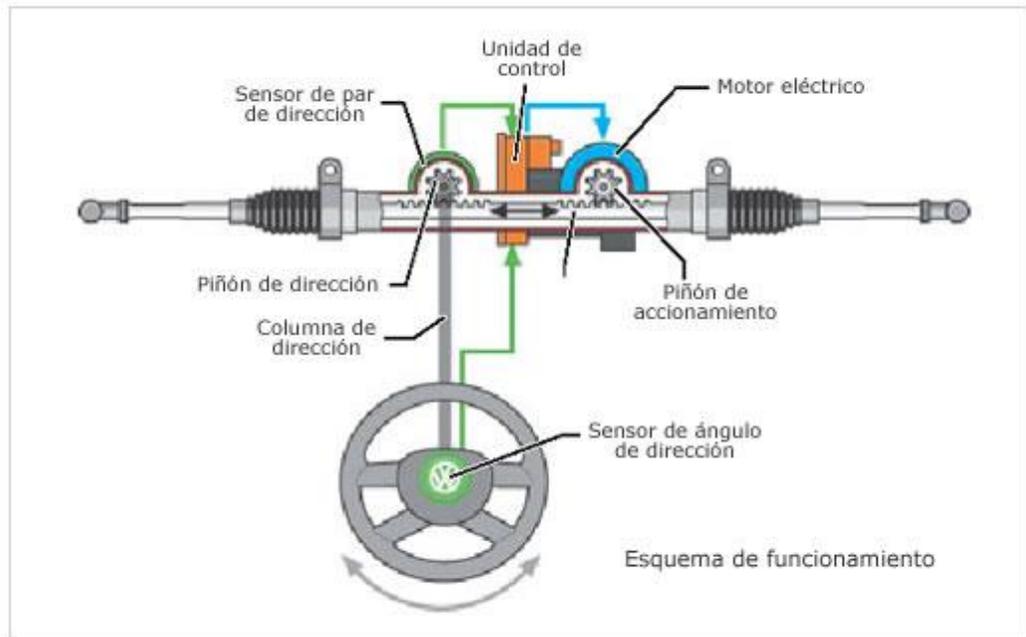


#### 1.4. DIRECCIONES ELÉCTRICAS [7]

En este tipo de dirección se suprime todo el circuito hidráulico formado por la bomba de alta presión, depósito, válvula distribuidora y canalizaciones que formaban parte de las servodirecciones hidráulicas. Todo esto se sustituye por un motor eléctrico que acciona una reductora (corona + tornillo sinfín) que a su vez mueve la cremallera de la dirección.

Sus principales ventajas suprimir los componentes hidráulicos reduciendo considerablemente el espacio, también tiene menor sonido y un consumo menor de energía.

Figura 8. Esquema mecanismo de dirección eléctrica. [8]



Ventajas:

- Giro del volante muy suave y sin mucho esfuerzo en maniobras a baja velocidad.
- Mucho más eficiente energéticamente.
- Más económica.

Desventajas.

- Dirección muy poco precisa y con un tacto muy artificial a grandes velocidades.
- Poca transmisión e información de lo que están haciendo las ruedas.

## 2. PARAMETROS DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN

Se entiende por alineación de la dirección de un vehículo a la condición geométrica que tiene que cumplir todos los órganos que afectan a la dirección (elementos de mando, ruedas y suspensión) para determinar la posición de las ruedas en movimiento sobre el terreno, ya sea en línea o en curva. Estas condiciones, determinadas por la geometría de giro y la geometría de las ruedas, hacen que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor con toda precisión y haciendo la conducción suave y segura.

Para que el funcionamiento de la de dirección resulte adecuado, es preciso que los elementos que lo forman cumplan unas determinadas condiciones, llamadas cotas de dirección o geometría de dirección, mediante las cuales, se logra que las ruedas obedezcan fácilmente al volante de la dirección y no se altere su orientación por las irregularidades del terreno o al efectuar una frenada, resultando así la dirección segura y de suave manejo. También debe retornar a la línea recta y mantenerse en ella al soltar el volante después de realizar una curva.

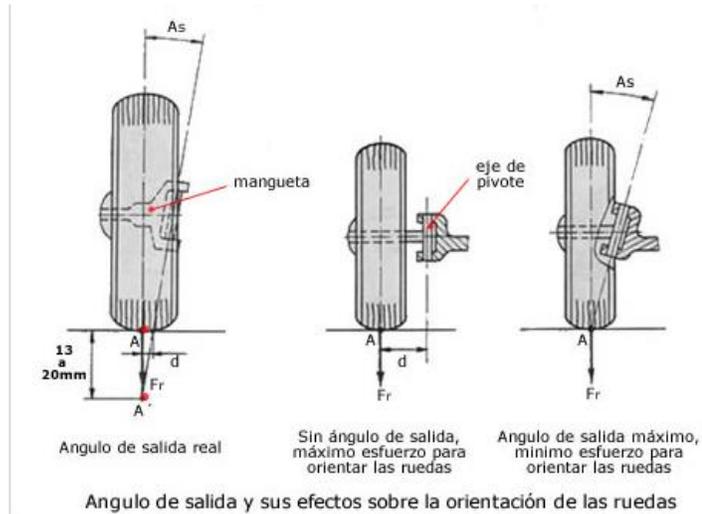
Las cotas que determinan la geometría del sistema de dirección son:

### 2.1. ÁNGULO DE SALIDA ( $A_s$ ) [8]

Se forma en la prolongación del eje del pivote, sobre el que gira la rueda para orientarse, con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda y cuyo vértice coincide en  $A'$  (Figura 9). Este ángulo suele estar comprometido entre 5 y 10°, siendo en la mayoría de los vehículos de 6 a 7°.

*Se puede reducir el esfuerzo a realizar para orientar la rueda con el dispositivo del pivote sobre la mangueta, ya que este depende de la distancia  $d$ . Debemos tener en cuenta que cuando el eje del pivote pase por el punto  $A$ , el esfuerzo será igual a cero, lo cual será simplemente teórico puesto que el sistema de dirección en este punto se volverá inestables. El esfuerzo ira aumentando a medida que la distancia  $d$  vaya aumentando  $d$ .*

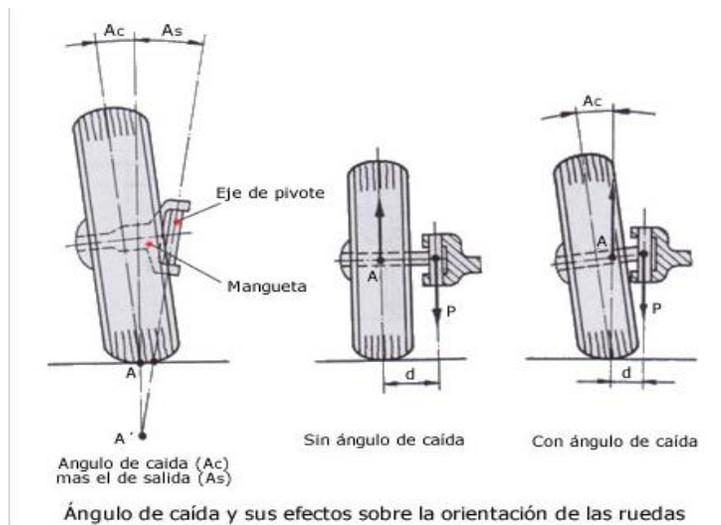
Figura 9. Ángulo de salida. [8].



## 2.2. ÁNGULO DE CAIDA ( $A_c$ ) [8]

El ángulo de caída se forma debido a la prolongación del eje de simetría de la rueda, con el eje vertical el cual pasa por el centro de apoyo de la rueda. Para formar este ángulo la mejor opción es tomar el eje de la mangueta y generar una orientación con respecto a la horizontal.

Figura 10. Ángulo de caída. Fuente [8].



El ángulo de caída lo que pretende es disminuir la distancia  $d$ , mediante la disminución del punto  $A$  con respecto a el pivote, esto también nos asegura poder disminuir de igual forma los esfuerzos que se forman en los rodamientos de las manguetas.

El valor del ángulo de caída  $A_c$ , está comprendido entre el rango de treinta minutos y un grado, lo cual también provoca la disminución del ángulo de salida  $A_s$ .

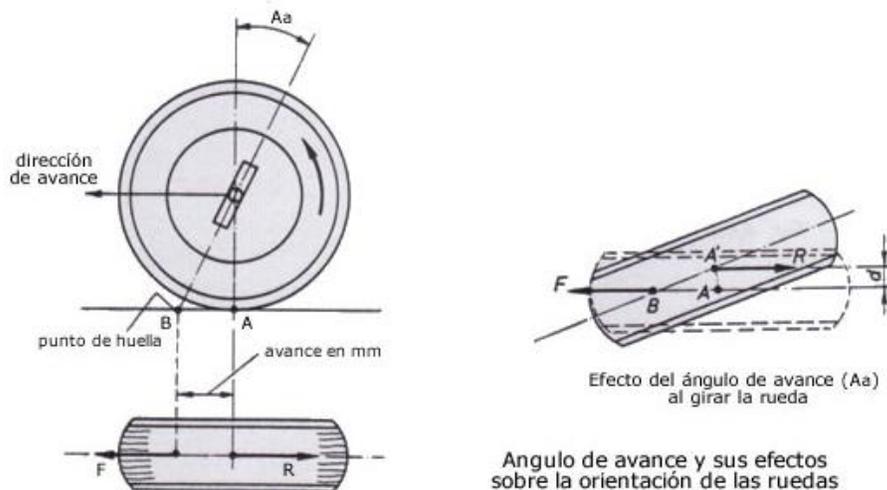
### 2.3. ÁNGULO DE AVANCE ( $A_a$ ) [8]

*El ángulo de avance  $A_a$  se forma la prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma.*

La inestabilidad de la dirección se puede producir cuando el eje delantero es arrastrado desde atrás por el eje trasero. Para poder prevenir este problema se busca dar un cierto valor al ángulo de avance  $A_a$ , de forma que el eje corte la línea de desplazamiento delante del punto  $A$  de apoyo de la rueda.

Cuando se girar la dirección en el momento de que toma una curva la rueda se orienta sobre el punto  $B$  fijado para el avance, esto hace que el punto  $A$  se desplace hasta  $A'$ , creándose un par de fuerzas que tiende a volver a la rueda a su posición de línea recta ya que, en esta posición, al ser  $d=0$ , desaparece el par.

Figura 11. Ángulo de avance. [8]



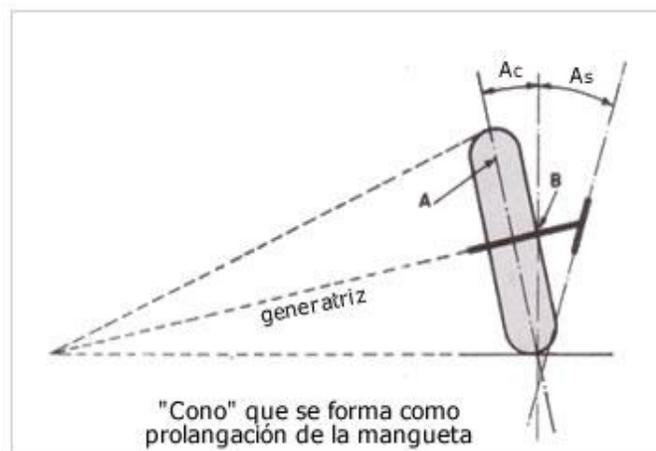
Con esto se consigue dar fijeza y estabilidad a la dirección. El avance de igual modo debe cumplir el objetivo de no afectar otras condiciones del sistema. Si llega el caso de que este ángulo sea un poco grande, esto provoca que las ruedas se orienten violentamente por el par que se crea, pero si el ángulo es pequeño el sistema de dirección se vuelve inestable.

## 2.4. CONVERGENCIA [8]

La convergencia se presenta en las ruedas delanteras, se mide en milímetros la diferencia de distancia que hay entre la parte delantera y trasera de las llantas a la altura de la mangueta. Este valor está comprendido entre 1 a 10 mm para vehículos con propulsión y entre 0 a 2 mm para vehiculó a tracción.

*El ángulo de caída  $A_c$  y el de salida  $A_s$  hace que la rueda esté inclinada respecto al terreno y que al rodar lo haga sobre la generatriz de un "cono" lo que implica que las ruedas tienden a abrirse. Para corregir esto se cierran las ruedas por su parte delantera.*

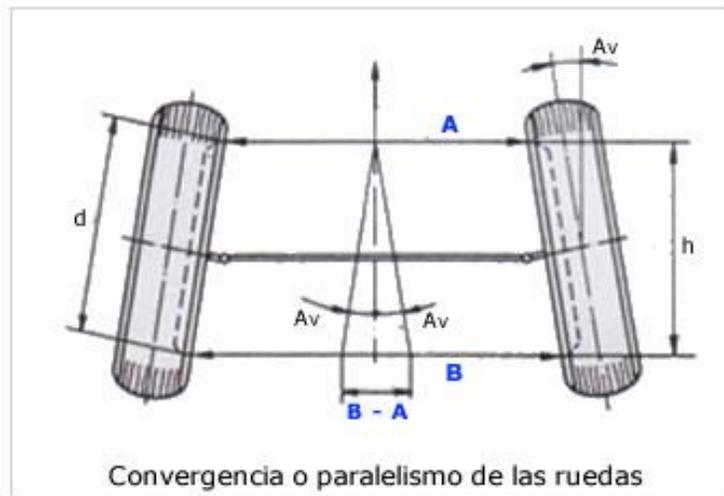
Figura 12. Cono que se forma como prolongación de la mangueta. [8].



La convergencia nos brinda la posibilidad de evitar el par de orientación, el cual es producto entre el empuje y rozamiento de la rueda. Este tiende a abrir los neumáticos.

La diferencia entre vehículo a propulsión y tracción se presenta cuando la fuerza de empuje en los de propulsión pasa a la rueda delantera a través del pivote y la fuerza de resistencia se aplica en el punto de contacto del neumático, esto origina un par de giro que tiende a abrir las ruedas delanteras, cosa que no ocurre en vehículos con tracción ya que la fuerza se aplica en el punto de contacto.

Figura 13. Convergencia o paralelismo de las ruedas. [8].



El ángulo de convergencia  $A_v$  o desviación angular de las ruedas con respecto a la dirección de marcha, se expresa en función de las distancias  $A$  y  $B$  y de la cota  $h$ , o bien, del diámetro de la llanta  $d$ . La fórmula para calcular este ángulo es:

$$\text{tg } A_v = \frac{B - A}{2 \times h}$$

(1)

El valor de convergencia  $A_a$  depende de los valores que puedan tener los ángulos de caída, salida y demás. También depende si el vehículo es de propulsión trasera o tracción delantera.

Figura 14. Convergencia de las ruedas. [8].

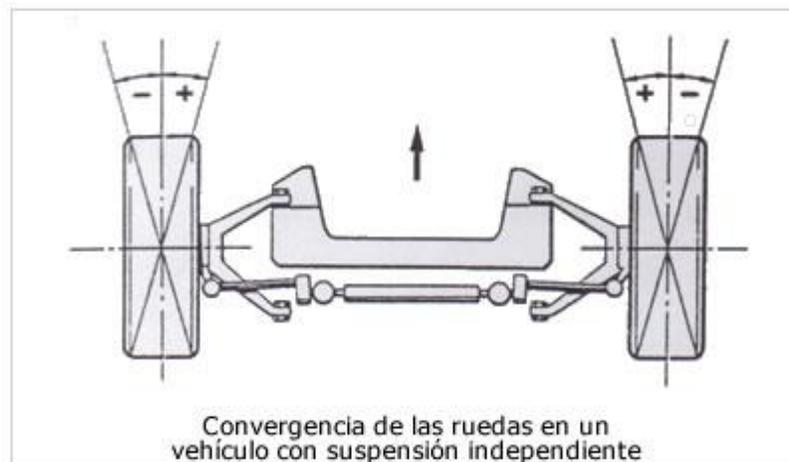
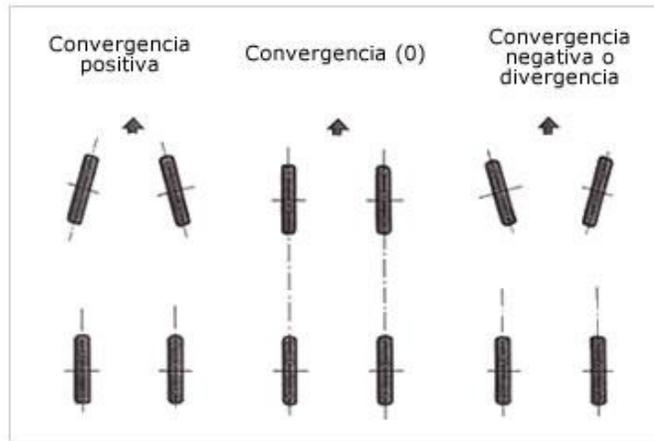


Figura 15. Signo de la convergencia. [8].



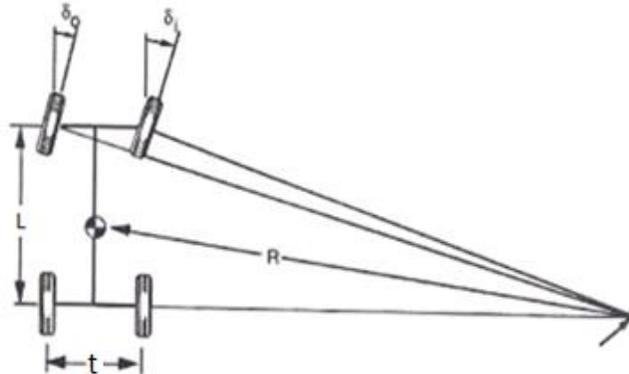
El inconveniente de una convergencia excesiva se ve en el desgaste irregular en los neumáticos el cual se manifiesta principalmente en un deterioro en la parte lateral de la banda de rodadura. Una convergencia insuficiente provoca un desgaste lateral en el interior de los neumáticos.

- *En los vehículos con propulsión trasera, la resistencia a la rodadura de las ruedas delanteras crea un par que tiende a abrir ambas ruedas, para compensar este efecto, se contrarresta con un ángulo de convergencia positivo.*
- *En el caso de vehículos con tracción delantera, el problema es distinto, el esfuerzo de tracción de las ruedas produce un par que actúa en sentido contrario que en el caso anterior, es decir tendiendo a cerrar las ruedas en vez de abrirlas, por consiguiente, para compensar esta tendencia será necesario dar a las ruedas un ángulo de convergencia negativo (divergencia).*

## 2.5. GEOMETRÍA DE ACKERMAN [9]

Las ruedas delanteras no deben girar en el mismo ángulo; la rueda interior recorre menor distancia que la exterior, por ello podría producir fuerzas no deseadas. Existe una geometría para la dirección denominada geometría de Ackerman, que trata de que el ángulo de giro de la rueda interior sea mayor al ángulo de giro de la rueda exterior, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 16. Radio de giro. [10].



Ventaja del Ackerman:

- A baja velocidad todas las ruedas giran libremente sin ángulo de deriva.

Desventajas del Ackerman:

- A alta velocidad se incrementa el ángulo de deriva interior.
- Mayor ángulo de deriva:
  - ✓ Mayor temperatura, mayor drag por incremento del ángulo de deriva.
  - ✓ Velocidad más baja.

## 2.6. RADIO DE GIRO MÁXIMO [11]

La importancia del radio de giro se presenta a la hora en el que un vehículo toma una curva, este se determina a partir de la distancia de trocha, la separación entre el eje delantero y trasero, el ángulo máximo de giro en las ruedas delanteras y la longitud del vehículo.

En vehículos comerciales, el radio de giro es indicado por los fabricantes para que el usuario tenga referencia acerca del espacio en el cual el vehículo traza un círculo completo con el volante totalmente girado en una dirección específica.

Existen dos tipos de radio de giro en los vehículos, por un lado, está el radio de giro de las ruedas, el cual solo mide la circunferencia realizada por los neumáticos del coche. En vehículos de grandes dimensiones se debe tener en cuenta que este tiene elementos que sobresalen de sus ejes, para estos se realizan los mismos cálculos que en el anterior, pero tomando como variables las dimensiones totales del vehículo.

El radio de giro es reglamentado por los organismos competentes en materia de tráfico. En este caso, el vehículo utilitario eléctrico entra en la sección de turismo y

pequeños autos, los cuales no suelen tener problemas, ya que sus dimensiones ofrecen radios reducidos capaces de adaptarse a las necesidades de cualquier entorno.

### 3. SELECCIONAR EL SISTEMA DE DIRECCION COMERCIAL APLICADO A EL VEHICULO

La selección del sistema de dirección se realizó teniendo el tipo de sistema adecuado para la aplicación, disponibilidad en el mercado, recursos con respecto a las especificaciones necesarias en el proyecto original para una adecuada adaptación al diseño conceptual.

El sistema de dirección seleccionado fue mecánico piñón – cremallera. Este sistema tiene relativamente pocas piezas comparadas con los otros sistemas, por lo que facilita el montaje y su implementación, de igual forma cuenta con las características que se requieren para el vehículo utilitario ya que es un sistema ligero, compacto, tienen muy baja fricción, la transmisión es suave y brinda gran precisión.

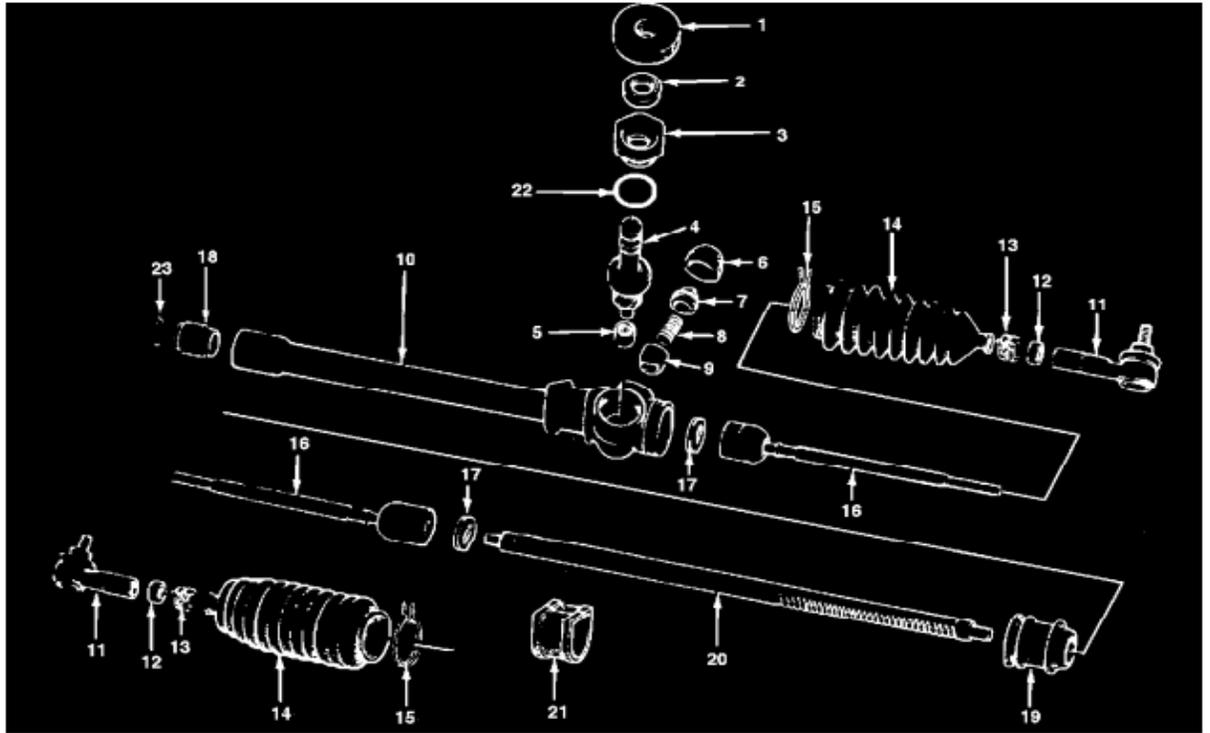
El sistema de dirección seleccionado corresponde a un vehículo Chevrolet Sprint con las siguientes características: [12]

<b>Fabricante:</b> Chevrolet	<b>Tracción:</b> Delantera
<b>Modelo:</b> Sprint	<b>Espacio para pasajeros:</b> 3440 litros (904,46 galones)
<b>Año de fabricación:</b> 1985	<b>Peso del vehículo:</b> 675 kg (1480,66 libras)
<b>Motor:</b> 993 cm (60.29 pulgadas cúbicas)	<b>Longitud del vehículo:</b> 3590 mm (140,59 pulgadas)
<b>Tipo de motor:</b> En-línea, 3-cyl	<b>Ancho del vehículo:</b> 1540 mm (60,30 pulgadas)
<b>Potencia máxima:</b> 48.00 PS (34,83 kW o 46,77 HP) at 5100 Rev. Por min.	<b>Altura del vehículo:</b> 1360 mm (53,23 pulgadas)
<b>Torque máximo:</b> 77.00 Nm (7,86 kgf-m o 56,52 ft.lbs) at 3200 Rev. Por min.	<b>Distancia entre ejes:</b> 2260 mm (88,56 pulgadas)
<b>Combustible:</b> Gasolina	<b>Tipo de frenos delanteros:</b> Discos
<b>Transmisión:</b> Manual, 4-velocidades	<b>Tipo de frenos traseros:</b> Tamb
<b>Relación potencia/peso:</b> 0.0711 PS/kg	

Para cada una de las partes se realizó el levantamiento de los planos con la generación de los modelos de información geométrica empleando micrómetro, calibrador pie de rey, galgas de radios y ángulos, una máquina de coordenadas cartesianas Brown & Sharpe y un programa CAD.

La figura 17 muestra el sistema de dirección del vehículo original tomada del manual de funcionamiento Steering Gear: Service and Repair. [13]

Figura 17. Partes sistema de dirección Chevrolet Sprint



La figura 18 muestra las partes modeladas y adaptadas para el vehículo eléctrico utilitario.

Figura 18. Partes sistema de dirección del vehículo eléctrico utilitario



### 3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN:

Los principales componentes del sistema de dirección son: Piñón, Carcaza de cremallera y engranajes, Rotula de extremo de la barra de acoplamiento, Barra de dirección, Cremallera, Mangueta, Junta universal y Bocín.

Figura 19. Piñón helicoidal

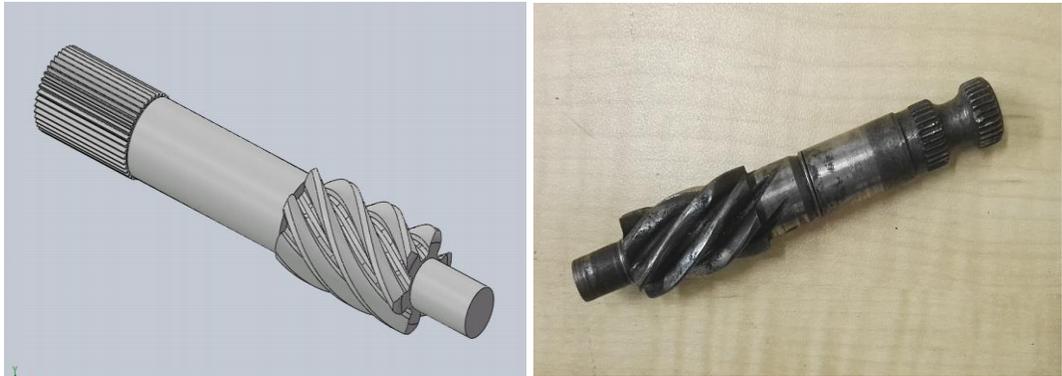


Figura 20. Carcasa de cremallera y caja de engranajes



Figura 21. Rotula de extremo de la barra de acoplamiento

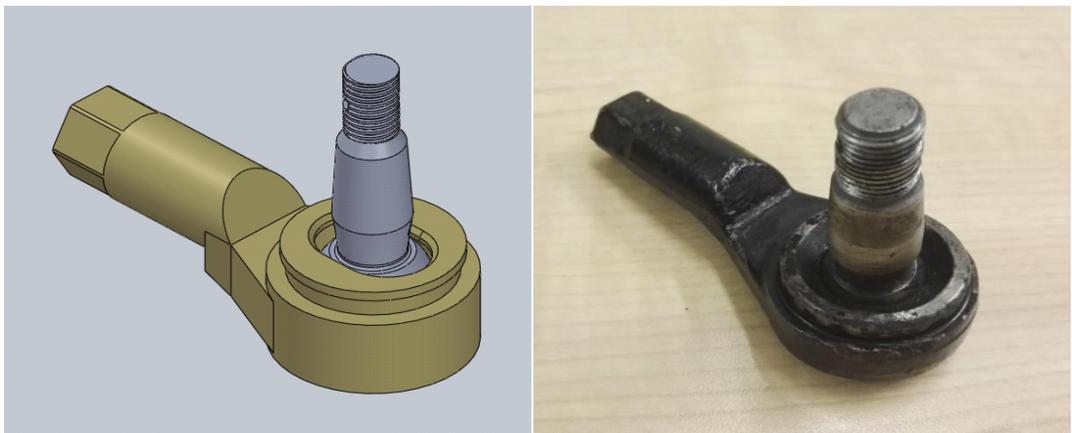


Figura 22. Barra de dirección

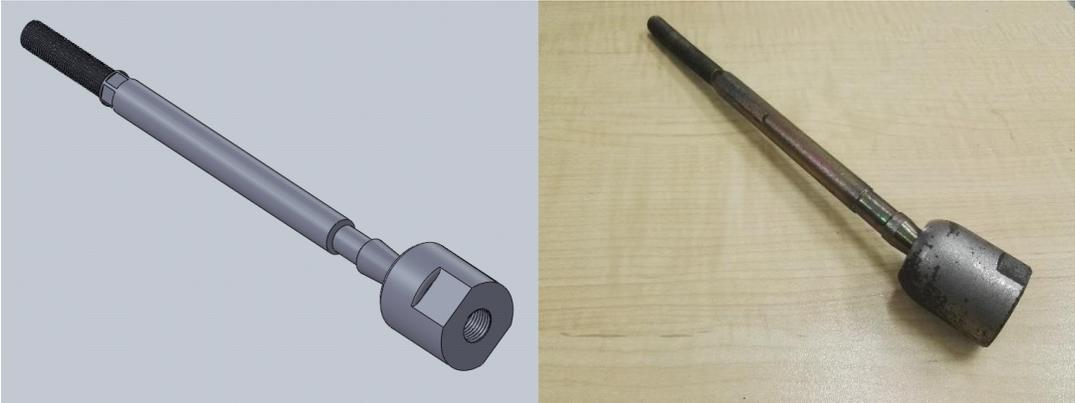


Figura 23. Cremallera



Figura 24. Mangueta

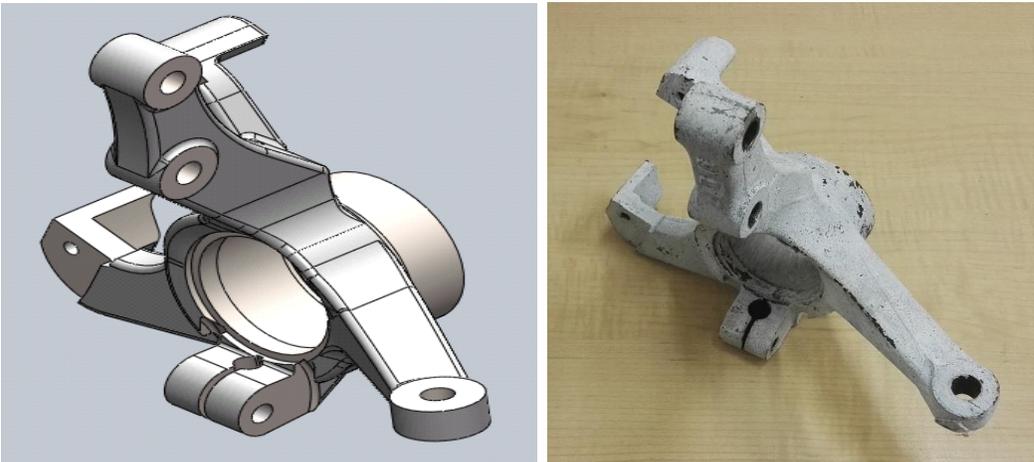


Figura 25. Junta universal

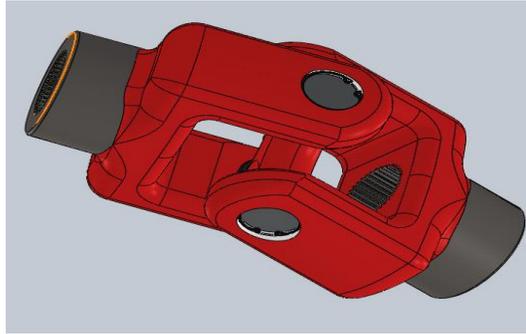
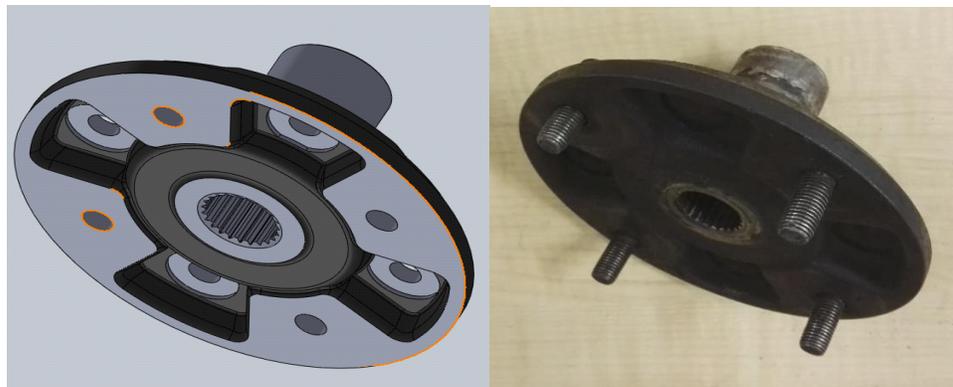


Figura 26. Bocín

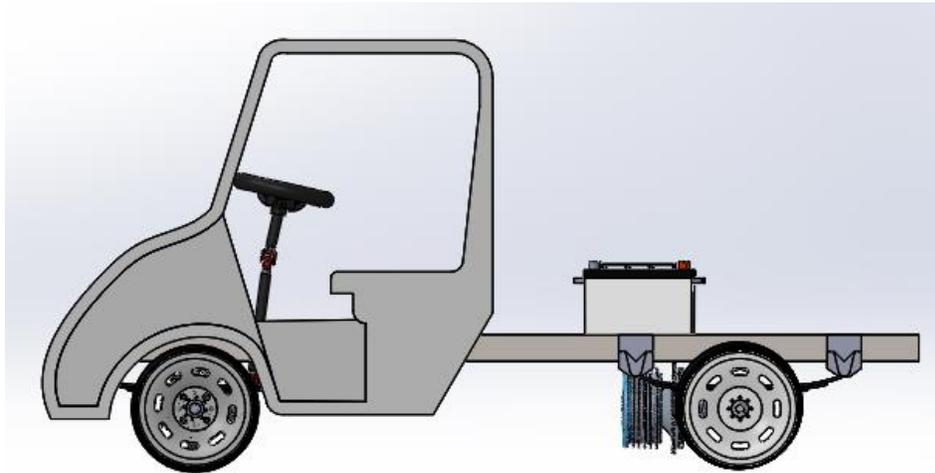


En la figura 27 podemos observar el mecanismo ensamblado el cual se podría adaptar al vehículo eléctrico utilitario como se muestra en la figura 28.

Figura 27. Sistema de dirección ensamblado



Figura 28. Sistema de dirección adaptado



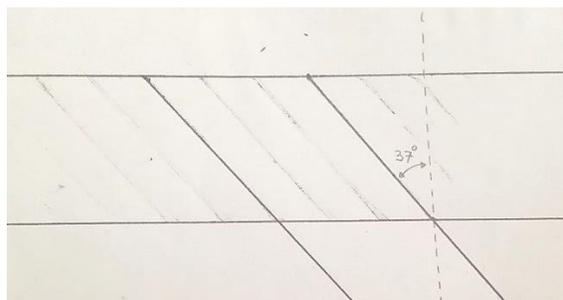
### 3.2 CALCULOS PARA EL PIÑÓN Y LA CREMALLERA

#### 3.2.1 PIÑÓN

Los parametros medidos del piñon fueron: Diámetro exterior  $D_e = 19 \text{ mm}$ , el número de dientes  $Z = 6$ , y el ángulo de hélice  $\beta = 37^\circ$ .

El ángulo de hélice se obtuvo rayando los dientes del piñon, para marcar la huella sobre el papel luego de apoyarlo en esta. El ángulo  $\beta$  se muestra en la figura 28.

Figura 29. Ángulo de hélice



Para el cálculo el módulo real  $m_n$  se empleó:

$$m_n = \frac{D_e}{\frac{z}{\cos \beta} + 2} \quad (2)$$

$$m_n = \frac{19}{\frac{6}{\cos 37} + 2} = 1,99 \approx 2$$

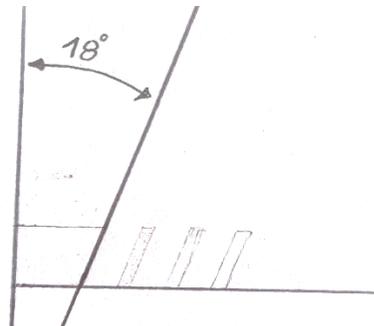
Con el módulo real se calculan los siguientes parámetros:

Diámetro primitivo = 15,02 mm  
Diámetro de cabeza = 19,02 mm  
Diámetro base = 10,02 mm  
Altura del diente = 4,5 mm

### 3.2.2 CREMALLERA

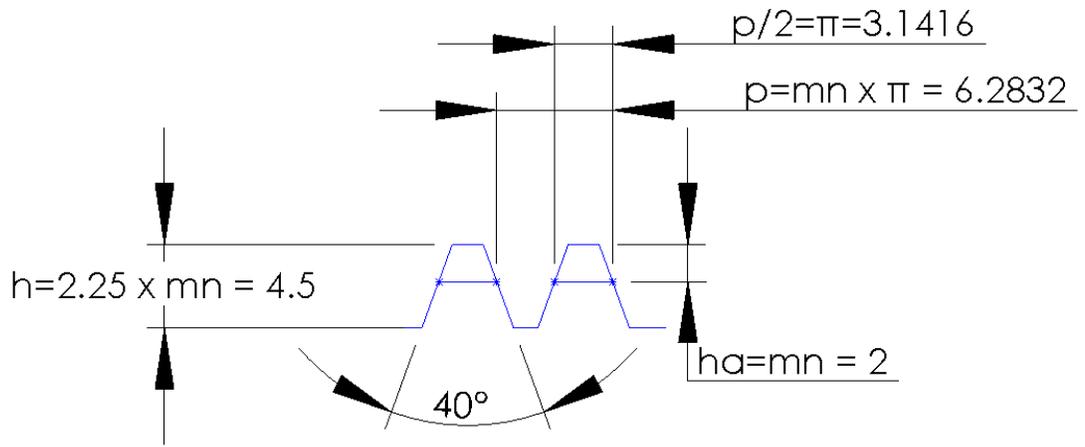
Los parámetros medidos de la cremallera fueron: número de dientes  $Z=24$ , el módulo  $m_n=2$  y el ángulo de helice  $\beta = 18^\circ$ . El ángulo se obtuvo con el mismo procedimiento empleado para el piñón (figura 29)

Figura 30. Perfil del diente cremallera



Teniendo en cuenta que el módulo  $m_n=2$  se calculan las medidas para el perfil del diente como se muestra en la figura 30.

Figura 31. Diente de la cremallera



## 4. CÁLCULOS CINEMÁTICOS DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN [9]

### 4.1. GEOMETRÍA DE ACKERMAN

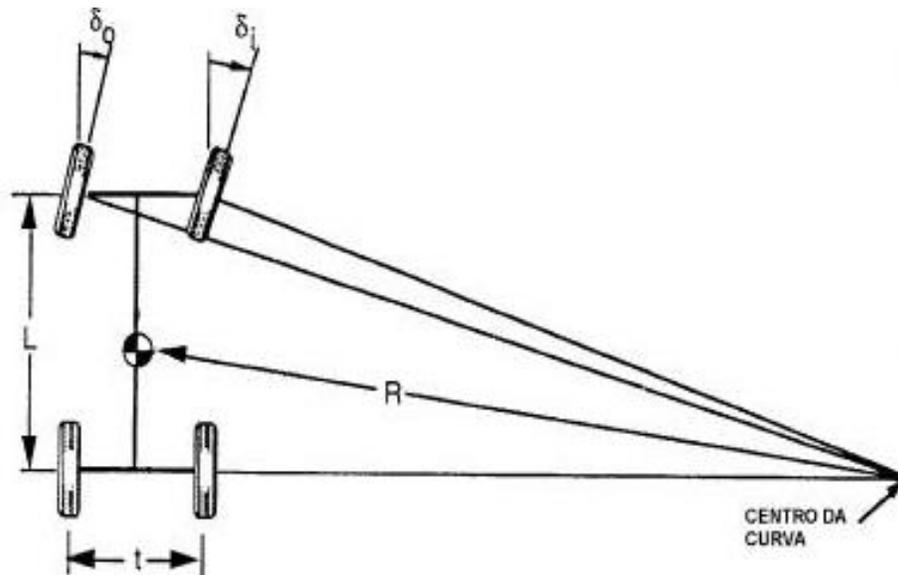
Existen dos expresiones que se conocen como condición de Ackerman y ángulo de Ackerman. Consiste en obtener ángulos girados por las ruedas, teniendo en cuenta, que durante el giro se consideran ángulos pequeños, por lo tanto, la geometría se puede deducir de la siguiente manera:

$$\cot(\delta_o) = \frac{(R+d/2)}{L} \quad (3) \quad \cot(\delta_i) = \frac{(R-d/2)}{L} \quad (4)$$

Restando se obtiene la condición de Ackerman:

$$\cot(\delta_o) - \cot(\delta_i) = \frac{(R + d/2)}{L} - \frac{(R - d/2)}{L} = \frac{d}{L} \quad (5)$$

Figura 32. Ángulos de giro [14].



Donde: Distancia de trocha  $t$ , la distancia entre ejes  $L$ ,  $\delta_i$  el ángulo interno y  $\delta_o$  el ángulo externo:

#### 4.1.1. CÁLCULOS PARA VEHÍCULO CHEVROLET SPRINT

Se calculan los ángulos de giro teóricos para el vehículo empleando la ecuación (6) obteniéndose el ángulo interior  $\delta_i$ , a partir de la ecuación (5).

$$\delta_i = \tan\left(\frac{L \cdot \tan(\delta_o)}{L - d \cdot \tan(\delta_o)}\right) \quad (6)$$

Donde

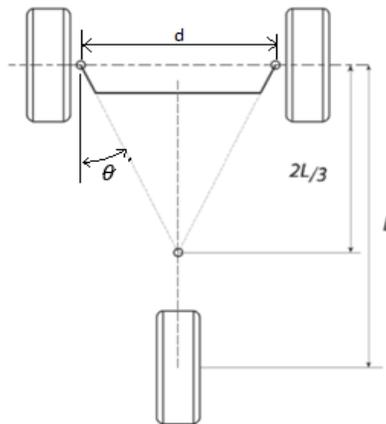
- 1300 = Distancia de trocha  $t$
- 1262 = Distancia entre pivotes  $d$
- 1099,02 = Longitud del sistema de dirección
- $30,64^\circ$  = Angulo de Ackerman  $\theta$
- 1065,26 = Distancia donde se cruzan líneas proyectadas  $l$
- 2260 = Distancia entre ejes  $L$

Conociendo tanto la distancia  $L$  y  $d$ , se calcula el trapecio de dirección adecuada para obtener la correlación de los ángulos  $\delta_i$  y  $\delta_o$ . El resultado se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Relación de ángulos de giro de las ruedas delanteras del Chevrolet Sprint.

$\delta_o$	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
$\delta_i$	0,0	5,2	11,1	17,5	24,5	32,2

Figura 33. Geometría de giro. [9].



La selección de los parámetros del trapecio (para ruedas rígidas en dirección transversal), se comienza con la determinación del ángulo  $\theta$  de inclinación de las palancas laterales del trapecio (que van unidas a las manguetas). Dichas palancas

deben ser situadas de tal manera que la distancia sea  $\frac{2}{3}$  de  $L$  como se muestra en la figura 31.

Los parámetros del trapecio se obtienen a partir de la ecuación:

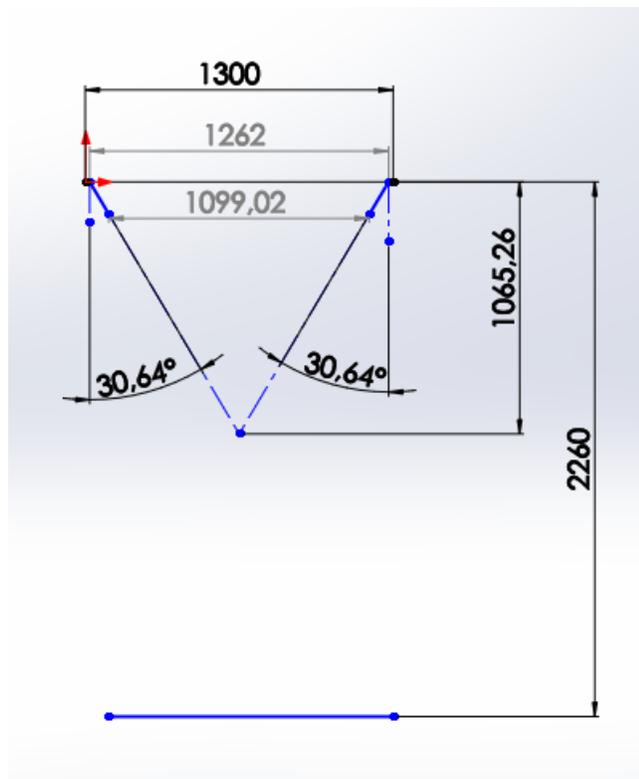
$$\frac{2}{3} \times L = \frac{2}{3} \times 2260 = 1506,67$$

De donde:

$$\theta = \tan^{-1}\left(0,75 \times \frac{d}{L}\right) = \tan^{-1}\left(0,75 \times \frac{1262}{2260}\right) = 22,72^\circ \quad (7)$$

La figura 32 muestra la configuración real a partir del modelo físico del sistema de dirección en el cual tiene un resultado de  $\theta = 30,64$ .

Figura 34. Cotas geometrías de Ackerman para el Chevrolet Sprint



#### 4.1.2. CALCULO PARA VEHICULO ELÉCTRICO UTILITARIO.

De la ecuación 5 se calculan los ángulos de giro teóricos para el vehículo eléctrico de acuerdo a los siguientes parámetros:

- 1200 = Distancia de trocha  $t$ .
- 1162 = Distancia entre pivotes  $d$ .
- 159,9 = Distancia de la mangueta.
- 999,02 = Longitud del sistema de dirección.
- 30,64° = Angulo de Ackerman.
- 980,85 = Distancia donde se cruzan líneas proyectadas  $l$ .
- 1500 = Distancia entre eje  $L$ .

El cálculo de la distancia del pivote es la diferencia entre la distancia de trocha y dos veces la distancia del pivote con respecto al disco del neumático:

$$1200 - 2(19) = 1162 = d$$

La tabla 2 muestra la relación de ángulos en las ruedas

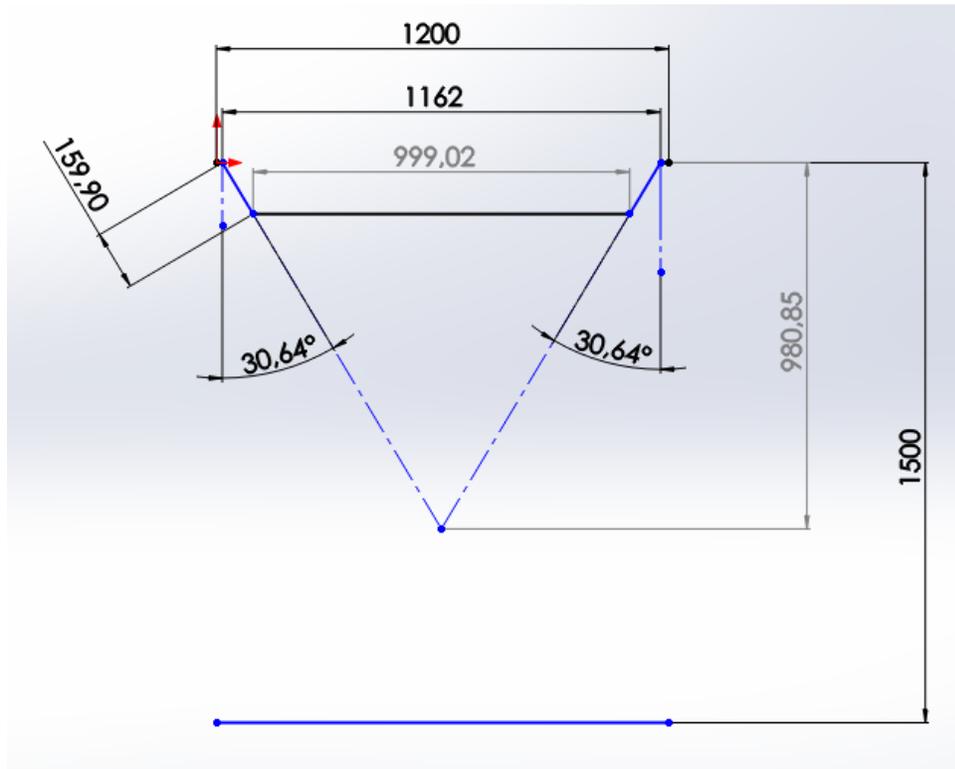
Tabla 2. Relación de ángulo de giro de las ruedas delanteras del vehículo eléctrico utilitario.

$\delta o$	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
$\delta i$	0,0	5,3	11,5	18,7	26,9	36,1

El ángulo  $\theta$  para el vehículo eléctrico se calcula con la ecuación 7

$$\theta = \tan^{-1}\left(0,75x\frac{d}{L}\right) = \tan^{-1}\left(0,75x\frac{1162}{1500}\right) = 30.15^\circ$$

Figura 35. Cotas geometría de Ackerman para el vehículo utilitario.



#### 4.1.3. RESULTADOS

Durante los cálculos realizados se observe los resultados de los ángulos que se forman producto al giro de la volante, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Relaciones de ángulos

CHEVROLET SPRINT						
$\delta_o$	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
$\delta_i$	0,0	5,2	11,1	17,5	24,5	32,2
VEHICULO UTILITARIO						
$\delta_o$	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
$\delta_i$	0,0	5,3	11,5	18,7	26,9	36,1

La primera parte muestra los ángulos que se genera en el Chevrolet Sprint, la segunda parte el vehículo eléctrico utilitario donde se observa que para curvas donde hay ángulos pequeños, el comportamiento de los dos vehículos va ser muy

similar, pero a medida que se vaya incrementando el ángulo de giro de las ruedas, el vehículo utilitario tiende a diferenciarse del modelo del Chevrolet Sprint.

## CONCLUSIONES

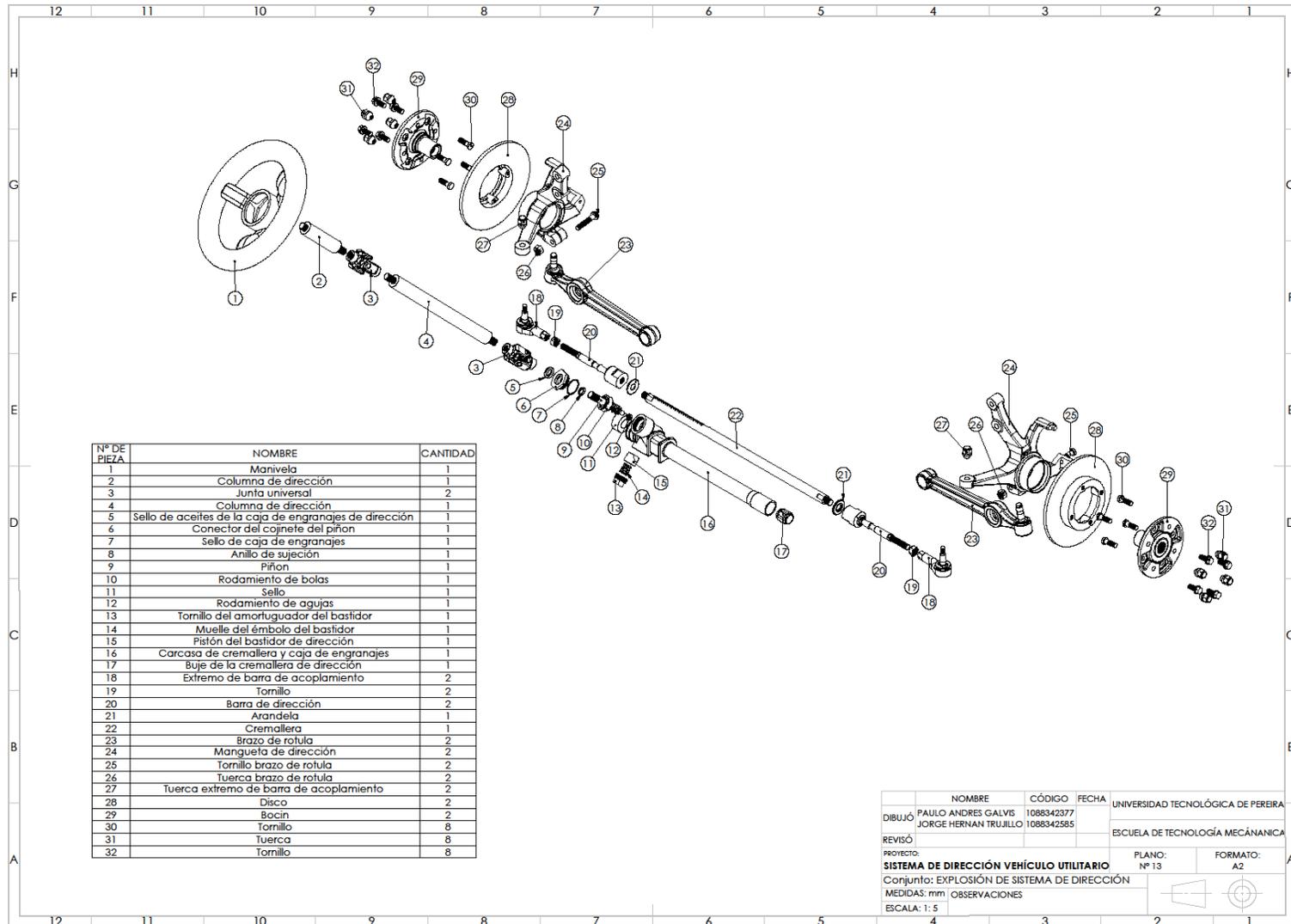
- De acuerdo a los cálculos (Geometría de Ackerman), se observó que el sistema de dirección modelado presenta una variación en el diseño teórico del ángulo de la mangueta con respecto al sistema real. Teniendo en cuenta la adaptación del sistema al vehículo eléctrico se observa que el valor del ángulo de la mangueta está más cercano al cálculo teórico.
- Al variar las dimensiones de los vehículos se comprueba una diferencia en los ángulos de las ruedas, presentando una variación mayor en los ángulos para el vehículo eléctrico utilitario.
- En este tipo de sistema, específicamente para el piñón y la carcasa se debe tener cuidado en procedimiento de medición de cada uno de elementos, para asegurar un buen modelado de sus componentes.
- El sistema de dirección seleccionado (Piñón-Cremallera) ofrece las ventajas de tener menos piezas y ser más preciso. Se evidencia que al tener un menor número de piezas se reduce el peso del sistema.
- La reparación de un sistema de dirección de cremallera y piñón tiende a ser más fácil que en un sistema tradicional. Hay dos razones para esto. En primer lugar, hay menos partes móviles. En segundo lugar, es el sistema más común, por lo que la mayoría de los mecánicos debes estar familiarizados con ella y no se necesitan un especialista para su reparación.
- Para que el sistema de dirección seleccionado tenga una aplicación más eficiente en el vehículo utilitario se debe modificar el ángulo que tiene la mangueta, debido a que este condiciona un mal funcionamiento de las ruedas al momento en el que se toman curvas de radio muy corto. Para esto se deben realizar los cálculos de la Geometría de Ackerman teniendo en cuenta que las dos líneas que proyectan las manguetas se deben unir en el eje trasero.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Meganeboy, «Aficionados a la mecánica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [2] M. Villan, «SCRIBD,» [En línea]. Available: [es.scribd.com/document/350664874/graaajo-Practico](http://es.scribd.com/document/350664874/graaajo-Practico). [Último acceso: 4 Mayo 2017].
- [3] E. Cante, «SlideShare,» 10 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/eliseocante9/mecanismo-de-direccion>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [4] Central de Repuestos TR, «Central de Repuestos TR,» 2016. [En línea]. Available: <http://centralderepuestostr.com/cajas-direccion-mecanica-tornillo-sin-fin/>. [Último acceso: 9 Mayo 2017].
- [5] J. Daniel, «Mecánica automotriz,» 2015. [En línea]. Available: <http://xdjoni.blogspot.com.co/p/mecanismo-de-direccion-de-movimiento.html>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [6] L. A. Ugarte Beltran, «Unandes,» [En línea]. Available: <http://www.blogunandes.com/2016/07/sistema-de-direccion.html>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [7] Central de Repuestos TR, «Central de Repuestos TR,» 2016. [En línea]. Available: <http://centralderepuestostr.com/cajas-direccion-mecanica-tornillo-sin-fin/>. [Último acceso: 21 Mayo 2017].
- [8] D. Meganeboy, «Aficionados a la mecánica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>. [Último acceso: 4 Mayo 2017].
- [9] M. A. Pulgarin Arias y J. D. Zabala Guisado, «Diseño, contruccion y pruebas de un vehiculo prototipo supermilage,» Pereira, 2013.
- [10] J. Camós, «Circula seguro,» 2 Julio 2008. [En línea]. Available: <http://www.circulaseguro.com/la-importancia-del-alineado-de-las-ruedas/>. [Último acceso: 4 Mayo 2017].
- [11] Autoscou24, «Autoscou24,» [En línea]. Available: <http://www.autoscout24.es/tematicas/tecnologia-del-automovil/chasis/cual-es-el-radio-giro-coche/>. [Último acceso: 10 Julio 2017].
- [12] Tecno Autos, «TecnoAutos,» [En línea]. Available: <https://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-chevrolet-sprint-ensamblado-en-1985/>. [Último acceso: 07 Julio 2017].
- [13] Chevrolet, «Chevrolet,» 15 Septiembre 2008. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Usuario%20UTP/Downloads/Chevrolet\\_Sprint\\_L3-61-1.0\\_Manual%20de%20taller.pdf](file:///C:/Users/Usuario%20UTP/Downloads/Chevrolet_Sprint_L3-61-1.0_Manual%20de%20taller.pdf). [Último acceso: 15 Julio 2017].

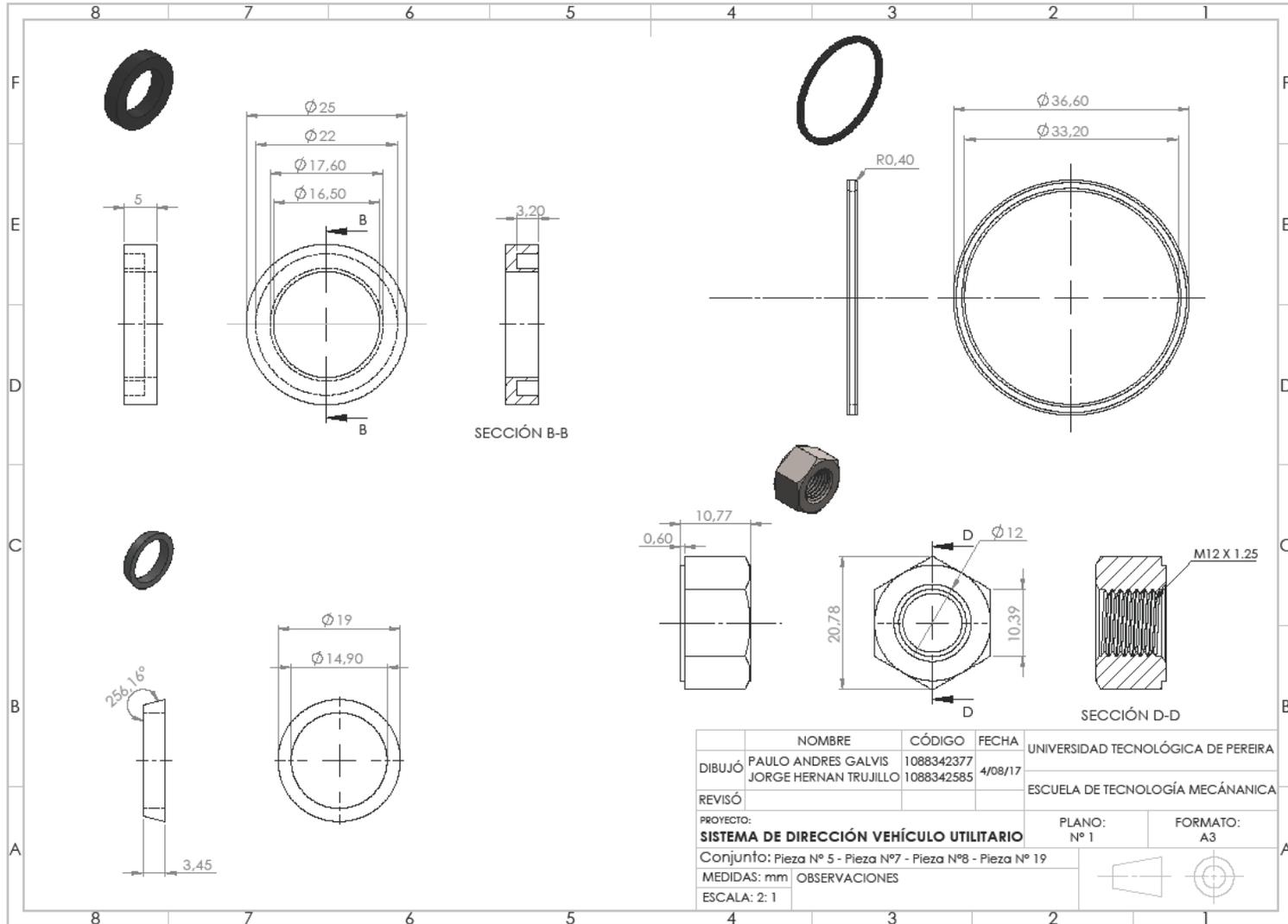
- [14] R. Buendia, «motor pasión México,» 30 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/los-diferentes-tipos-de-direcciones-y-cual-me-conviene-mas> . [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [15] «Sabelo todo,» [En línea]. Available: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [16] D. Meganeboy, «Aficionados a la mecánica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-electr.htm>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [17] T. Briet Blanes, La cuevita , 28 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <http://lacuevitaf1.blogspot.com.co/2008/12/geometra-en-la-direccin-de-ackerman.html>. [Último acceso: 6 Mayo 2017].
- [18] V. Mido, «Slideshare,» 20 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/phibrizzo20/sistema-de-direccin-tornillo-sin-fin>. [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [19] E. A. Reyes, «Slideshare,» [En línea]. Available: [https://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion14009412?next\\_slideshow=1](https://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion14009412?next_slideshow=1). [Último acceso: 1 Mayo 2017].
- [20] Revista mecanica popular , «Mi mecanica popular,» Enero 1992. [En línea]. Available: <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=137>. [Último acceso: 15 Junio 2017].
- [21] A. Pulido, «Aprendemos tecnología,» 4 septiembre 2008. [En línea]. Available: <https://aprendemostecnologia.org/2008/09/04/mecanismo-de-pinion-cremallera/>. [Último acceso: 15 Junio 2017].

# Anexo 1. Plano 13

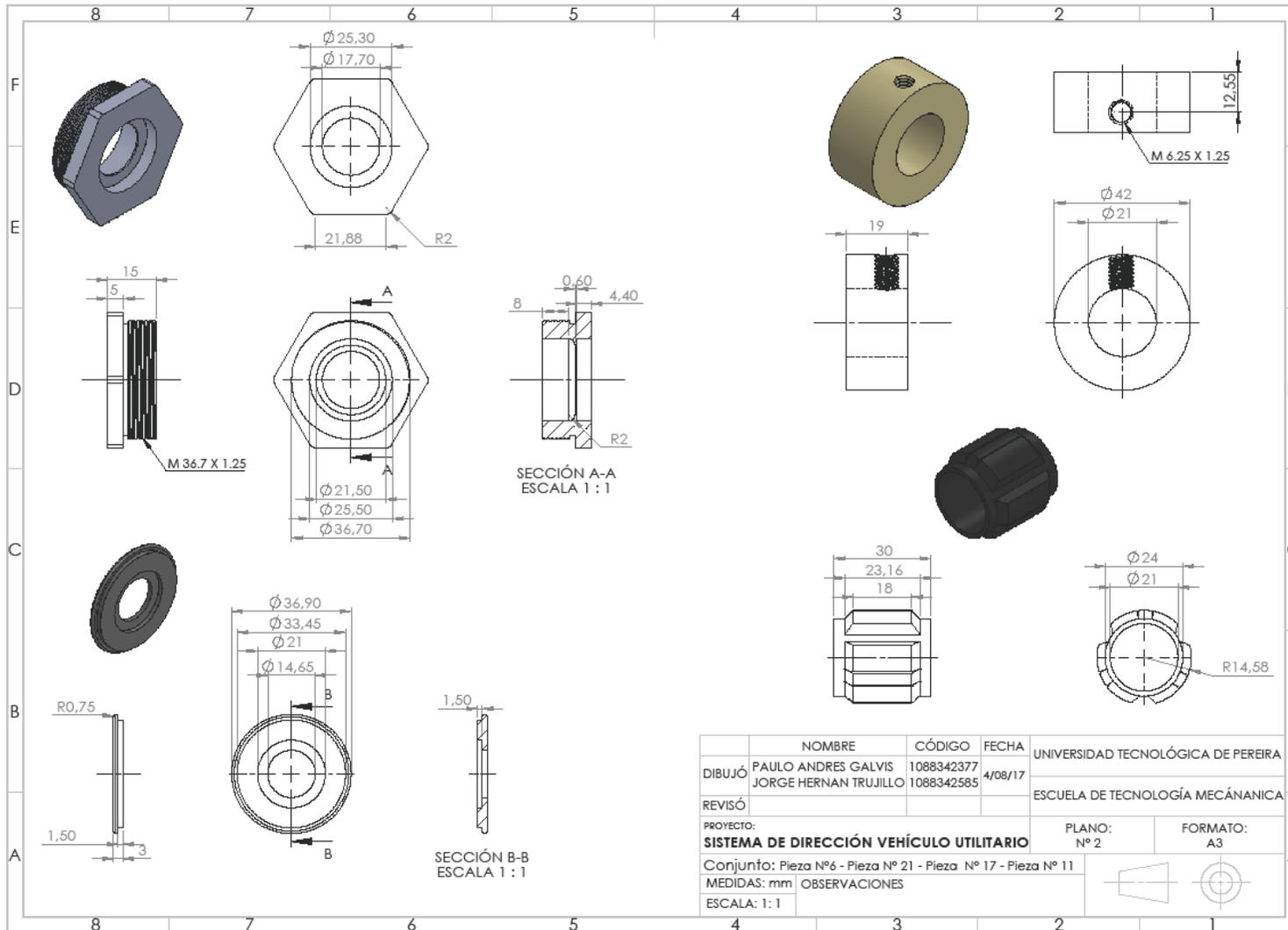


	NOMBRE	CÓDIGO	FECHA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
DIBUJÓ	PAULO ANDRES GALVIS	1088342377		
	JORGE HERNAN TRUJILLO	1088342585		ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
REVISÓ				
PROYECTO:	<b>SISTEMA DE DIRECCIÓN VEHÍCULO UTILITARIO</b>			PLANO: Nº 13
	Conjunto: EXPLOSIÓN DE SISTEMA DE DIRECCIÓN			FORMATO: A2
	MEDIDAS: mm OBSERVACIONES			
	ESCALA: 1: 5			

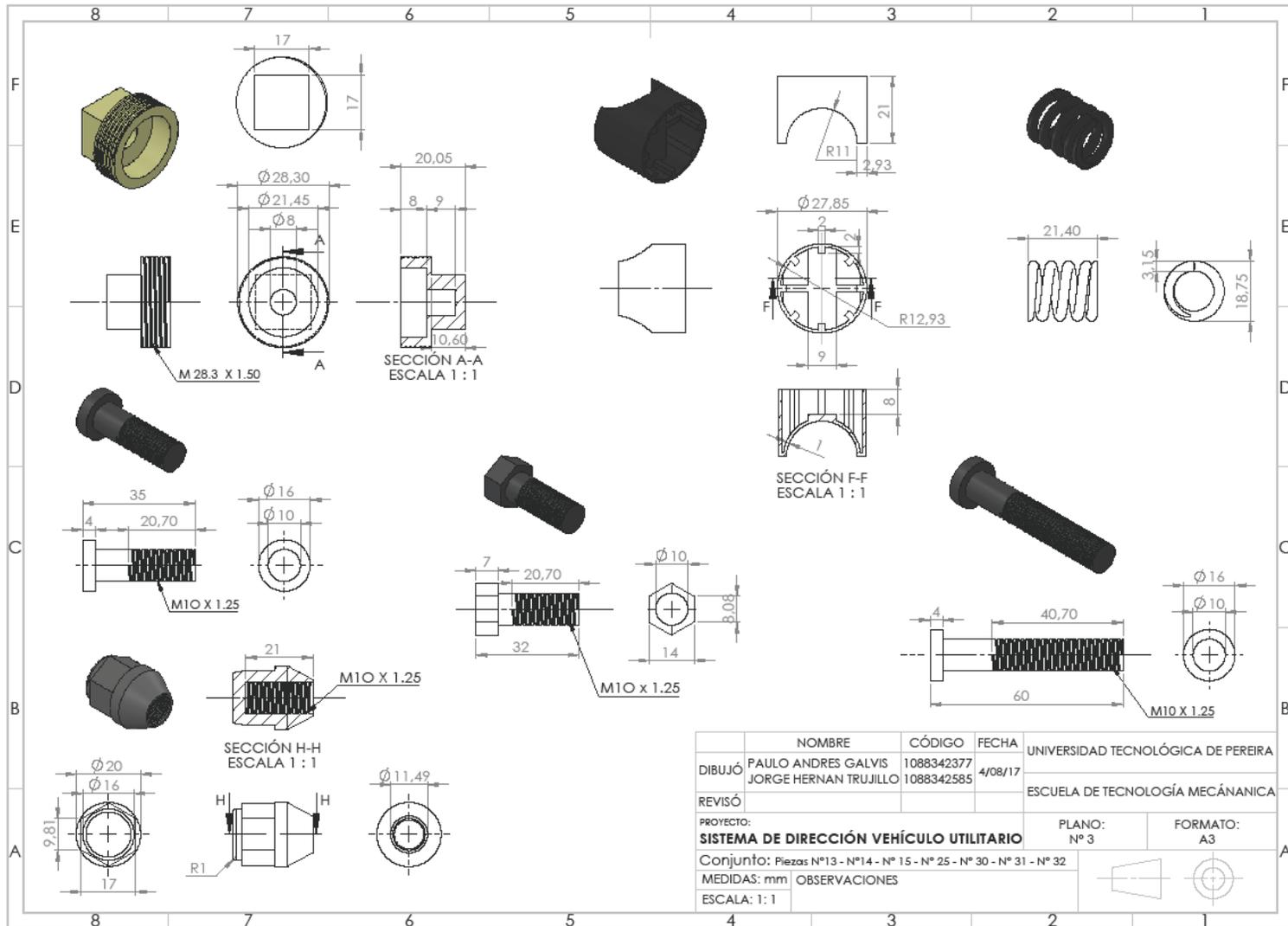
Anexo 2. Plano 1



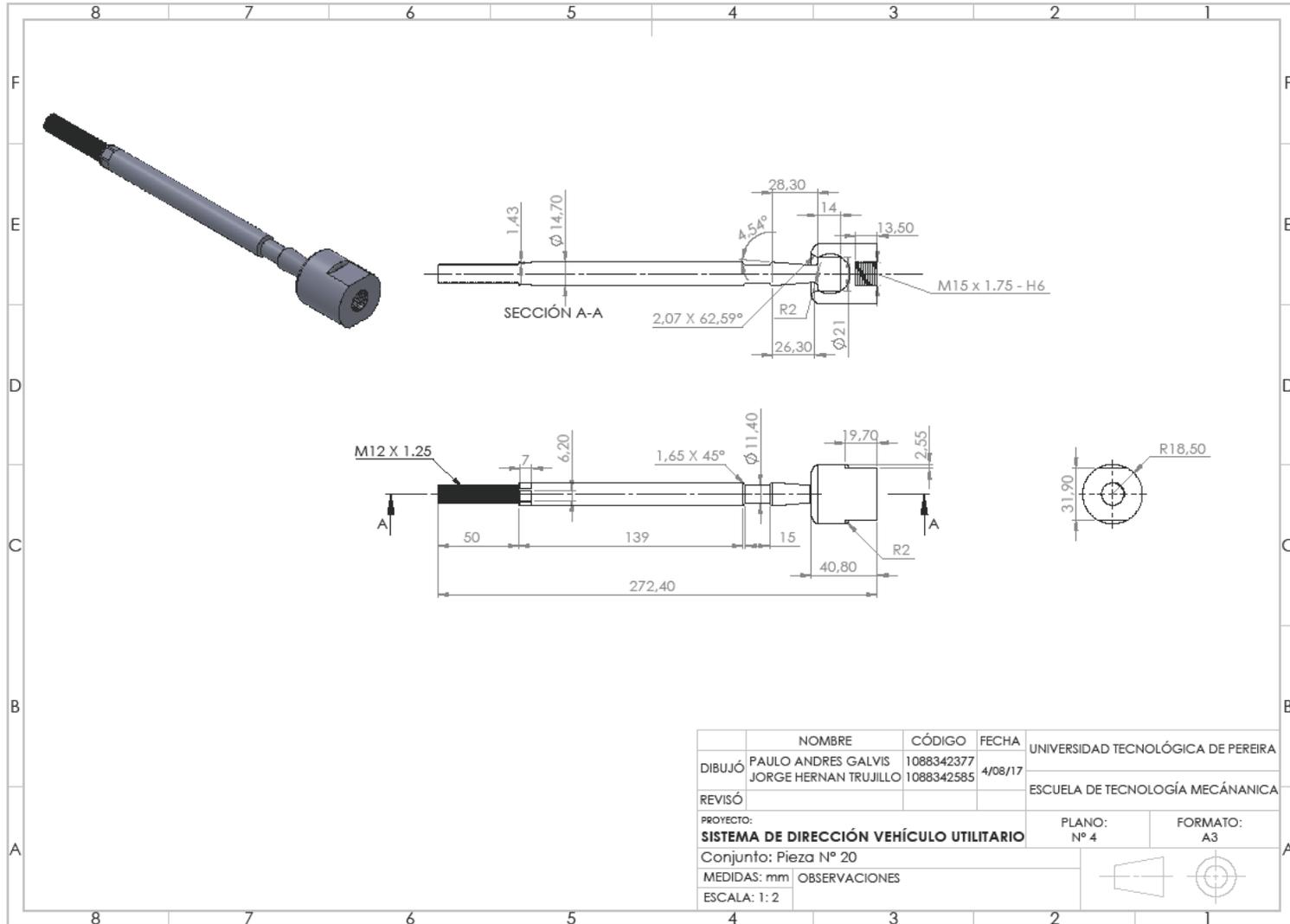
### Anexo 3. Plano 2



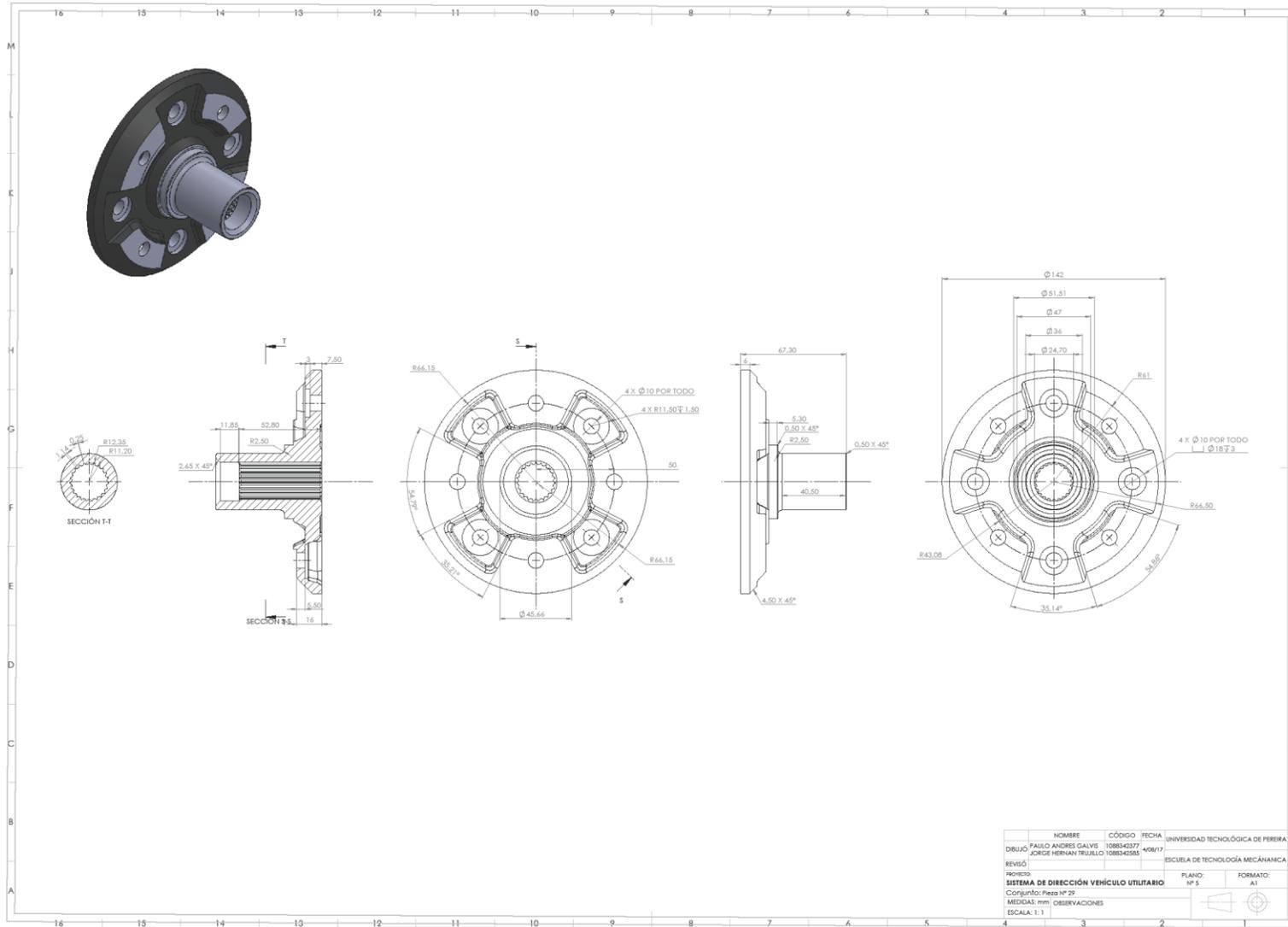
### Anexo 4. Plano 3



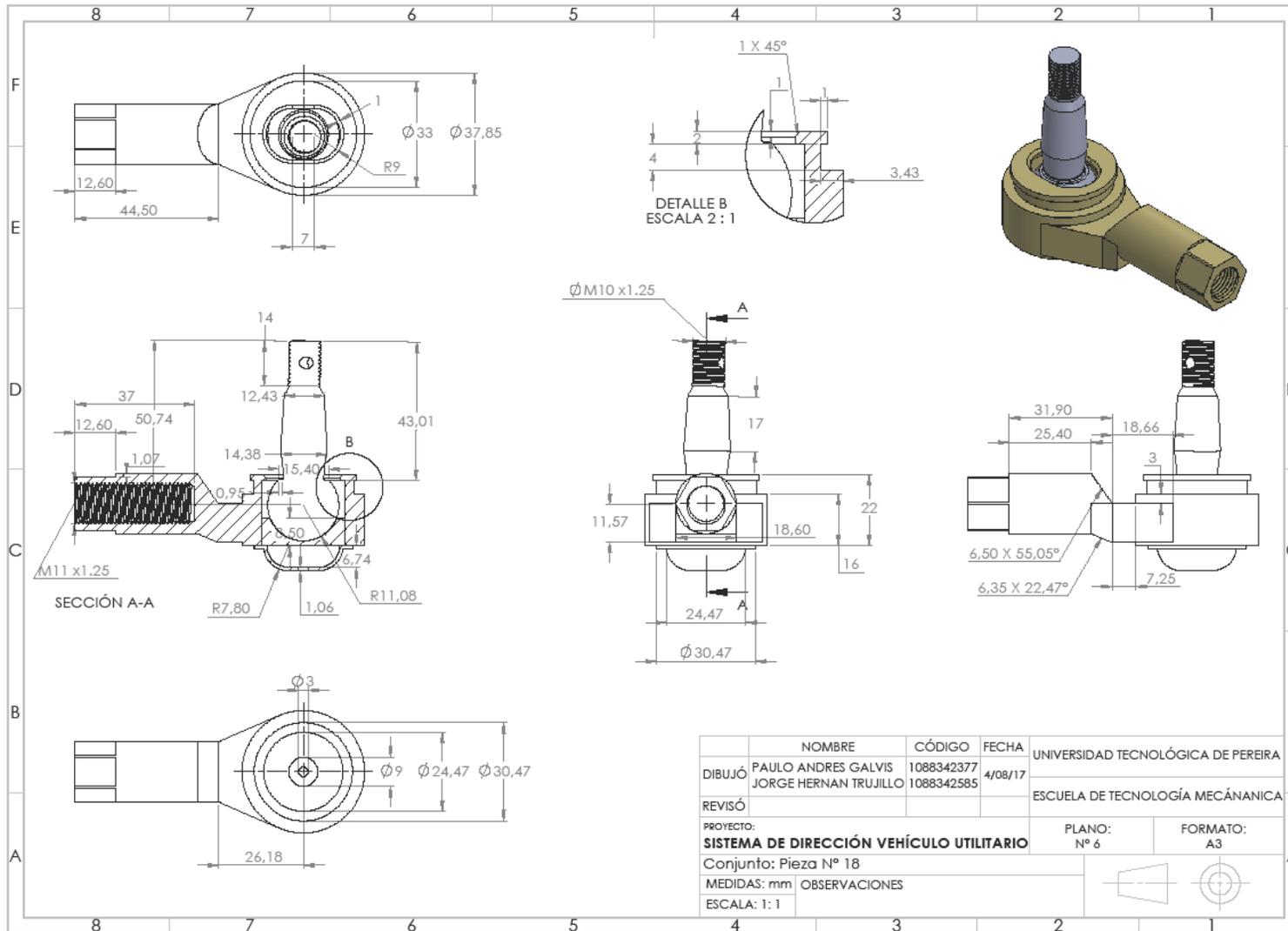
Anexo 5. Plano 4



# Anexo 6. Plano 5

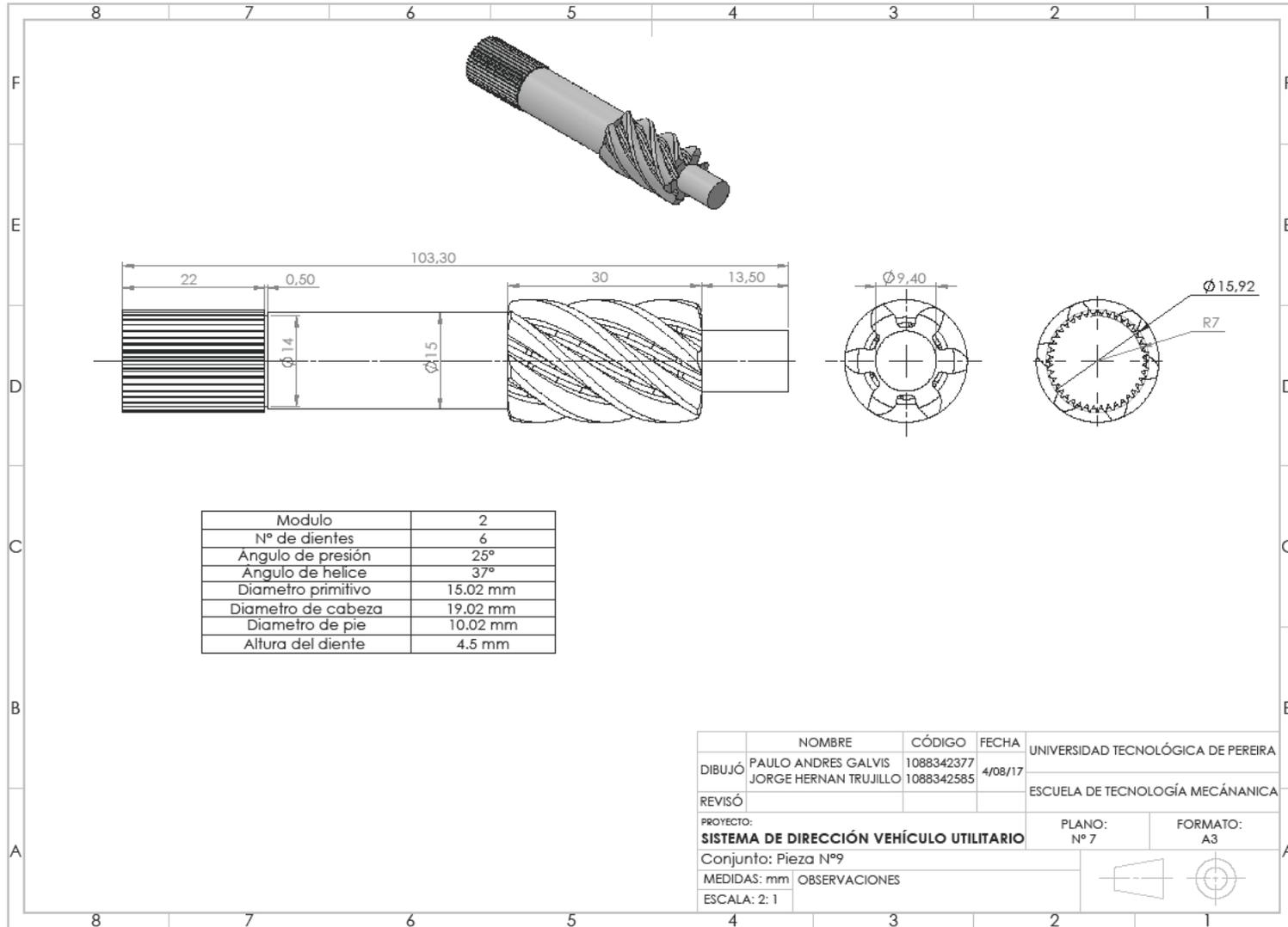


# Anexo 7. Plano 6

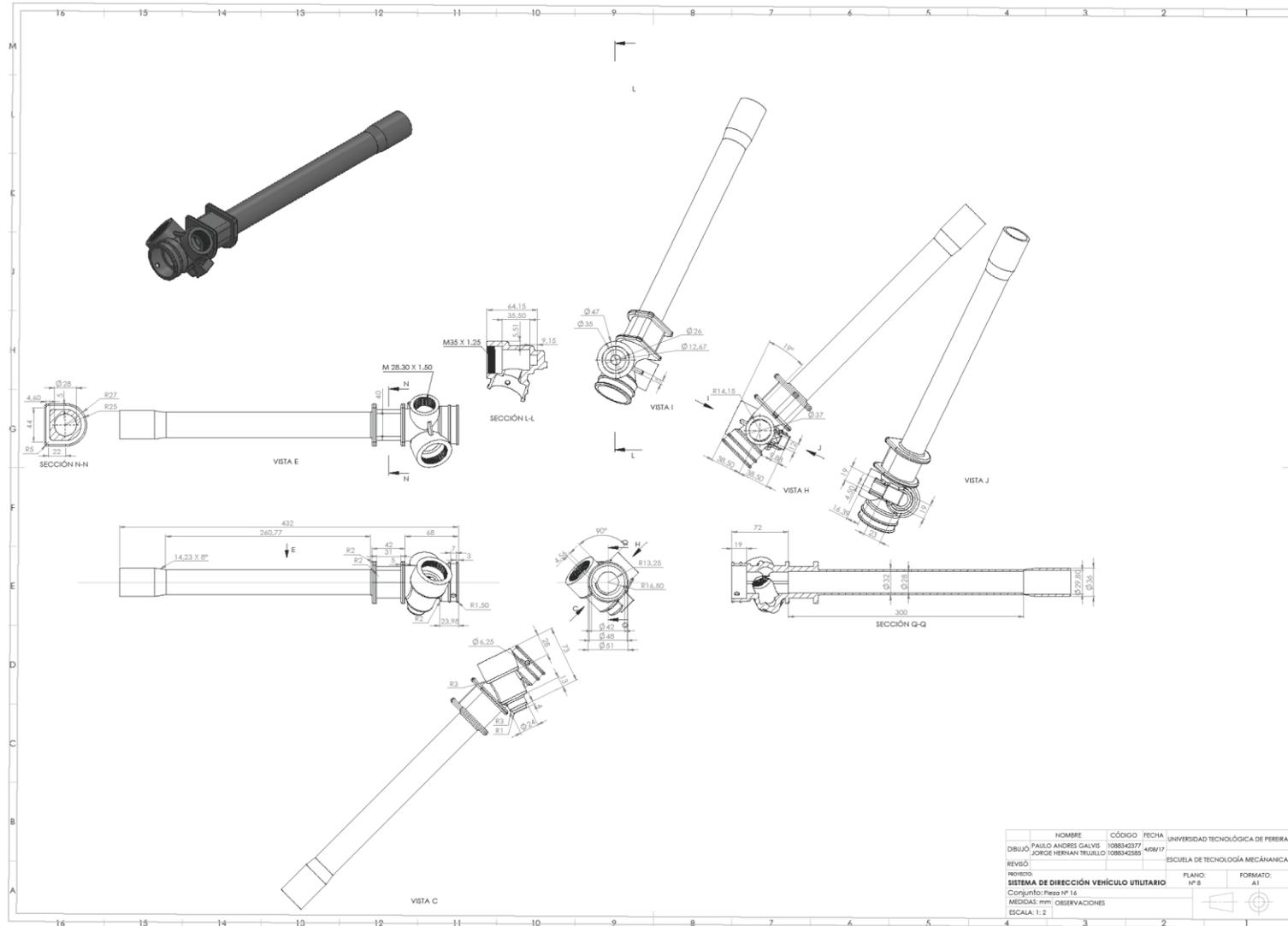


	NOMBRE	CÓDIGO	FECHA	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
DIBUJÓ	PAULO ANDRES GALVIS	1088342377	4/08/17	ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
	JORGE HERNAN TRUJILLO	1088342585		
REVISÓ				
PROYECTO:	<b>SISTEMA DE DIRECCIÓN VEHÍCULO UTILITARIO</b>			PLANO: N° 6
Conjunto: Pieza N° 18				FORMATO: A3
MEDIDAS: mm	OBSERVACIONES			
ESCALA: 1: 1				

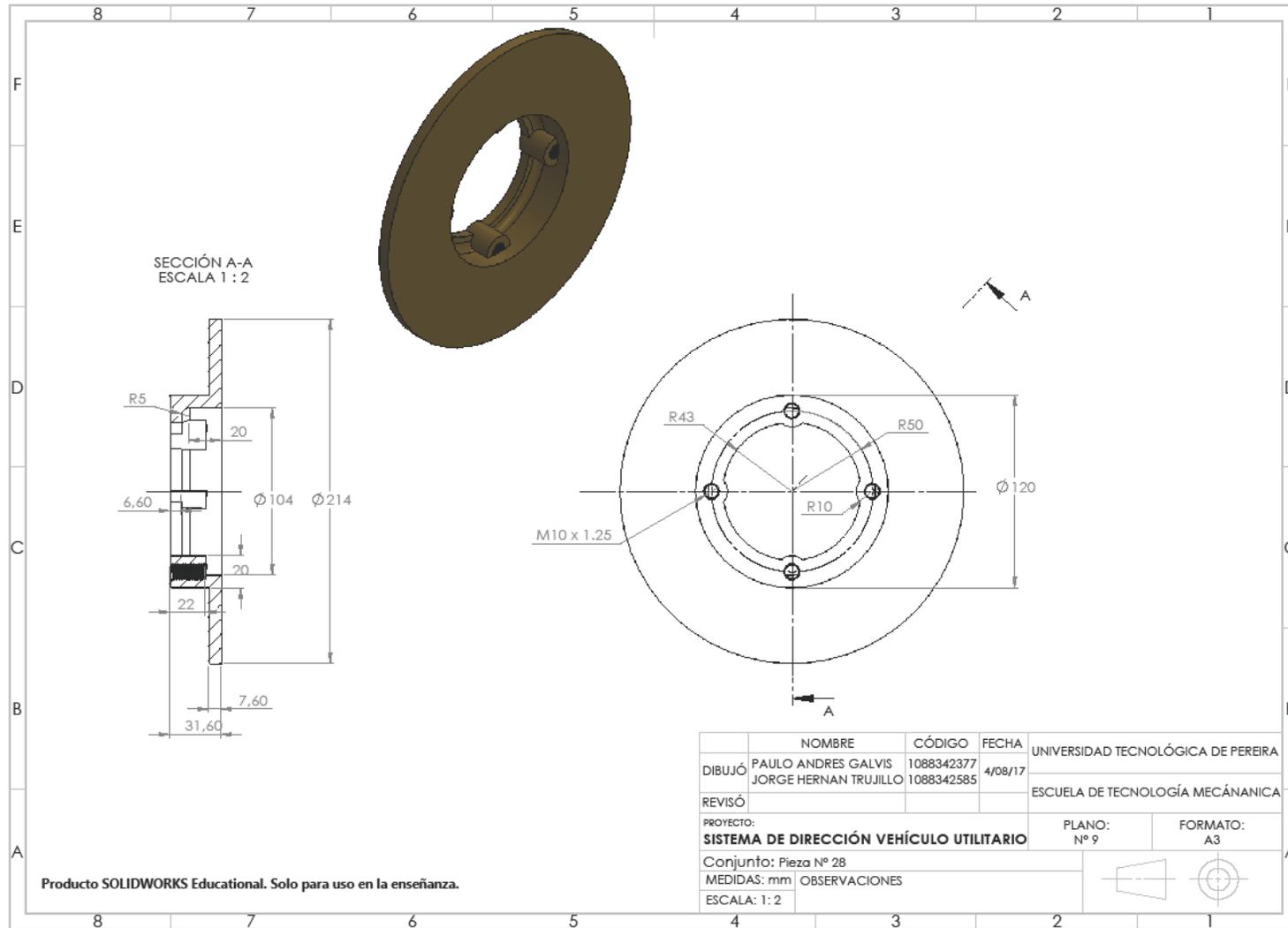
# Anexo 8. Plano 7



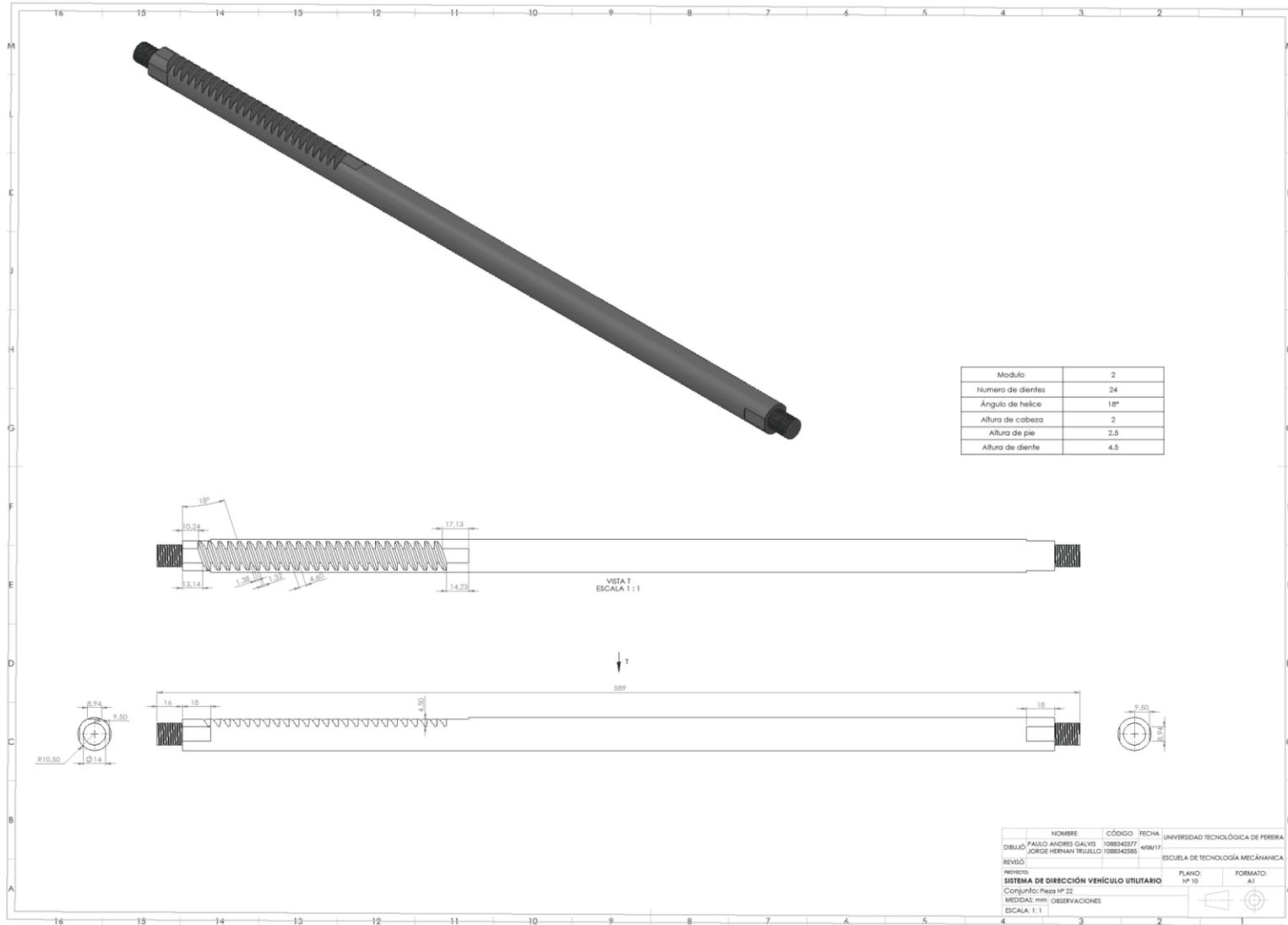
# Anexo 9. Plano 8



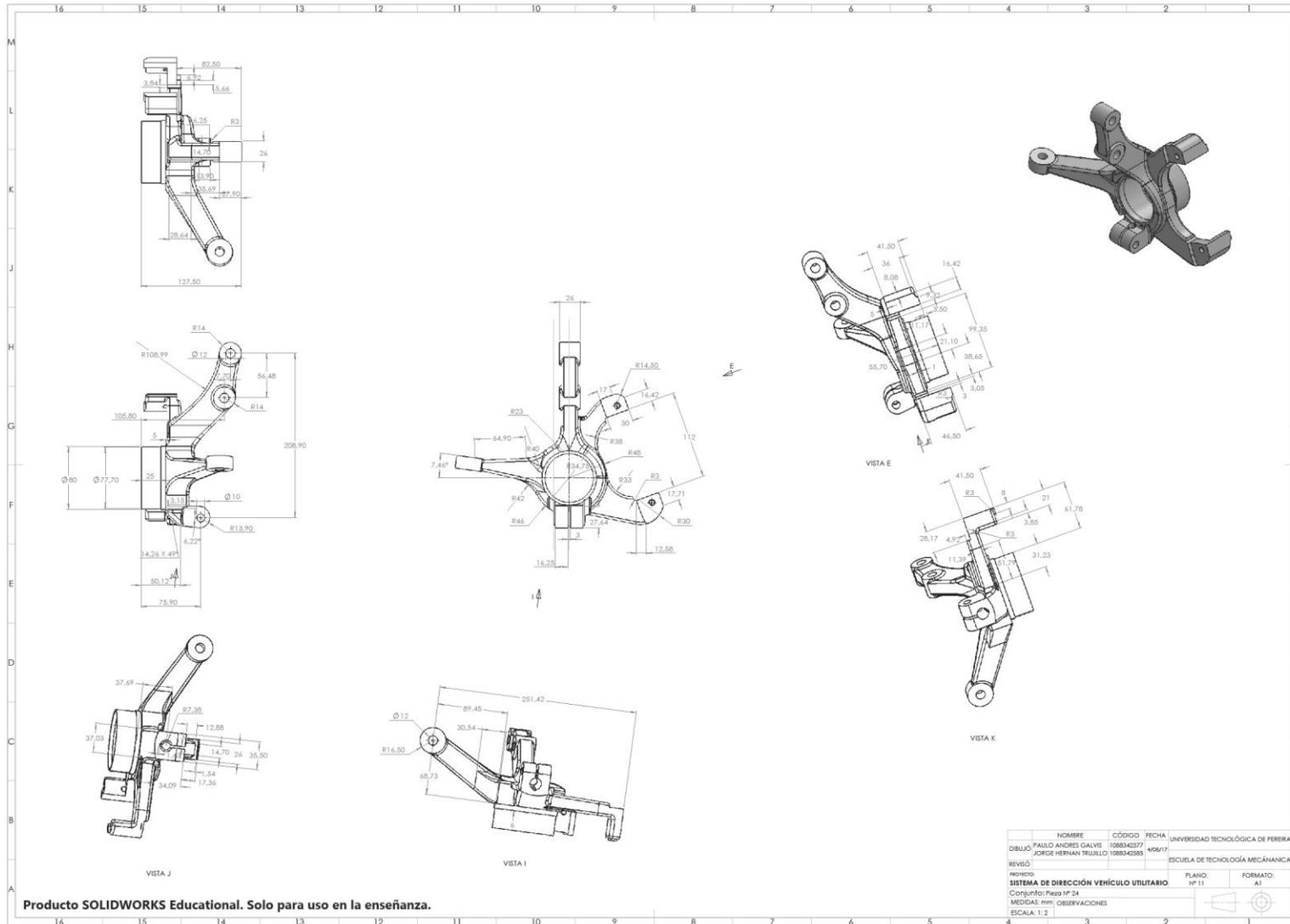
# Anexo 10. Plano 9



# Anexo 11. Plano 10



# Anexo 12. Plano 11



# Anexo 13. Plano 12

