

*Any colour—
so long as
it's black*

DESIGNING THE
MODEL T FORD
1906–1908

JOHN
DUNCAN

Introducción

La idea de este trabajo editorial de El Óvalo Azul es la de compartir con Uds. todo el material que ofrece el libro “Any color – so long as it’s black”, aludiendo a la célebre frase atribuida a Henry Ford: “Cualquier color siempre que sea negro”.

Este libro que adquirimos en formato electrónico a la librería Amazone al leerlo nos asombró por haber sido escrito en la actualidad y con una mirada diferente a cuanto otros se han escrito sobre el Auto del Siglo XX: el Ford Modelo T.

Se que quienes recibirán este obsequio apreciarán el material y estoy seguro conocerán aspectos nunca antes tratado sobre este auto que tanto amamos.

Espero que este trabajo de traducción y edición sea del agrado de todos Uds.

Buenos Aires, 30 de abril de 2015

Alfredo De Lorenzo

Editor Propietario

1 Diseñando el futuro

Ya en 1906, los estadounidenses habían dado cuenta de que el automóvil era más que un juguete para los ricos; que podría ser útil en la vida cotidiana. A medida que los precios bajaron, muchos pudieron permitirse el lujo de comprar un coche y una gran variedad fue ofrecida. La mayoría de los compradores no habían poseído un coche antes y podría haber sido un problema si no fuera por el hecho de que, incluso entonces los hombres estaban lejos de usar la lógica en la elección de un coche y tendían a actuar por impulso; sin embargo, por primera vez, un hombre podría justificar en parte su deseo de tener un auto por razones de utilidad y en la economía de poseer un coche en lugar de mantener un caballo.

La demanda de coches era genial y muchas empresas surgieron para satisfacer a esta. Produjeron un surtido mixto de vehículos. El motor podría tener sólo un cilindro o muchos. Un estilo popular era esencialmente un buggy sin caballo, dirigido por un timón y tenía el motor debajo del asiento. Había automóviles como los conocemos ahora con un motor en la parte delantera, un volante y una carrocería construida para cuatro o cinco personas. No había consenso sobre un automóvil estándar; la mayoría eran impulsados por un motor de gasolina, pero había muchos coches en el mercado a vapor y automóviles eléctricos impulsados por batería.

Esta fue una época de experimentación y, desde nuestra perspectiva actual, un momento de confusión. En ese momento un hombre, Henry Ford, trabajando con un puñado de hombres cuidadosamente escogidos, diseñó un vehículo que fue tan exitoso que en diez años la mitad de todos los automóviles eran de este modelo. El vehículo, el modelo T, no parecía inusual ya que las ruedas, el motor, el radiador y el volante se encontraban en los lugares habituales, pero por debajo de la superficie había una considerable innovación y un pensamiento claro. Muchas de las características que eran nuevas o peculiares en el Modelo T se convirtieron en una práctica habitual en la industria del automóvil por la década de 1920s. Algunos de los dispositivos que se introdujeron por el Sr. Ford se perfeccionaron en los últimos años y se convirtieron en parte de la tecnología del automóvil actual, como la transmisión automática, el encendido electrónico y el alternador. Se construyeron más de 15 millones de coches sobre el diseño original hasta que la producción del modelo cesó en 1927. En sus años posteriores, el Modelo T fue reemplazado por otras marcas, pero es notable que el diseño haya durado sin grandes cambios a lo largo de los años de desarrollo en la historia de la industria del automóvil.

Los primeros años de Ford han sido bien investigados y muchos libros y archivos están disponibles. A pesar de ello, no se ha contado la historia sencilla de cómo diseñó el modelo T. Mucha gente sabe de la línea de montaje móvil, las plantas gigantes de la Ford y la frase que se cree el Sr. Ford pudo haber dicho que "los compradores podrían elegir cualquier color, siempre y cuando sea negro", pero la llave que abrió la puerta a todos estos eventos fue el diseño mecánico del vehículo. El diseño fue responsable del rendimiento del coche, que la gente se anime a comprar y a crear la demanda. La demanda justifica las grandes plantas y condujo a una reducción en el costo. El precio de por sí no genera mayor demanda, un precio bajo no salva a un mal producto. La producción en masa fue facilitada porque el coche fue diseñado como un número de piezas bien alineadas que podrían ser ensambladas rápidamente y de manera económica.

Se ha dicho muy bien que cuando un artista pinta un cuadro, no importa lo que muestre, siempre va a retratar (o traicionar a) el carácter de la artista. Lo mismo pasa en el diseño de ingeniería. La personalidad de Henry Ford y las características de diseño del Modelo T están inextricablemente unidas. A lo largo de su vida, las relaciones del señor Ford con familiares y asociados fueron difíciles. Es cierto que se llevaba bien con algunas personas de talento excepcional y mucho se ha dicho de su amistad con Thomas Edison, Harvey Firestone Jr. (el fabricante de neumáticos) y más tarde con Charles Lindbergh. Por otra parte, la relación con su hijo Edsel y la amargura que rodeó sus relaciones con los sindicatos mostraron el lado difícil de su personalidad. Él era claramente una persona obsesiva y de carácter. El autor tenía un pariente, tío Howie, que era capataz en una de las primeras plantas de Ford. Dijo que si se cortaba la luz, como pasaba con frecuencia, el Sr. Ford dejaba inmediatamente su oficina y salía a la planta. Si veía un hombre ocioso, lo abordaba y le pedía que viera a su capataz. Luego era capaz de despedir al capataz en el acto con el argumento de que no había justificación de no trabajar si no había electricidad. Por ello el mejor seguro del tío Howie era mantener en su casillero una serie de latas de pintura y pinceles; sus hombres sabían que el momento en que la energía se cortaba, se tenía que tomar una lata y encontrar una máquina del color adecuado para pintar, si fuera necesario o no!

Los que entraron en contacto con el Sr. Ford tenía una visión muy ambivalente de él como hombre; quizás otros tenían una actitud similar a su coche. El padre del autor dijo haberse encontrado en una oportunidad a un hombre reparando a un Modelo T que se había roto en un lugar remoto en el país. Se detuvo para ofrecerle ayuda, pero le contestó, 'No jefe, usted siga su camino. Voy a conseguir esta cosa funcione.' Cinco o seis horas más tarde regresó por el mismo camino y encontró al hombre todavía arreglando su coche. Una vez más ofreció su ayuda y

nuevamente fue rechazada y mi padre se dio cuenta de que el hombre estaba descalzo y sus botas estaban ordenadamente junto él en el camino. Él le preguntó sobre ese detalle y el hombre respondió, mire jefe, si no me hubiera quitado las botas, hubiera pateado a este maldito coche para romperlo todo. '

Hay muchos casos en la posterior historia de Ford donde los hombres, si no se hubieran metafóricamente quitado las botas, hubieran pateado el Sr. Ford hasta matarlo. Él prestó muy poca atención a la opinión de los demás. Se ha informado de que a principios del 1920s cuando muchos sintieron que el Modelo T se debía rediseñar drásticamente, un grupo de hombres construyó un prototipo que tenía todas las mejoras que ellos querían; su respuesta cuando se la mostraron con orgullo fue una serie de martillazos que terminaron por destruir el coche en pedazos y marcharse sin decir nada. Si el señor Ford hubiera sido más complaciente con los pensamientos y sentimientos de los demás, su familia habría sido más feliz y habría sido una figura más popular, pero ni su automóvil ni su compañía habrían logrado tanto. El automóvil que diseñó no era lo que la gente pedía; analizó la situación por sí mismo, y les dio el coche que mejor se ajustó a las necesidades de la época. En nuestra era, cuando el buen diseño es a menudo comprometido por la llamada "investigación de mercado", es refrescante examinar un caso en el que el diseño de ingeniería fue obstinado pero brillante y tan exitoso. De dónde vino la capacidad del Sr. Ford no está claro. Tenía alguna educación en ingeniería mecánica y la experiencia práctica en la industria antes de que empezara en los automóviles. Él también tenía un gran respeto por los que entienden los elementos básicos de su oficio y estaba ansioso por obtener asesoramiento de los pocos que conocía bien y respetado. Al final, sin embargo, hacía lo que le parecía bien a él.

El Modelo T fue diseñado y los prototipos fueron construidos en la planta de la Ford Motor Company de la Avenida Piquette, en Detroit, entre los años 1906 y 1908. El edificio sigue ahí y se puede ver el lugar donde el coche fue concebido. Gracias a los esfuerzos de unos pocos devotos, el edificio se ha convertido en un sitio declarado patrimonio nacional y es un monumento adecuado a uno de los grandes ejemplos de diseño de ingeniería. Lo que se logró no es inmediatamente obvio, pero si miramos más profundamente en el concepto del coche y la forma en que se armó, podemos entender la importancia de este acontecimiento histórico.

2 Elegir el Momento

Henry Ford construyó su primer vehículo, un cuadriciclo, en su taller de su casa en el año 1896. Después de algunas salidas en falso, para 1904 la Ford Motor Company ya estaba produciendo una serie de modelos y coches más grandes. Este fue el momento en que los coches prácticos y asequibles aparecieron por primera vez, uno de los más populares de los cuales fue el Oldsmobile. Era básicamente un cochecito motorizado con un motor bajo el asiento y dirigido con una palanca; se vendió por \$ 650 y, según Charles Sorensen, un miembro clave del equipo del Sr. Ford por muchos años, se construyeron miles. Mi bisabuelo fue agente para estos buggies en Australia del Sur, y sus hijos establecieron una serie de récords entre las principales ciudades. También había coches como los conocemos, con el motor adelante de las ruedas traseras y con una carrocería construida. Algunas habilidades se requerían para comenzar a conducir estos coches, para cambiar los neumáticos y sacar el coche de una zanja si fuera necesario, pero como muchos conductores en ese momento se había criado en una granja, todo esto se podía superar. Todo tipo de personas, ya sea el médico o el cartero en sus rondas, el agricultor que iba al mercado o el hombre de negocios, comenzaron a ver el automóvil como una alternativa práctica y económica respecto al vehículo tirado por caballos, y a un precio razonable, la demanda aumentó de manera enorme.

En 1906, el Sr. Ford estuvo cerca de producir el coche que su corazón imaginaba, el Modelo N, con un precio de \$ 500. Este era un coche esbelto, impulsado con un motor de cuatro cilindros. Era popular y la empresa comenzó a prosperar por la gran demanda de este práctico coche. El Sr. Ford tuvo la fortuna en ese momento de tener un socio, James Couzens, que se ocupaba de las funciones financieras, contables y de ventas de la empresa, dejándolo libre para concentrarse en el diseño del próximo coche. Evidentemente el Sr. Ford no estaba satisfecho con el Modelo N; debió pensar profundamente acerca de lo que se necesitaba para el futuro. La fuerte demanda de automóviles, que era aún mayor de lo que había previsto, le habría dicho que la cifra podría ser aún mayor en el futuro. Obviamente, esto significaba que cada parte del coche tenía que ser diseñada de modo que pudiera hacerse fácilmente y en grandes cantidades. El hecho menos obvio fue que con este aumento repentino en el número de automóviles, muchos compradores serían los propietarios por primera vez y en consecuencia, los conductores serían noveles. Los coches típicos de la época eran ni fáciles de arrancar, ni de conducir.

Uno de los problemas principales de la conducción estaba en el cambio de marchas y el coche mejorado tendría que superar este problema. Hoy en día

ELOVALO AZUL

muchas personas utilizan transmisiones automáticas y pero también están los que todavía prefieren transmisiones manuales, uno puede preguntarse la dificultad que los conductores tuvieron en los primeros días. El hecho es que las cajas de engranajes modernos cuentan con dispositivos que no fueron por entonces inventados para hacer el cambio más fácil. Sin estas mejoras, habría mucho crujir de dientes! También era obvio que el coche debía ser capaz de superar caminos en mal estado, con barro en verano y nieve acumulada durante el invierno. Esto obligaba a una buena distancia al suelo, pero Ford apreciaba la necesidad de contar con potencia junto con un peso ligero. Los diseñadores descubrieron que podían aumentar fácilmente el poder mediante la construcción de motores más grandes, pero la ventaja se pierde si el chasis, transmisión y ejes tenían que ser mucho más grande para soportar el aumento de las tensiones y así la relación peso-potencia no mejoraba. Algunas nuevas ideas tenían que ser desarrollado para lograr más potencia manteniendo una reducción de peso.

Estaba claro, también, que no sería posible comenzar con un diseño rápido y luego mejorarlo poco a poco a medida que se ganaba experiencia. Hacer un seguimiento de todos los cambios sería imposible si miles de automóviles ya circulaban por todo el país, y el Sr. Ford previó claramente la necesidad de repuestos estandarizados que permitieran al propietario reparar su vehículo. Como todo el mundo estaba en una fase de aprendizaje, el diseño tenía que ser el correcto desde el principio, y cambiar lo menos posible año tras año. De esta manera, tanto los distribuidores como los propietarios inexpertos tuvieron la oportunidad de mejorar sus habilidades. Sr. Ford también debe haber estado pensando en el tipo de planta de fabricación que podrían construir autos en gran número. Él se habría dado cuenta de que la producción no podía ser interrumpida para dar cabida a los cambios de diseño.

Hacia el final de 1906, el escenario estaba preparado para una de las más increíbles acontecimientos del siglo xx. El Modelo N, que estaba siendo construido en la planta de Ford Piquette Avenue en Detroit, era popular y generaba fondos suficientes y, como se ha mencionado, el Sr. Ford estaba libre para concentrarse en el diseño de un coche nuevo. Es fascinante ver cómo llevó a cabo esta tarea. Él mantuvo todo el proyecto tan pequeño y tan estrechamente en secreto como pudo. Tomó muy pocos hombres, a quien conocía desde la experiencia personal de tener los talentos y estado de ánimo particulares que necesitaba. Él después creó un espacio pequeño, de 15 pies por 12 pies (5 m por 4 m) en el piso superior de la planta Piquette, donde instaló algunas pizarras y algunas herramientas básicas. Según Charles Sorensen, él y el dibujante Joe Galamb, y sus dos ayudantes, Gene Farkas y Louis Halmesberger, eran las únicas personas autorizadas en este recinto. Era un pequeña espacio y, a decir de todos, el

espacio tenía pocos muebles, pero sí contenía un elemento curioso - una mecedora.

Sr. Ford tenía una manera característica de trabajar. Sólo podía comunicarse con las pocas personas que conocía bien. También parece que algunas de sus ideas se formaron sólo en parte y que necesitaba especialistas para llenarlas en los detalles. Sus compañeros de trabajo lo hicieron todo y uno de ellos, cuando se le preguntó después cómo el Sr. Ford llevó a cabo su trabajo, respondió: "No parecía que hacía nada, él estaba allí." Esto debe haber sido la razón de la mecedora. El Sr. Ford sólo podía estar allí mientras estaba sucediendo a su alrededor. Él no ordenaba a la gente a hacer las cosas. Este puede ser el camino para hacer algunas cosas, pero en un equipo de diseño todo el mundo debe pensar todo el tiempo. Tal vez el Sr. Ford se dio cuenta de que su papel era pensar en el objetivo final y no ser demasiado específico acerca de cómo llegar allí. De esta manera, los que trabajaron con él estarían pensando en encontrar una solución en detalle y ya que todos eran expertos en un campo determinado, se encontrarían la mejor manera de llegar allí.

El equipo era pequeño, pero cubrió las habilidades necesarias: uno era un creador de matrices y entendido en fundición, y los otros podían no perder de vista el diseño y hacer los dibujos de ingeniería a medida que el coche se iba desarrollando. Parece que el Sr. Ford no podía leer un "blue print", como se llamaba a los dibujos entonces, él a menudo pedía ver los modelos de madera de las piezas antes de que se hicieran en hierro o acero para que pudiera ver la forma y tenerlas en la mano. Había otras personas para consultar incluso sin que se les permitía entrar en el santuario interior: un hombre sabía de las eléctricas, otro era bueno con los motores, y así sucesivamente. Estos hombres eran, en general, artesanos en lugar de ingenieros capacitados profesionalmente.

Hoy en día si bien hay un lugar para el ingeniero altamente capacitado en un equipo de diseño, es esencial una verdadera comunicación entre todos los niveles en el equipo. Lamentablemente esta interacción es a menudo pasada por alto en los proyectos modernos. El diseño es un acto creativo y la interacción entre los miembros de un equipo es un proceso sutil que depende de la experiencia y conocimientos en muchos campos y, sobre todo, en el respeto mutuo por los talentos de todos y cada uno en el grupo, sin importar su nivel de educación formal. Hoy en día muchos jóvenes piensan que uno tiene que ser muy educado antes de comenzar su carrera e incurren en una enorme deuda financiera pensando esto. Esto puede no ser sabio. La escolarización de Sorensen fue breve; aprendió en el trabajo y, como muchos de su generación, tomó clases en la escuela nocturna. Fue acertado cuando afirmó: "Ningún hombre puede ayudar si

tiene que dejar la escuela en sus primeros años, pero puede ayudar mucho más si adquiere de una educación a partir de entonces. '

Esto entonces era la situación en la planta Piquette cuando se creó el Modelo T de Ford. Entre 1904 y 1908, las oportunidades para el diseñador de automóviles fueron tan grandes como nunca, pero también grandes fueron retos. No había escasez de diseñadores. Algunos fracasaron, algunos lo hicieron bien, pero a juzgar sobre la base del número de coches fabricados a partir de un único diseño, nunca nadie se ha acercado a Henry Ford y el Modelo T. Se ha dicho que el Modelo T no era un diseño sofisticado. El diccionario Webster define la palabra como:

Adj sofisticado. altamente complejo, refinado o desarrollado, caracterizado por su forma avanzada, técnica, etc.

Uno puede pensar en otros adjetivos como "simple", "barato" o "efectivo" que podría ser preferible en un coche! El Modelo T pudo haberle faltado algo de la elegancia de otras marcas, pero no hay duda de que los principales trazos eran correctos. Fue un poeta (John Dryden) en lugar de un ingeniero que lo dijo así:

Tenemos que darle forma al hierro mientras está caliente, pero podemos pulirlo en nuestro tiempo libre.

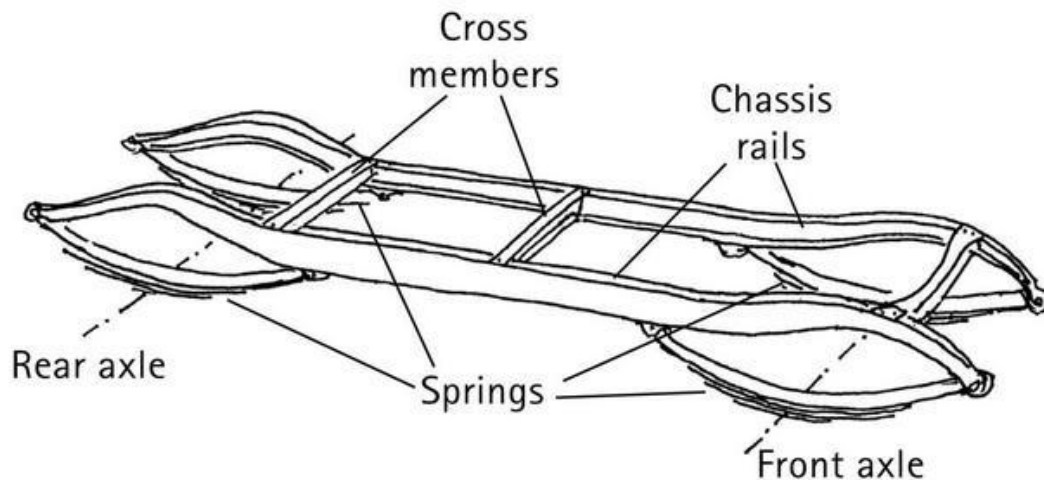
Es fascinante mirar los 'principales golpes "en el diseño del Modelo T. Cada elemento individual del coche - el bastidor, el motor, la transmisión, y así sucesivamente - muestra dos características excepcionales. La primera es que por lo general había un cambio radical de lo que otros estaban haciendo, o lo que se había hecho antes. La excepción es que algunas de estas ideas se pudieron ver en la Modelo N; algunas partes de su diseño se perfeccionaron para el Modelo T y otros fueron descartados. No tenemos que ser los ingenieros de automoción para entender que la mayoría de los nuevos conceptos se basan sólidamente en la ciencia y la ingeniería, y si seguimos el hilo podemos ver cómo las nuevas ideas se convirtieron en una práctica estándar en la industria en los últimos años. La segunda característica que podemos ver es que todos estos diferentes piezas equipados juntos muy bien en todo el diseño. Esto es característico de la excelencia en cualquier diseño; cada parte complementa a la otra y hay una unidad de estilo. Tal vez esto es cierto de todas las obras de arte, ya sea una pintura, una composición musical o una máquina; todo lo creado por el hombre siempre se compone de partes que se mezclan armoniosamente. El diseño de ingeniería, aunque se base firmemente en la ciencia y la mecánica, es todavía un arte; la armonía en el diseño del modelo T está ahí para los que tienen ojos para verlo.

ELOVALO AZUL



3 Estructura

El bastidor de un coche típico de la época a menudo consistía en dos largueros, unidas por travesaños; los largueros estaban preparados para dar cabida a cuatro elásticos que se asentaban en los ejes. El propósito de la estructura o chasis es para transferir el peso de la carrocería y el motor a las ruedas y mantener las ruedas y los ejes en su lugar adecuado. La disposición probablemente evolucionó de los vagones y coches anteriores y puede haber parecido apropiado, pero había algunos inconvenientes. Para hacer estos largueros curvos, eran necesarios dos juegos de troqueles costosos, uno para el lado izquierdo y otro para la derecha. Debido a la forma que tuvo que ser formado, había que utilizar el acero suave, dúctil y habría algunos desperdicios a causa de los pedacitos que tuvieron que ser cortados después de darle forma a la pieza.



Cross members = travesaños

Chassis rails = largueros

Rear axle = eje trasero

Springs = elásticos

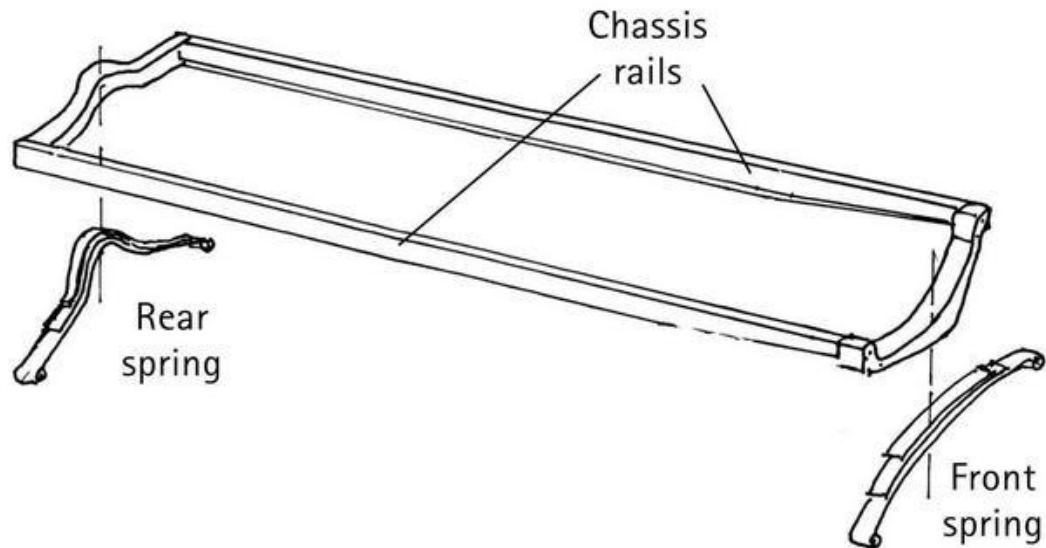
Front axle = eje delantero

Fig. 1. Una estructura contemporánea.

El Sr. Ford tuvo una idea mejor. Parece que se originó en parte en el Modelo N y fue llevado a buen término en el modelo T. Hizo los largueros rectos, con sólo un ligero estrechamiento en el extremo. Ellos podrían formarse en matrices mucho más simple y de acero más duro. Él utilizó sólo dos elásticos en lugar de cuatro, y cada elástico se sujetó en el centro de elementos transversales de forma especial.

ELOVALO AZUL

Estos fueron prensados de chapa de acero que estaban clavados en los largueros y el todo era como el marco anticuado de una cama.



Chassis rails = Largueros

Rear spring = elástico trasero

Front spring = elástico delantero

Fig. 2. Una estructura de Ford Modelo T.

Estos dos tipos de marcos tendían a torcerse fácilmente, pero esto no fue un gran problema con los tipos de carrocería que se utilizaron entonces. La estructura de la carrocería era de madera y abierta y podría aceptar una cierta distorsión. La ventaja del chasis Ford fue que debido a los elásticos sólo estaban unidos a la mitad de los miembros transversales, si las ruedas estaban en un terreno irregular las fuerzas inducidas sobre el chasis disminuían en comparación con el sistema de cuatro elásticos. Por lo tanto, el chasis podía ser más sencillo y más ligero.

Además de estas consideraciones estructurales, es obvio que dos elásticos serían más baratos que cuatro, y uno no puede evitar pensar que en el fondo de la mente del señor Ford fue la idea de que si podía hacer dos coches con el mismo número de piezas que otros necesitaban hacer uno, sería una ventaja maravillosa. Esto no se logró, pero el número total de tuercas y pernos y otras piezas individuales en un Modelo T es menor que en los vehículos similares. (Propietarios Modelo T tenían

ELOVALO AZUL

un apetito insaciable por los extras y accesorios, así que tal vez la ventaja era sólo temporal.)

Hubo, por supuesto, una contra en la reducción en el número de elásticos. El chasis podía ser más ligero y soportar bien los caminos irregulares, pero el viaje no era tan suave como otros sistemas. El Sr. Ford tenía un conocimiento instintivo de las tensiones que los metales podrían tomar, pero también parecía juzgar bien cuánta agitación los huesos de sus clientes podrían soportar. El veredicto fue que si se puede conseguir ir desde la granja a la ciudad y regresar de una manera asequible y fiable, entonces se podría aguantar a ser rebotado un poco.

La estructura básica del coche era el último en simplicidad. Era liviano, fuerte y no podía ser dañado por carreteras en mal estado. Casi se puede imaginar cómo estos largueros fueron armados, remachadas y agrupados en el pequeño recinto de la planta Piquette. Debe haber sido notable ver que hay con los muelles transversales adjuntos. 'Elegance' no es una palabra que se utiliza a menudo sobre el Modelo T, pero no hay duda de que el chasis del Modelo T fue una solución elegante a un problema estructural.

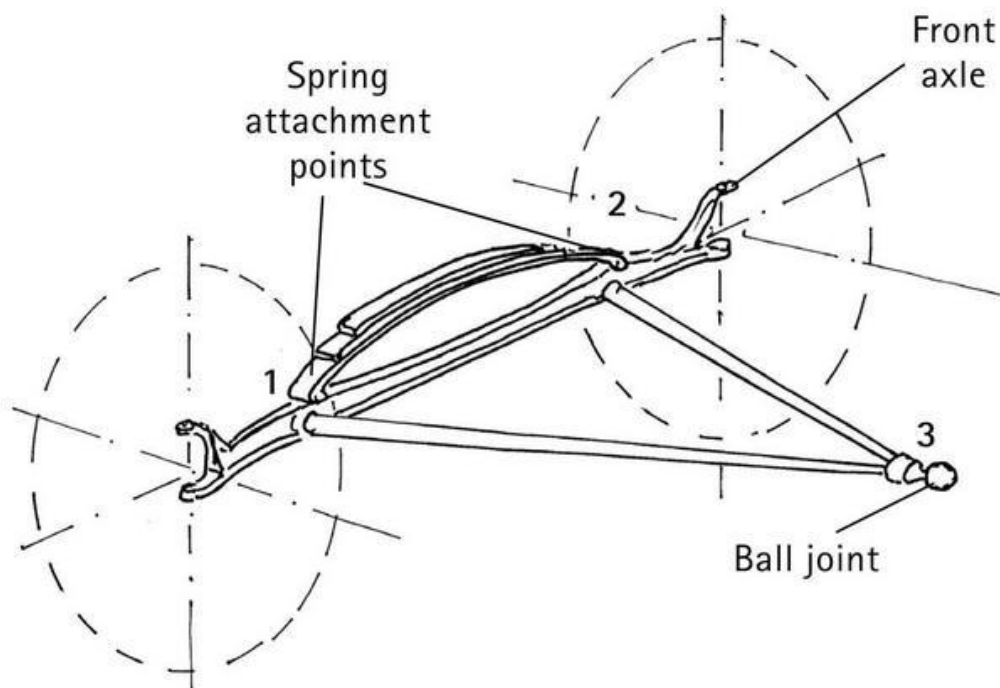


4 Tren de rodaje

El término "tren de rodaje" es anterior al del automóvil y se remonta a los vehículos tirados por caballos y locomotoras de vapor. Se refiere a las ruedas, eje y el bastidor y todas las piezas que no sean las que producen energía.

El tren de rodaje del Modelo T era diferente de los coches contemporáneos y muestra la capacidad del Sr. Ford para obtener una solución simple y liviana.

El eje delantero está unido al único elástico transversal por un grillete en cada extremo. Esto evita que el eje se mueva hacia los lados, pero como el elástico actúa se puede inclinar y mover hacia arriba y abajo en una pequeña medida. Es una disposición sencilla y eficiente, pero de ninguna manera uno imagina que podía ser una suspensión suave que suaviza todos los baches. Fue sin duda una suspensión "dura", pero tenía la ventaja de que las fuerzas se transmiten directamente y de una manera que no tuerzan y distorsionen otras partes del coche.



Spring attachment points = puntos de anclaje del elástico

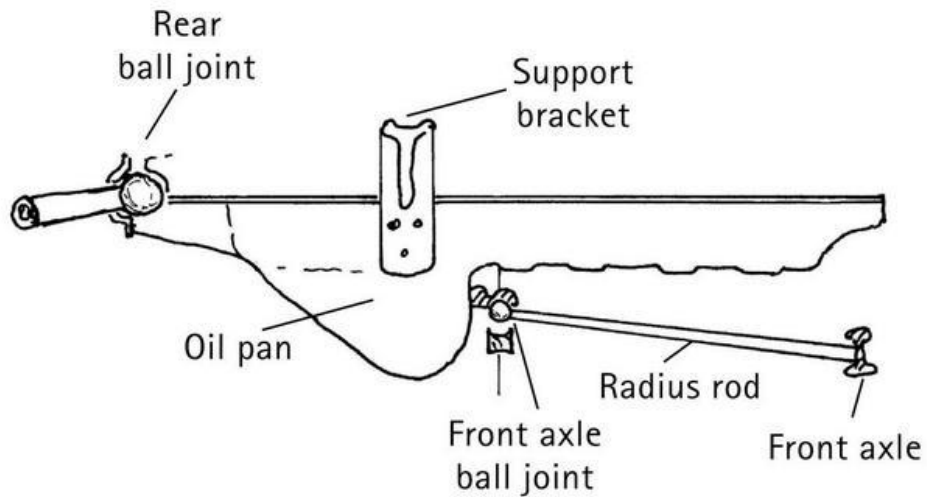
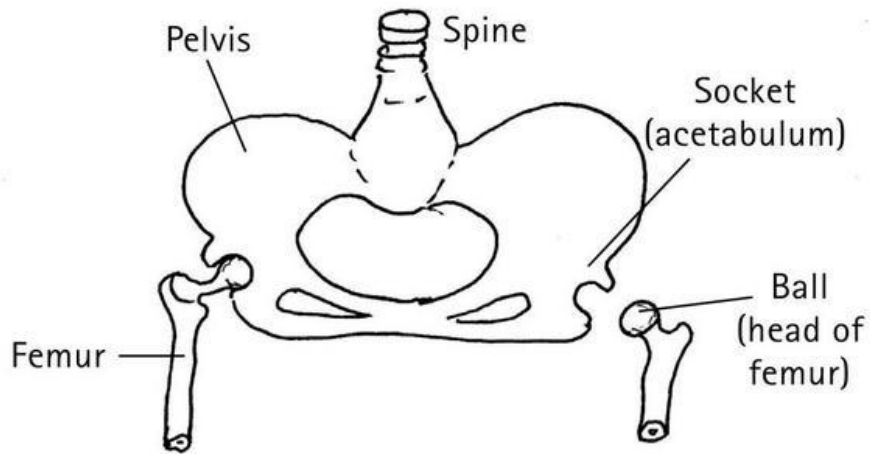
Front axle = eje delantero

Ball joint = rótula

Fig. 3. Disposición del eje delantero del Modelo T.

Las fuerzas de proa y de popa en el eje trasero eran tomadas por los brazos de radio. Estos eran tubos cónicos de chapa fijados rígidamente al eje y que terminan en una articulación de rótula que se encuentra en el cárter de aceite. Una articulación de rótula es una esfera en una taza; permite la torsión y la rotación libre y sólo transmite una fuerza. Como nuestra pierna se une a la pelvis por una articulación de rótula; usted puede hacer pivotar sus piernas hacia adelante y hacia atrás y también separarlas. El balón en la parte superior del fémur, o hueso del muslo, es notablemente similar a la que está en el extremo de los brazos de radio del Ford, aunque, por supuesto, los materiales son diferentes. (Aunque muchas personas han tenido que reemplazar esta rótula en su fémur por una esfera de metal y de plástico)

El principio detrás de esta fijación del eje Ford lo utiliza varias veces y la define como "fijación de 3 puntos". Para entender el principio, pensar en un taburete de tres patas. No importa qué tan desigual sea la superficie, las tres patas estarán en el suelo y llevan una carga. Compare esto con una silla de cuatro patas. Está bien si está en un piso liso, plano, pero si una pata está en la esquina de una alfombra gruesa y las otras patas no lo están, las patas se llevan el peso desigual y la estructura de la silla se somete a fuerzas de torsión que pueden dañarla. Por esta razón, las sillas del comedor, no importa lo bien hecha que están, pueden llegar a estar un poco flojas después que una familia ha crecido con ellas, mientras que un taburete de tres patas a menudo va a sobrevivir varias generaciones. El eje delantero del Modelo T es como el taburete de tres patas y se une a los dos grilletes de suspensión ('1' y '2' en la Fig. 3) y a la articulación de rótula ('3'). El eje trasero fue diseñado de una manera similar; su articulación de bola estaba en el extremo de la caja de la transmisión, o cárter de aceite. El eje de accionamiento de las ruedas traseras pasa a través de esta articulación de rótula, y en adición a las barras de radio hay un tubo central que ocupa las fuerzas de reacción generadas en el eje trasero. El tren trasero también tiene tres puntos de suspensión - los dos grilletes de suspensión y una articulación de rótula. El objetivo del diseño era, como siempre, obtener simplicidad, ligereza y libertad de acumular tensiones inducidas por otras partes del vehículo. Una ventaja adicional se obtuvo en el montaje; cada sub-montaje, tal como el eje delantero y trasero, se podría unir a la carcasa mediante un número mínimo de pernos. Es probable que cuando el señor Ford diseñó el Modelo T en el pequeño rincón de la planta de la avenida Piquette ya tenía en cuenta las líneas de ensamblaje en movimiento que vinieron después.



Pelvis = pelvis

oil pan = cárter de aceite

Spine = espina dorsal
eje delantero

Front axle ball joint = articulación

Socket acetabulum) = encaje

Radius rod = varilla radio

Femur = fémur

Front axle = eje delantero

Ball (head of femur) = articulación (cabeza de fémur)

Rear ball joint = articulación eje trasero Support bracket = soporte de apoyo

Fig. 4. Una comparación de la unión del eje delantero y trasero con el esqueleto humano.

Cuando vemos fotos de los coches en el barro hasta sus ejes o en la arena en el desierto, y pensamos en las fuerzas que participan para sacarlos, es evidente que el sistema funcionaba bien y que otras partes del coche no se dañaban como resultado de trabajar uno contra el otro. El coche podía soportar una buena cantidad de abusos, pero su diseño era tal que sobrevivió mejor que cualquier otra cosa. Debido a que el diseño estaba en manos de unas pocas personas y el Sr. Ford mantuvo todo el concepto en su mente a medida que evolucionaron las partes, los diferentes elementos trabajaron juntos en armonía, sin introducir un estrés innecesario. Hoy en día los coches están diseñados por una serie de grupos - tren de transmisión, suspensión, grupos de carrocería y así sucesivamente. Cada grupo puede prestar más atención a la obra de su propia parte que a todo el vehículo y, a veces se pierde la integridad. Hay por supuesto un problema en que los productos modernos son, por necesidad, más complejos que antes, pero si una organización no tiene el coraje de nombrar a un jefe de diseño o la gestión carece de la comprensión de cómo funciona el diseño, el resultado final nunca será tan bueno como podría ser.

El eje delantero Ford aparece delgado e insustancial en comparación con los diseños contemporáneos. No se ve lo suficientemente fuerte. Se ha informado de que el Sr. Ford examinó algunas de las piezas del motor de los coches europeos y se preguntó cómo podían ser tan delgados y no fallar. Se le dijo que eran de alta resistencia, con aceros tratados térmicamente y esto le dio la idea de que las partes estructurales en sus coches como ser los ejes podían ser de acero más fuerte y por lo tanto ahorrar peso. El acero no sólo tendría que ser lo suficientemente fuerte como para que el eje no se doblaba cuando el auto chocara contra un gran bache, sino también debía soportar la vibración constante sin fracturarse a través de lo que se conoce como "la fatiga del metal".

Las altas tensiones no eran soportadas con los simples "aceros al carbono" que se producían en los Estados Unidos y se le sugirió al Sr. Ford que intentara con un acero de baja aleación. Acero, por definición, es el hierro reforzado con una pequeña adición de carbono. Otros elementos a menudo se añaden para producir las llamadas aleaciones de acero. En Europa en la década de 1900, se había desarrollado un acero con una mayor resistencia con aleaciones que contenían pequeñas cantidades de manganeso y cromo. La fuerza de estos aceros era tal vez el doble de la de los aceros bajos en carbono y era bien conocida su fabricación, sobre todo en Inglaterra. Los relatos contemporáneos sugieren que la industria siderúrgica de los Estados Unidos estaba al tanto de este desarrollo, pero esto es difícil de creer. Bien pudo haber sido que la industria del automóvil no había exigido tales aceros y las empresas siderúrgicas eran reacias a asumir el riesgo y el costo de la producción de estos aceros sin una demanda establecida.

La historia ha sido contada muchas veces sobre el metalúrgico inglés, J Kent Smith, quien viajó por el país, presumiblemente en una empresa privada, para ver si le podía interesar a la industria americana los nuevos aceros. El Sr. Ford fue la primera persona que vio esa necesidad, y más que eso, él fue a la planta del United Steel Company, en Canton, Ohio para alentar la producción de partes para el Modelo N. Esto no fue tarea fácil, ya que la fabricación de acero era entonces un arte más que una ciencia y la innovación implicaba un alto riesgo. Los resultados de estos experimentos tuvieron tanto éxito que estaba claro que un considerable ahorro de peso podría lograrse utilizando acero de alta resistencia para cigüeñales y los ejes del Modelo T. Sorensen, muchos años después, recordó el comentario del señor Ford: `Charlie, que significa esto?, totalmente nuevos requisitos de diseño, y podemos conseguir un coche mejor, más ligero y más barato, como resultado de ello. "

Los elementos primarios para el refuerzo en los aceros de alta resistencia eran el manganeso y cromo, pero algunos beneficios adicionales se podrían obtener mediante la adición de vanadio. Este es un elemento de aleación secundaria, pero Ford dio mucha publicidad a las virtudes de su "vanadio". Es cierto que el uso de aleaciones de alta resistencia condujo a una enorme reducción en el peso total del vehículo, pero no está claro por qué la palabra `vanadio' se le dio tanta prominencia. Otros elementos contribuyeron a darle más fuerza a la aleación y la cantidad de vanadio utilizado era pequeña. Tal vez la razón fue que la palabra suena muy bien!

El término 'vanadio' llegó a ser ampliamente utilizado, y CL Hayward dijo en 1929:

Vanadio - acero de vanadio derecho se utiliza a veces pero el elemento se utiliza más en conjunción con cromo aceros al cromo-vanadio contienen 0,7-1,4 por ciento de Cr y 0,14 a 0,25 por ciento V. Tales aceros tienen una alta resistencia a la fatiga y se emplea a menudo para los ejes de automóviles, resortes y otras piezas sometidas a esfuerzos.

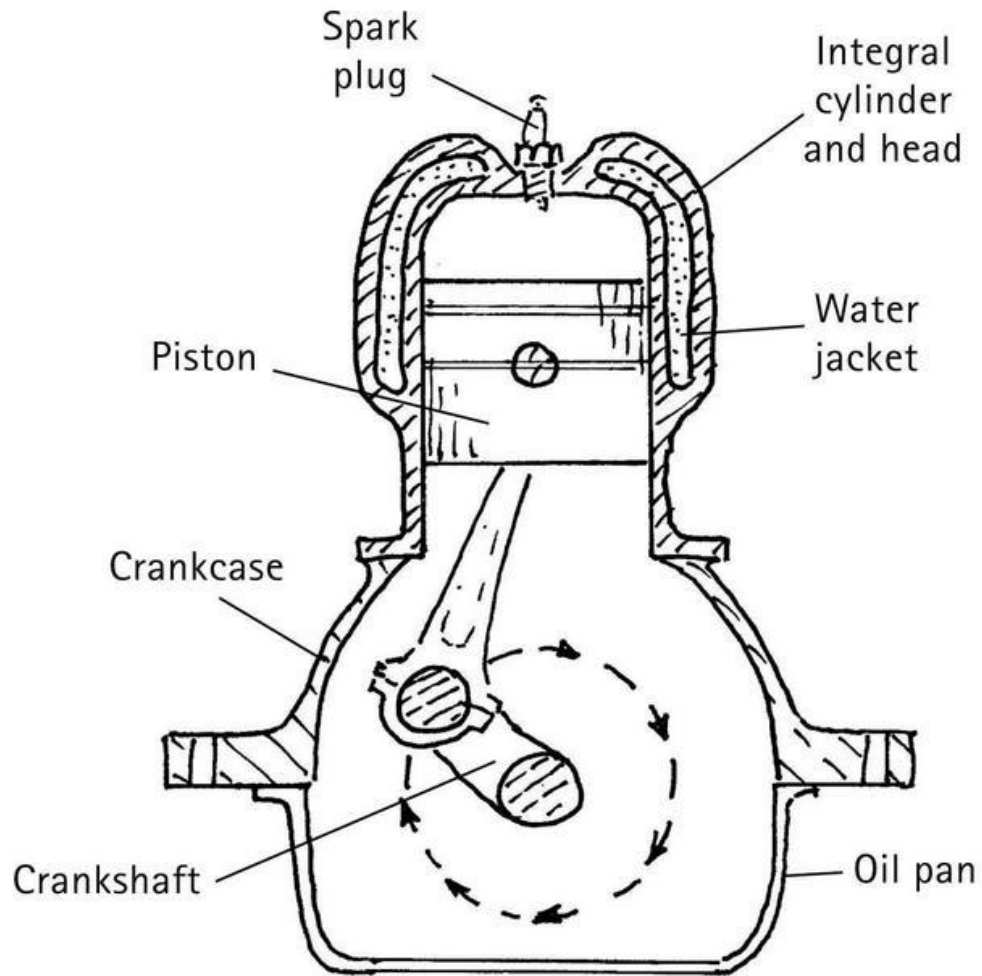
La palabra interesante aquí es "a menudo". Hayward estaba escribiendo esto 20 años después del diseño del Modelo T, y para entonces el uso de estos aceros era generalizado. El concepto de utilizar aceros de alta resistencia que se originaron en el Modelo N y llegaron a buen término en el modelo T fue un hito importante en la historia, tanto de la industria del automóvil como de la metalurgia del acero en los Estados Unidos. Lo que el señor Ford introdujo en 1906 se convirtió en lugar común en la década de 1920.

5 Motor

Los primeros diez años del siglo xx fueron una época de experimentación considerable para la industria del automóvil. Muchos vehículos diferentes se ofrecían a la venta, que iban desde un buggy Sears pedido por correo de \$ 400 a los coches grandes en más de \$ 5.000. En 1906, el coche de Ford N de 15 caballos de fuerza con, según Sorensen, un precio de venta de \$ 500, era un vehículo práctico y se hizo popular. Tenía un motor de cuatro cilindros y, como muchos de los motores de la época, parece extraño para nosotros ahora. Los cilindros fueron arrojados en parejas y atornillados a un cárter; el engranaje de la válvula era externa. Fue divertido ver palancas que subían y bajaban, pero el engranaje requería lubricación frecuente y estaba expuesto a los elementos.

El motor del Modelo T, por el contrario, debe haber sido mirado raro por las personas en 1907 cuando fue diseñado; veinte años después, muchos motores eran de apariencia similar y el mundo había sido atrapado. Sr. Ford eligió cuatro cilindros para el modelo T; en un motor de cuatro tiempos, este es el menor número de cilindros que permite un equilibrio razonable e incluso la combustión. El número de cilindros pudo haber sido el mismo que en el Modelo N, pero la disposición del motor era radicalmente nueva. Hay que decir, sin embargo, que no era tanto una cuestión de invención, como de brillante adaptación de cosas ya conocidas. En el diseño, la novedad por sí misma no es una virtud; encontrar el mecanismo más adecuado sí lo es. Teniendo en cuenta el rápido ritmo del desarrollo en el momento, es notable que el Sr. Ford recogió tantos ganadores.

Los elementos básicos de un motor son un pistón que sube y baja en el bloque de cilindros y conectado al cigüeñal; el pistón aspira la mezcla de aire y gasolina en el primer tiempo, luego lo comprime en el segunda y en la tercera la combustión o explosión del gas caliente obliga al pistón ir hacia abajo, y esto impulsa las ruedas. El pistón luego expulsa el gas o escape del cuarto tiempo y el ciclo se repite; un motor de este tipo se dice que es uno de cuatro tiempos y la mayoría de los motores de ahora operan bajo este principio.



piston = pistón

Spark plug = bujía

Integral cylinder and head = Bloque y tapa de cilindros integradas

Oil pan = cárter

Crankshaft = cigüeñal

Crankcase = caja de cigüeñal

cárter de aceite

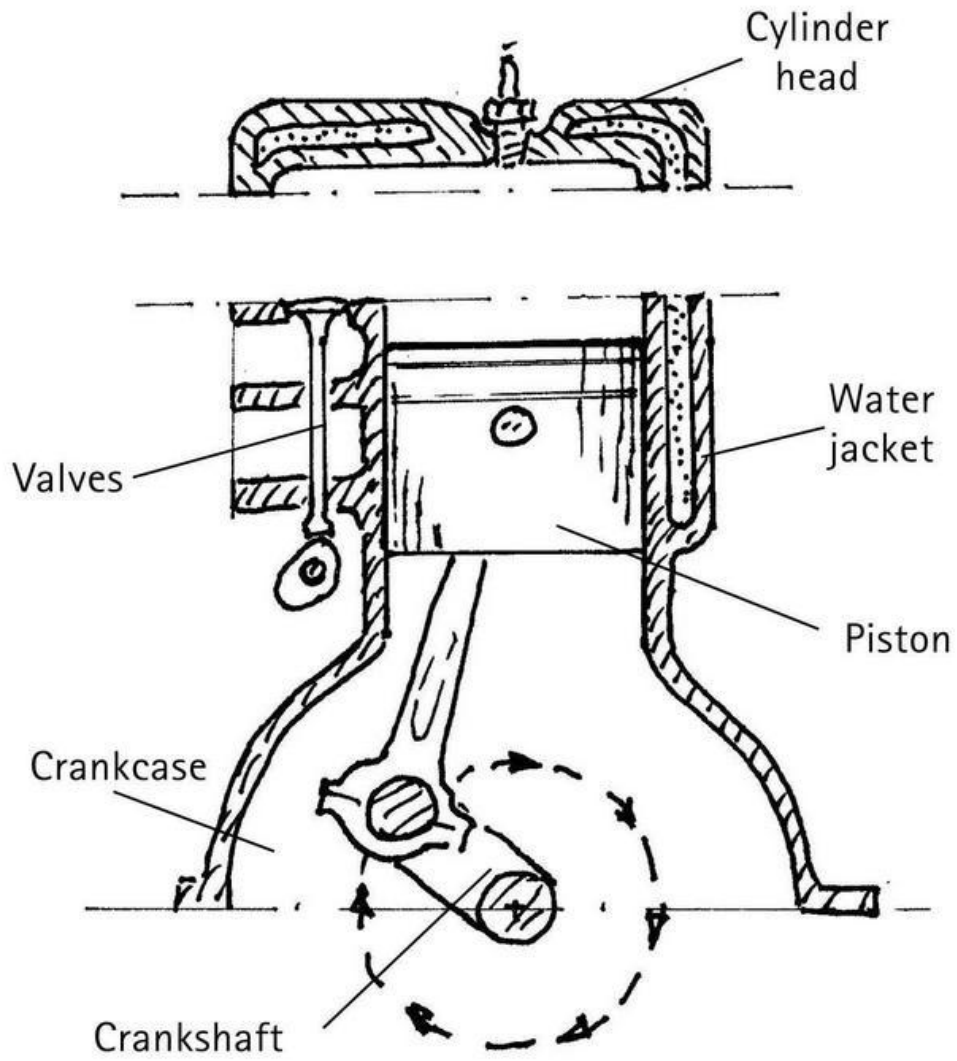
Fig. 5. Un motor con una culata de cilindro integrada.

ELOVALO AZUL

Es lamentable que las leyes de la física, tal como se enuncia en el siglo 19 por el ingeniero francés NLS Carnot, dictan que menos de una cuarta parte de la energía del combustible conduce el coche; el resto se pierde en los gases de escape y en el calor que debe ser eliminado mediante el enfriamiento del motor. El pistón y la unidad del bloque de cilindros son un poco como el corazón y los pulmones. Se basan en el aire y combustible, se acumula presión y se saca el gas de escape a través de pasajes especialmente diseñados y bajo el control de válvulas. El bloque de cilindros es como un gran trozo de queso suizo de conductos para que los gases y el agua de refrigeración puedan circular. Los diseños anteriores, con los lados y los extremos del cilindro en una sola pieza, eran complicados de fabricar, especialmente en el alojamiento de las válvulas y sus asientos.

El Modelo T fue el primer motor de producción a gran escala que separó la tapa del cilindro del bloque de cilindros. Esta fabricación fue enormemente simplificada. Era fácil de mecanizar los lugares para las válvulas y pistones, y los pasajes de agua de refrigeración podrían tener mucha mejor forma. La desventaja era que uno tenía que hacer un sello hermético al gas entre las dos partes, que exigían una buena junta y cuidadosos pernos.

La gran ventaja de separar la cabeza se complementó con la facilidad de fabricación del bloque. Mientras que el crédito para la estrategia debe tener en cuenta el Sr. Ford, el hecho de que haya funcionado tan bien se debe a la habilidad de Charles Sorensen. Fue probablemente el mayor fundidor del siglo 20, y el hecho de que él trabajó con el Sr. Ford fue uno de esos pedazos de buena fortuna por lo que los Estados Unidos pueden estar agradecidos. Perfeccionó la técnica de la fundición del bloque de cilindros y lo hizo en un momento en que había muy pocos precedentes.



Valves = Válvulas

Cylinder head = tapa de cilindro

Water jacket = camisa de agua

Piston = pistón

Crankcase = block del cigüeñal

Crankshaft = cigüeñal

Fig. 6. Modelo de motor del Modelo T que muestra la tapa de cilindros separada.

Otra característica del motor del Modelo T fue que dado que se separó la tapa de cilindros, el cárter se convirtió en una parte integral del bloque. En los motores anteriores, los cilindros eran piezas fundidas separadas atornilladas al cárter. Unir el cárter y al bloque significaba que las partes giratorias del motor se encontraban ahora en una sola pieza. Los pistones, bielas, cigüeñal, árbol de levas y válvulas deben estar alineados con precisión, y la disposición del modelo T se adaptaba perfectamente a las técnicas de producción en masa que siguieron. Un escritor contemporáneo, VW Page, se refirió a algunas de las ventajas:

Un método de construcción que está atrayendo la atención en la actualidad ... es un motor de cuatro cilindros en el que los cuatro cilindros y la mitad superior del cárter se echan juntos, pero emplea una tapa de cilindros separada que es común a todos los cilindros la ventaja de esta construcción es que permite un fácil acceso a los pistones y las válvulas sin necesidad de desmontar todo el motor como era necesario cuando se empleaba la forma convencional de fundición de cilindro.

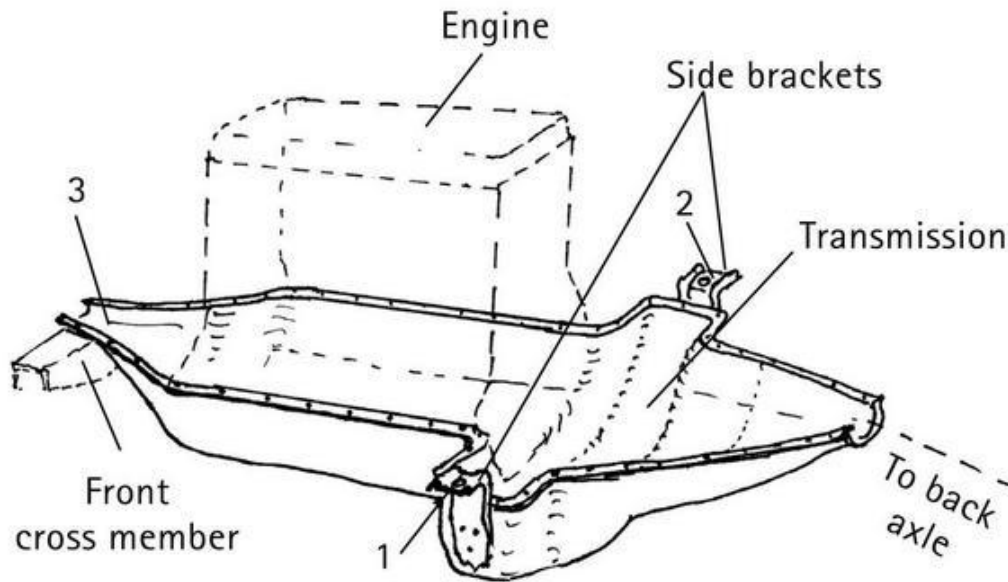
Los diseñadores del Modelo T no eran sólo dominaban su oficio, sino que entendían cómo se mecanizan y ensamblan las piezas. Lamentablemente gran parte de esta integración de los conocimientos y la experiencia está perdido hoy en día, y es raro encontrar a diseñadores que tengan un comprensivo conocimiento de los materiales, diseño y fabricación.

Cuando los pistones, el cigüeñal, válvulas y la tapa de cilindros estaban unidos al bloque, uno casi tenían un motor completo, a excepción de algo para contener el aceite lubricante; en otros vehículos, esto fue hecho por una sartén o sumidero conectado al cárter. Otro requisito era disponer de algunos medios para el montaje del motor en el chasis. Casi todos los otros coches tenían cuatro brazos que se extendían desde el cárter que se atornillaban a la estructura. Esto debe de haber dado algunos problemas para muchos coches que tenían un subchasis adicional entre el motor y el chasis. La única razón por la que uno puede optar por esta disposición de fijar el motor a cuatro puntos es que los motores de automóviles fueron desarrollados a partir de motores estacionarios utilizados como bombas eléctricas y maquinaria agrícola. En la granja, estos eran atornillados a grandes bloques de piedra u hormigón, o en piezas pesadas de madera.

Cuando surgieron problemas en atornillar el motor al chasis del automóvil, algunos diseñadores pudieron haber pensado que las fuerzas producidas por el motor eran el problema, pero no era así. El cigüeñal fue inevitablemente una pieza rígida de metal que no se distorsionaría fácilmente; se adjunta en cuatro puntos al bastidor del vehículo, que era flexible y se tuerza en carreteras con baches. La

conexión de componentes rígidos y sobre miembros flexibles da por resultado una ingeniería estructural poco sólida que dará lugar a tensiones excesivas. Al abordar este problema, el Sr. Ford se le ocurrió una idea completamente nueva. En el modelo T, la clave de la solución fue un gran estampado de chapa, casi como una pequeña bañera. Esto generalmente se llama caja de transmisión, aunque es mucho más que eso. Esta batea se forma a partir de chapa moderadamente pesada; se apoya en un punto en la parte delantera que descansa en la parte superior del elástico frontal. Más atrás se ensancha para rodear el volante y para formar la mitad inferior de la caja de transmisión. En el extremo trasero, se forma en una carcasa esférica para la fijación del conjunto de eje trasero. Este recipiente retiene el aceite para el motor y la transmisión. Cerca de donde este recipiente es más amplio, un soporte están clavados a cada lado que se unen al chasis.

La solución del Modelo T es bastante notable. En lugar de pensar en el cárter de aceite, como punto separado que estaba atornillado sólo para contener el aceite, hay una serie de funciones que se realiza por este estampado de chapa que también contenía el aceite. La función más importante era apoyar el motor y ubicarlo en el chasis. Una vez más se utiliza el principio de la banqueta de tres patas; dos soportes (1 y 2 en la Fig. 8) unidos a los largueros del chasis, y que está atornillado al travesaño delantero en un muñón (3) que transfiere el peso directamente al centro del elástico frontal.



Engine = motor

Side brackets = soportes laterales

Transmision = transmisión

Front cross member = Travesaño delantero

To back axle = al eje trasero

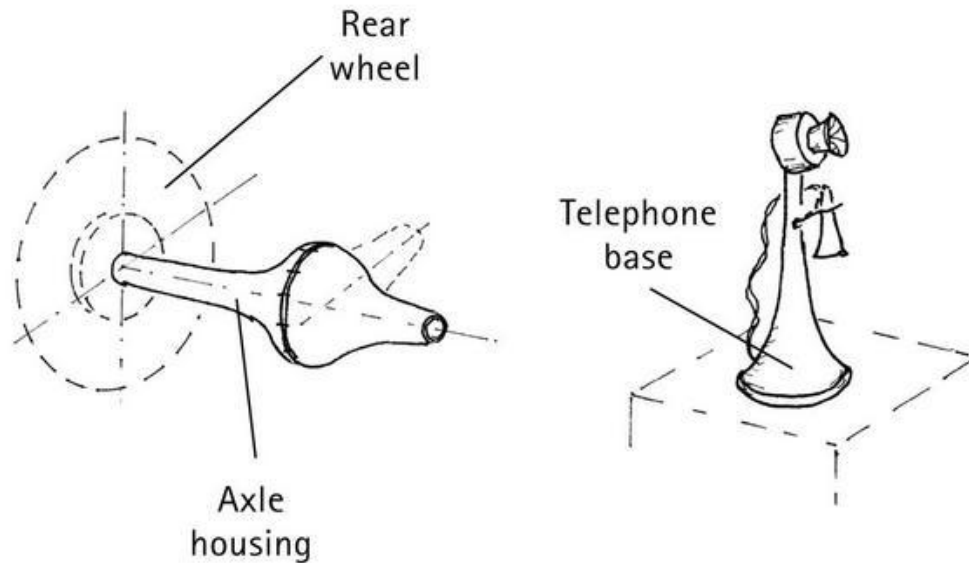
Fig. 8. cárter de aceite y la carcasa de transmisión como el elemento estructural central del vehículo.

El bloque de cilindros se atornilla a este alojamiento, y dado que la transmisión o la caja de cambios está montada en el volante de inercia del motor, el eje de salida necesita un apoyo que fue proporcionado por la disposición de junta esférica en el extremo posterior de la carcasa. Las articulaciones de rótula de localización de los ejes frontal y posterior se montaron en esta estampación de modo que las fuerzas de las ruedas y los ejes fueron llevados a una única carcasa fuerte. La disposición fue tal que no importa cómo los ejes o el chasis sean retorcidos, no hay fuerzas que podrían actuar sobre este recipiente. Esta sola pieza de metal hizo tanto y era ideal para la producción a gran escala; prensas grandes que operan en quizás 20 golpes por minuto, día y noche, podrían hacer estos recipientes en números prodigiosos. Ya se ha señalado que este recipiente fue el elemento estructural clave del coche y en muchos aspectos se asemeja a la pelvis de nuestro cuerpo. Ningún hombre jamás diseñó una estructura tan

maravillosa como nuestro esqueleto, pero entre los artefactos hechos por el hombre, este estampado se ubica entre los primeros puestos.

Nadie sabe cómo esta característica de diseño se produjo. El Sr. Ford debe haber pensado en el problema básico y tal vez tener las personas adecuadas trabajando juntas y compartiendo sus ideas produjo esta idea de forma espontánea. Charles Sorensen cuenta una historia interesante acerca de encontrar al hombre que podría estampar una pieza. Una planta en Buffalo, la de John R Keim Mills, estaba haciendo las bases para teléfonos, que en aquellos tiempos eran pesados, los dispositivos eran más bien como una lámpara de mesa; las bases estaban estampadas en chapa. El director, William H Smith, se dio cuenta de que a pesar de estas piezas eran mucho más pequeñas que una tapa de diferencial, eran de forma similar. Se acercó el señor Ford para ver si era posible hacer ensayos para fabricarla de una manera similar; el Sr. Ford quedó impresionado y a medida que avanzaba el trabajo, se dieron cuenta de que el ahorro de costos y peso eran considerables y podrían lograrse la sustitución de una serie de piezas de fundición con chapa estampada. También se dieron cuenta de que la caja de transmisión combinada y cárter de aceite para el Modelo T se podrían hacer de esta manera. Este desarrollo de prensado de chapa o estampado tuvo tanto éxito que Ford compró la compañía, y este fue el principio de la hoja de metal estampada como una característica importante de la fabricación de automóviles en los EE.UU. y más tarde el resto del mundo.

El utillaje necesario para una presión de chapa es caro, mucho mayor que el coste de las modalidades de una pieza de fundición. Para hacer una simple estampación tal como una puerta de coche puede requerir tres o más prensas en línea, cada una con un conjunto de matrices costosas que sólo puede ser usado para una parte. Obviamente, el coste por pieza a pagar por herramienta depende del número de piezas producidas. El Sr. Ford fue uno de los primeros en ver que incluso si un costo \$ 10.000, era barato si se hace un millón de piezas. Uno tiene que admirar el valor de Ford en la planificación para el éxito con el Modelo T, y el éxito fue mucho mayor de lo que él esperaba.



Rear wheel = rueda trasera

Axle housing = cavidad del eje

Telephone base = basado del teléfono

Fig. 9. Cavidad del eje trasero (izquierda) y su parecido a una base del teléfono contemporánea.

Las muchas funciones cumplidas por la caja de transmisión del Modelo T son una clara indicación de la habilidad del equipo de diseño. La simplicidad de la disposición es tal que ha sido ampliamente copiada. Muchos vehículos hoy en día tienen el motor y la transmisión como una unidad autónoma montada en tres puntos, pero tomó algún tiempo que la industria lo aprendiera. Algunos vehículos construidos al mismo tiempo que el modelo T muestran escasa comprensión de cómo montar un motor; los peores ejemplos sugieren considerar un motor de granja estacionario con un juego de ruedas y sin pensar demasiado.

El motor del Modelo T era bastante grande, con una capacidad de cerca de tres litros y potencia de 20 caballos de fuerza. Debido al diseño, el peso total del vehículo era bajo, sobre 1.200 libras (aproximadamente media tonelada). Este fue un logro notable para la época y permitió al vehículo hacer frente al barro o nieve en los caminos rurales. Hay, sin embargo, una cosa curiosa acerca de la respiración del motor. El tamaño de los pasajes para descongelación de aire y combustible en el motor y agotar los gases y el tamaño del tubo de escape son más pequeños de lo que cabría esperar para un motor de esta capacidad. La

ELOVALO AZUL

ciencia de la dinámica de fluidos nos dice que la resistencia al flujo depende de la superficie del pasaje y el cuadrado de la velocidad, es decir, si la velocidad de flujo se duplica la resistencia es cuatro veces mayor. Así, como la velocidad del motor aumenta, el motor empieza a ahogarse en sí. Es un poco como un caballo con una constricción en su tráquea; puede ejercer un gran tirón lentamente, pero en una carrera de velocidad se quedaría sin aire. Esta función debe haber sido deliberada en el Modelo T para asegurar que el desgaste excesivo no fuera causado por la alta velocidad. El coche fue diseñado para ser un buen caballo en una situación difícil en lugar de un corredor con finas extremidades.

Hay otros detalles del motor del Modelo T que muestran la claridad de propósito que acompañó el diseño y la economía logrado. Tenemos que recordar las circunstancias que rodean la obra: un puñado de hombres, cada uno tiene una experiencia extraordinaria en un campo determinado, y un hombre en una mecedora, observando, empujando y, sobre todo, todos pensando! Como tiene fama el Sr. Ford de haber dicho:

'El pensamiento es la cosa más dura conocida por el hombre, esta es la razón por la que es tan rara que se haga'.

Charles Emil Sorensen (1881 1968)

Charles Sorensen nació en Copenhague, Dinamarca, y llegó a Estados Unidos a la edad de cuatro años. Su padre era un matricero y más tarde asistente del superintendente en una empresa fabricante de estufa en Erie, Pensilvania. Charlie, como se le llamaba, se convirtió en un aprendiz en el taller de estampería a la edad de quince años y debe haber demostrado una gran habilidad ya que ascendió a capataz de la tienda tres años más tarde. Fue un ciclista competitivo, que lo puso en contacto con algunos de los campeones de la especialidad y que más tarde se convirtieron en los primeros pilotos de carreras de autos. Fue a través de uno de estos que en 1902 fue presentado al Sr. Ford, que quería a alguien para traducir sus ideas en forma corpórea en modelos de madera. Fue el comienzo de una larga y fructífera colaboración.

Sorensen era bien parecido y las personas se sentían atraídas naturalmente a pesar de que tenía una personalidad fuerte y se decía que tenía un temperamento "explosivo". Logró con el tiempo ser un buen amigo para toda la familia Ford y claramente muy pasivo de las mezquinas disputas que surgen a menudo en las grandes empresas. Estaba dotado de una extraordinaria habilidad en las artes mecánicas y, como suele ser el caso con la gente en este campo, era modesto y

generoso en sus elogios hacia los demás. Debido a esto, su contribución a la industria estadounidense y en última instancia, a la defensa de Estados Unidos, no es tan conocida como debería ser. En su primer papel como diseñador de modelos entendía la forma y función tan bien que, sin duda, en los motores de automóviles, todos siguieron su ejemplo. El fundido de los motores del Modelo T se ven sorprendentemente moderno, incluso ahora, y fue hasta 1932 que la apariencia de los motores Ford cambió con la introducción del primer motor V8 de producción de alto volumen; incluso Sorensen fue llamado para superar las dificultades en la práctica de fundición. No es descabellado decir que un fundidor y un diseñador pueden imponer un estilo en sus piezas de fundición, y el estilo de Sorensen fue excepcional.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Sorensen y Edsel Ford, el único hijo de Henry, crearon la planta de Willow Run que produjo bombarderos de cuatro motores como si fueran automóviles. En 1944, la planta produjo un avión por hora y, en total, más de 8.000 B-24 en tres años.

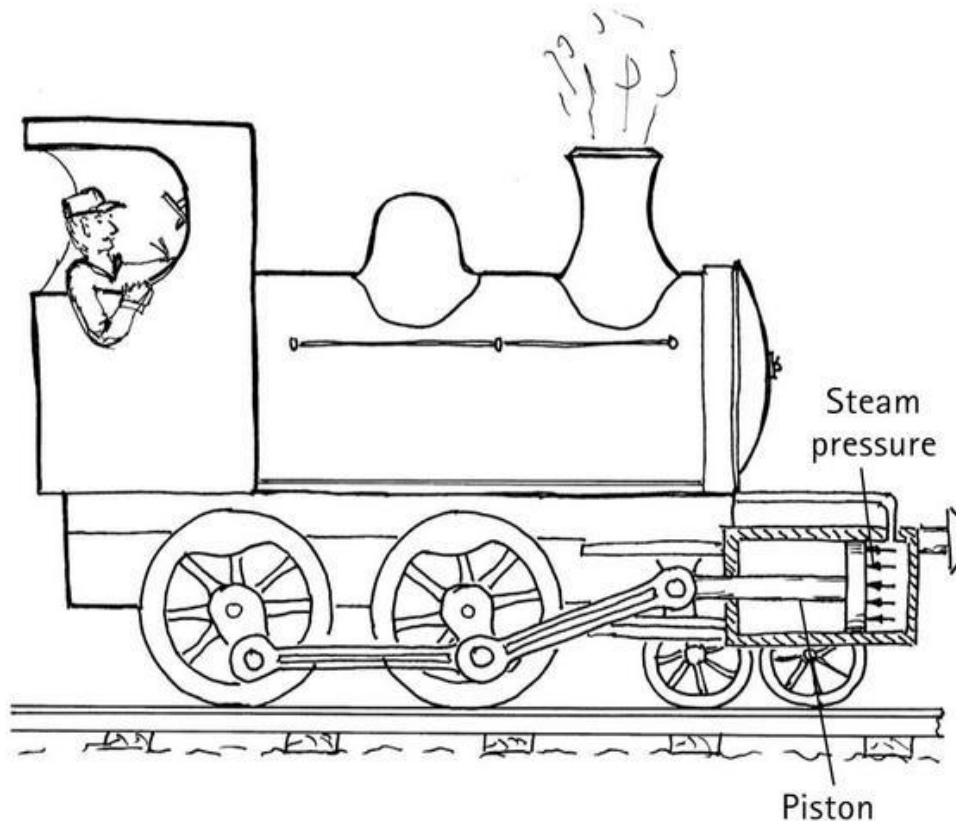
Sorensen entendía al Sr. Ford bien y escribió acerca de su relación de una manera cálida e inteligente. El Sr. Ford probablemente tenía una relación tan estrecha con él como con cualquier persona. Él pudo haber visto en Sorensen una capacidad para atraer a las personas que +el nunca tuvo, pero también vio el genio de Sorensen para traducir sus ideas en forma tangible y lograr formar finas y bellas que sólo un diseñador con talento podía lograr. El mundo de las artes tiene sus críticos que nos ayudan a apreciar la grandeza en pintores, compositores y poetas; tristemente, la ingeniería carece de sus escritores que la interpreten. Si los tuviéramos, es probable que la asociación del Sr. Ford y 'Hierro Fundido' Charlie Sorensen sería uno de los más conocidos.

6 La Transmisión

Los principios mecánicos que Ford utilizó para la caja de cambios del modelo T eran bien conocidos en su momento, y mientras varios otros coches usaban transmisiones epicicloidales, no eran marcas populares. Desde un punto de vista mecánico, la transmisión estaba bien diseñada, pero en términos de rendimiento, fue audaz producir un coche que tuviera sólo dos velocidades, "baja" y "alta". Hoy en día, si usted elige una caja manual en lugar de transmisión automática que puede tener seis, e incluso, más velocidades; el Sr. Ford cortó las cosas hasta el hueso al suministrar dos. Para entender todo esto en el contexto de la época, debemos mirar a la necesidad básica de una transmisión o caja de cambios.

El primer uso de motores para manejar máquinas los encontramos en el momento del vapor. Si hubieran tenido la suerte de haber crecido en la época de las locomotoras de vapor, es posible que recordaran haber sido llevado por su padre a ver el motor o la locomotora que tira del tren en la estación. Los pistones dentro de los cilindros de la locomotora estaban conectados a las ruedas directamente por piezas acero macizo, y cuando el maquinista abría la válvula, las ruedas giraban.

Los motores de gasolina, a diferencia de las máquinas de vapor, no producen ninguna fuerza cuando están estacionarias por lo que deben ponerse en marcha sin estar conectado a la carga, y el poder se aplica gradualmente a la carga por medio de un 'clutch'. Esto suele ser un dispositivo de fricción que se suelta lentamente para poner al vehículo en movimiento. Para un motor en un automóvil, también necesitamos ser capaces de cambiar la relación entre la velocidad del motor y la velocidad de las ruedas. Para subir una colina o acelerar, el motor debe girar rápido para producir una mayor potencia, mientras que las ruedas giren relativamente en forma lenta; en el piso plano, necesitamos una mayor relación entre las ruedas y el motor. Por lo tanto todos los vehículos necesitan una transmisión que tiene estos elementos - un embrague y un cambio de velocidad.



Steam pressure = presión del vapor

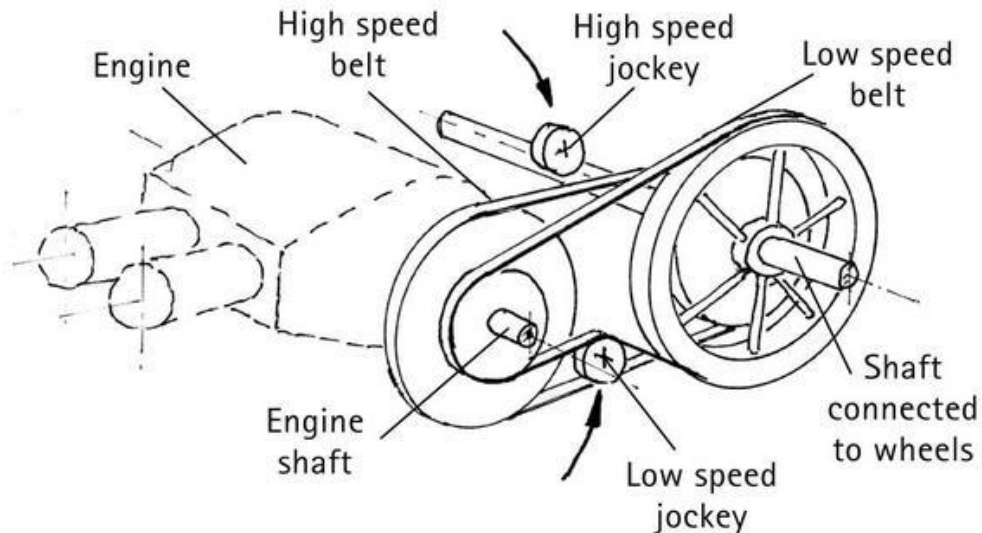
Piston = pistón

Fig. 10. unidad de la locomotora de vapor.

Los primeros coches eran una adaptación del manejo existente para un motor estacionario que controlaba a una especie de carga. En la granja, esa carga podría haber sido una trilladora, una bomba o un cortador de paja.

La manera más conveniente de conectar el motor a la carga era utilizar un cinturón de cuero. Si la carga tenía que girar lentamente, se usaba una pequeña polea con una correa al motor y una más grande en la carga. A menos que fuera una máquina de vapor, el motor tenía que estar en ejecución antes de iniciar la carga, por lo que la cinta se dejaba caer mientras el motor estaba en marcha y luego se aprieta gradualmente para transmitir la potencia. El Sr. Ford utilizó exactamente este principio en 1896 cuando construyó su cuadríciclo; había dos poleas de diferente diámetro impulsadas por el motor y dos poleas en otro eje conectado a las ruedas. El motor se podría arrancar con las dos correas de deslizamiento, y para mover el vehículo una rueda de apoyo tensa la correa de baja velocidad. Se disponía de una palanca para esto, y cuando el vehículo había ganado velocidad, la palanca se movía para liberar la rueda de apoyo y pasaba a otra para tensar la

correa de alta velocidad. Este fue un excelente sistema, y muy similar a casi todos los primeros coches de gasolina, tanto construidos en los EE.UU. o Europa.



Engine = motor

High speed belt = correa de alta velocidad

High speed jockey = Rueda de apoyo de alta velocidad

Low speed belt = correa de baja velocidad

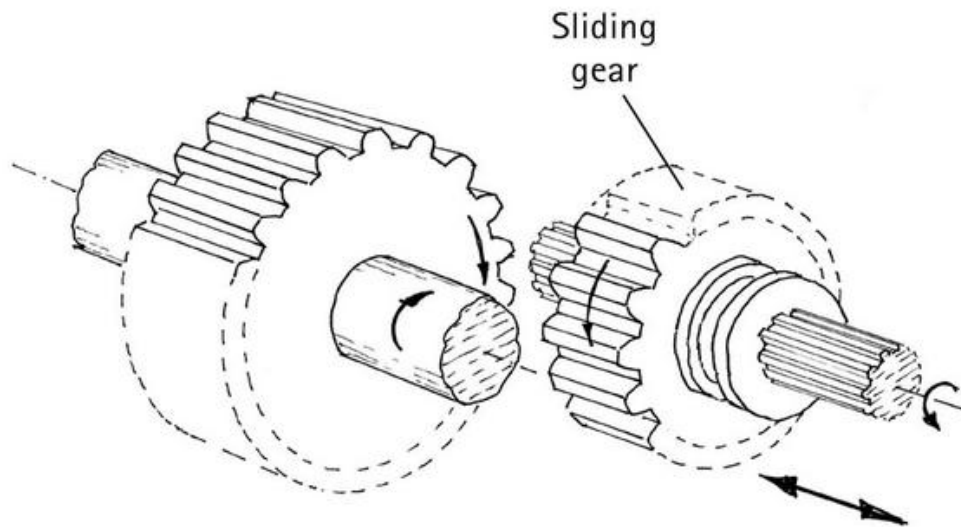
Engine shaft = eje del motor

Low speed jockey = Rueda de apoyo de baja velocidad

Shaft connected to wheels = Eje conectado a las ruedas

Fig. 11. Transmisión del cuatriciclo.

Cualquier persona criada en una granja sabe que se necesita una gran cantidad de correa para transmitir una potencia modesta y las correas también tienen la costumbre de estirarse, sacándola de la polea. A medida que los coches mejoraban, se necesitaba una transmisión más positiva. Los engranajes, si se diseñan adecuadamente, eran capaces de transmitir la potencia de manera muy eficiente, y al tener engranajes de diferentes tamaños podemos conseguir diferentes velocidades. En los primeros días, el problema era cómo cambiar la relación mientras que el coche estaba en movimiento. La solución, que no era muy buena, era soltar un par de engranajes y mover otro conjunto en acoplamiento; esto se conoce técnicamente como caja de cambios con "malla deslizante".



Sliding gear = engranaje deslizante

Fig. 12. Engranajes con malla deslizante.

El problema era que si los dientes de los engranajes no se movían a una velocidad pareja cuando eran traídos juntos, había un terrible ruido y los dientes se podían dañar. El choque de engranajes, como era conocido, era la pérdida de cada conductor novel. La alternativa era una caja de cambios que 'engrane de manera constante', donde los diferentes conjuntos de engranajes estaban permanentemente en la malla y eran engranados al seleccionar uno de los cluches. Cajas de cambio de este tipo se han utilizado en Europa, pero eran pesadas y caras. El Sr. Ford debió de darse cuenta de que si uno se conformaba con una transmisión de dos velocidades, era posible tener una transmisión de toma constante que era barata y fácil de operar; fue una elección deliberada que resultó ser correcta en ese momento.

Un conductor moderno al tomar el volante de un Modelo T se asustará luego de la experiencia. Se va a encontrar que la marcha baja es demasiado baja y la alta demasiado alta, y la transición entre cada velocidad le cortará el aliento. Tal vez nos hemos acostumbrado a lo suave y esto sólo demuestra cómo el diseño del coche ha progresado desde entonces; de todas maneras no le quita mérito al diseño original. De hecho, si una persona nunca había conducido un coche antes, debe haber sido más fácil aprender con el Modelo T que con los coches de la competencia que tenía correas para las cajas de cambio.

El problema era que si los dientes de los engranajes no se movían a una velocidad emparejado cuando fueron traídos juntos, había un terrible ruido y los dientes se puede dañar. 'Clashing los engranajes', como era conocido, era la pérdida de

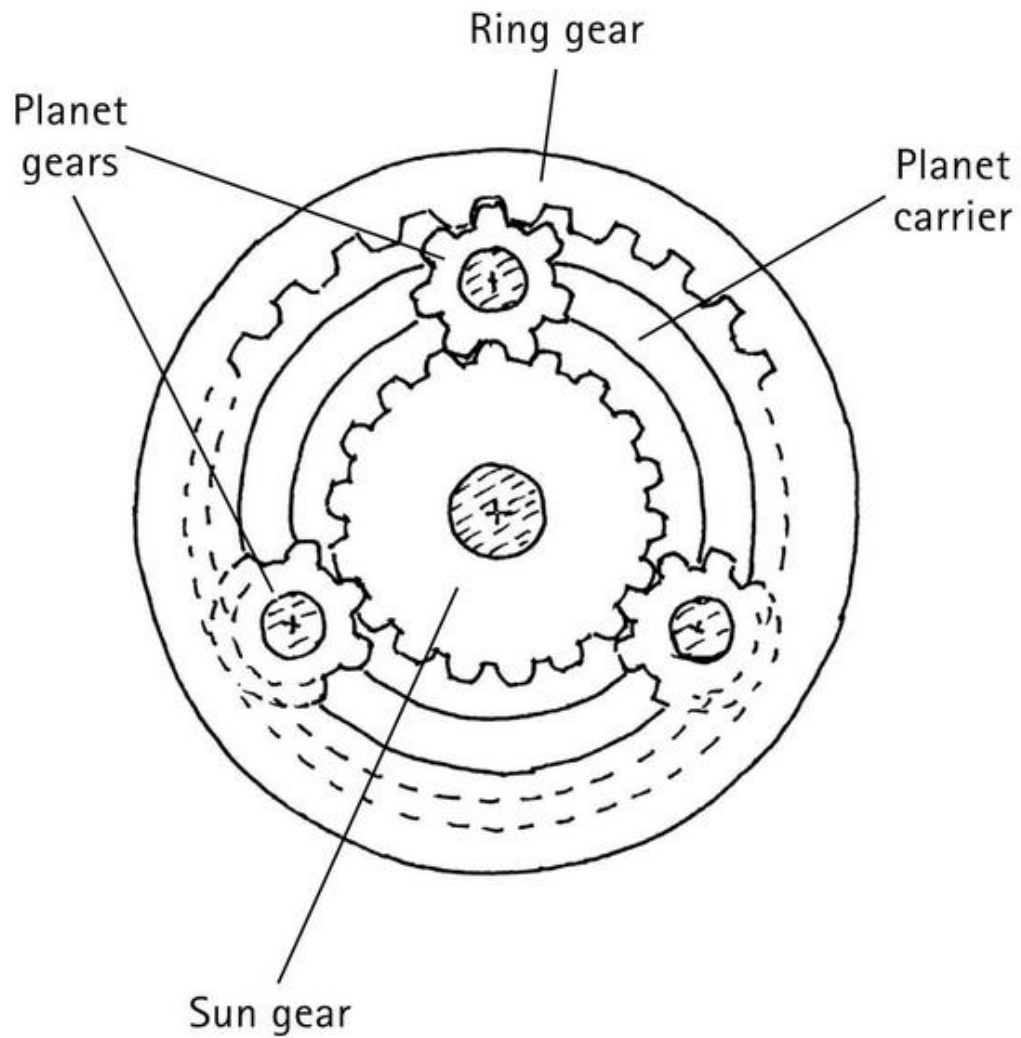
cada conductor novel. La alternativa era una caja de cambios 'engrane constante', donde los diferentes conjuntos de engranajes estaban permanentemente en la malla y se dedicaban al seleccionar una de un número de nidadas. Cajas de cambio de este tipo se han utilizado en Europa, pero que eran pesados y caros. Sr. Ford debió de darse cuenta de que si uno estaba contento con una transmisión de dos velocidades, que era posible tener una transmisión de toma constante que era barato y fácil de operar; fue una elección deliberada que resultó ser correcto en el momento.

Mucha gente sabe que el Modelo T tenía engranajes epicicloidales o transmisión planetaria. Según AL Dyke, 'Se llama transmisión planetaria, por una semejanza imaginaria entre los triples engranajes alrededor del eje central y el movimiento de los planetas alrededor del sol. '

Dicho tren de engranajes consta de tres partes: un engranaje central "sol", un conjunto (por lo general de tres engranajes) conocida por razones obvias como los "engranajes planetarios" y una 'corona' afuera. Es posible obtener varias relaciones de velocidad de un dispositivo de este tipo en función de la marcha de la unidad de entrada, qué parte se mantiene estacionaria y cuál es la salida. La belleza es que todos los engranajes están permanentemente engranados y esto evita el problema del 'choque'.

Sr. Ford no tenía una transmisión epicicloidal completo, pero su transmisión tenía tres ruedas planeta y tres conjuntos de engranajes planetarios (nueve engranajes planetarios en total), con cada grupo planetario remachado juntos y girando sobre los pernos en el volante. No había coronas exteriores. En el sistema de engranaje epicicloidal Ford, una parte estaba permanentemente conectada al motor y otra parte fijada al árbol de transmisión trasero conectado al eje trasero; en medio estaban los engranajes, que estaban en engrane constante con los demás. Si estos podían girar libremente, ningún movimiento se producía por lo que el coche está en punto muerto. Para seleccionar una velocidad, una de las marchas se mantiene estacionaria. Esto se realiza mediante la conexión a un tambor; alrededor del tambor hay una banda de fricción y cuando esta se aprieta, ese engranaje particular se hace estacionario y se obtiene la velocidad deseada. Hay dos de estos tambores. Uno es para baja velocidad y otro para la marcha atrás.

ELOVALO AZUL



Planet gears = engranajes planetarios

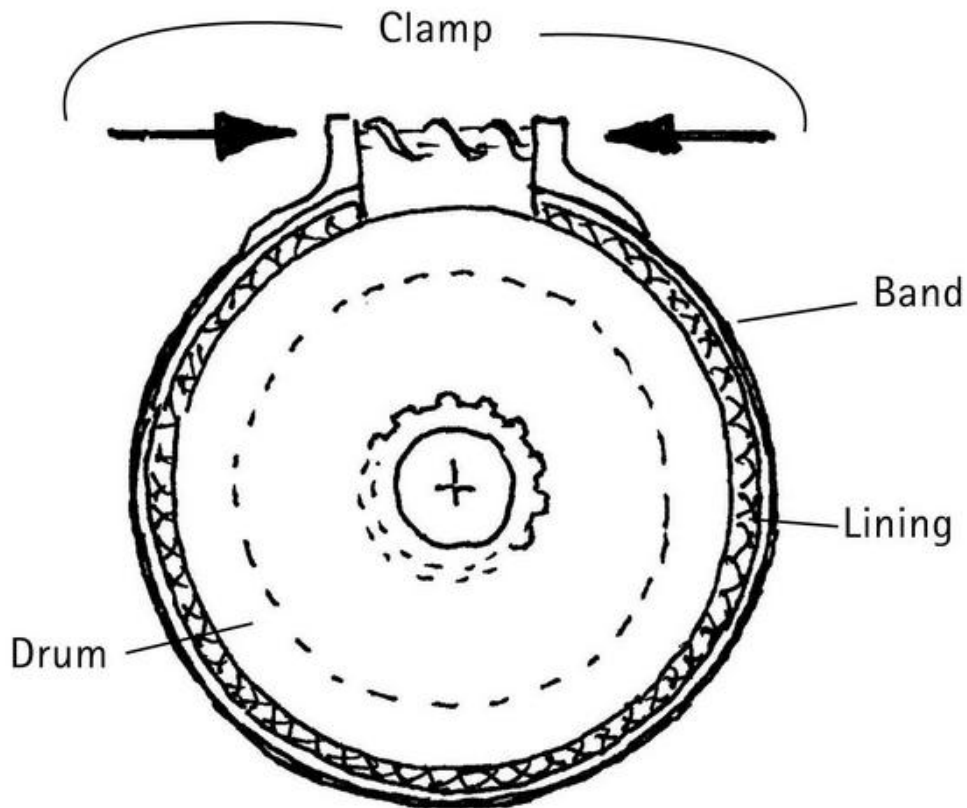
Ring gear = corona dentada

Sun gear = engranaje central

Planet carrier = portasatélites

Fig. 13. Tren de engranajes planetarios

Fig. 13. Planetary gear train.



Clamp = abrazadera

Band = banda

Lining = revestimiento

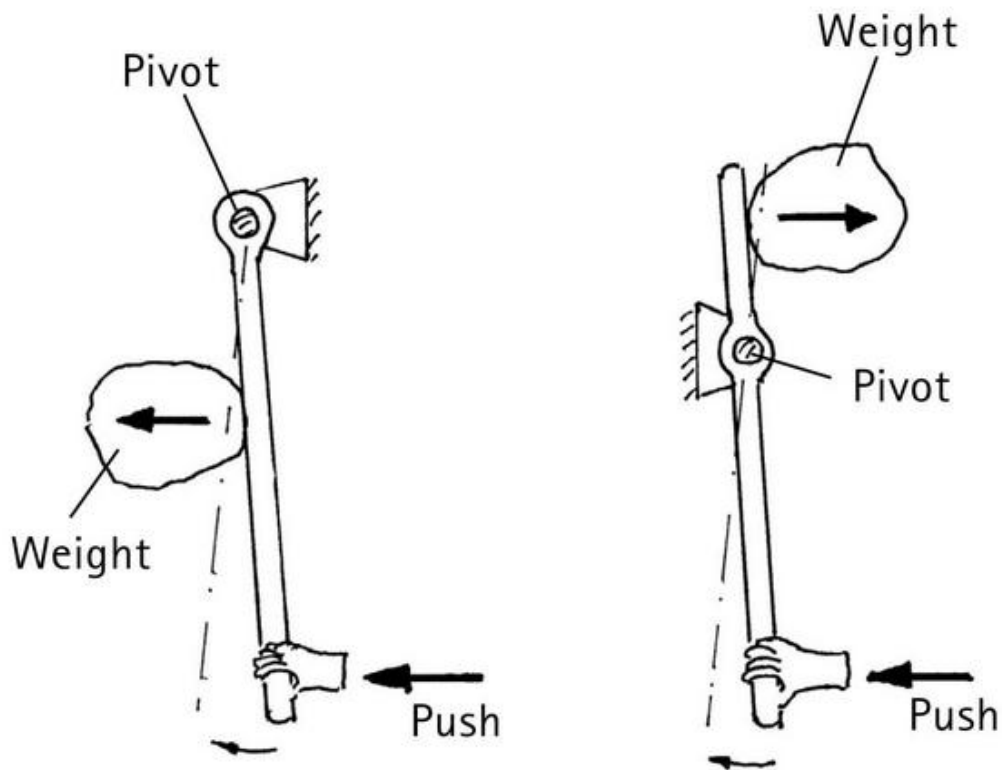
Drum = tambor

Fig. 14. Tambor y banda de transmisión.

El funcionamiento de la caja de cambios es un poco difícil de entender incluso cuando uno tiene todas las piezas a la vista, pero el principio es claro. Imagine que tiene un gran peso que desea levantar del suelo. Si utiliza un trozo de madera a modo de palanca con el pivote fijo o punto de apoyo al final y el peso entre el brazo y el pivote, entonces la fuerza del peso se magnifica y el peso se moverá a una velocidad más lenta que su mano. Esto es similar a la baja velocidad ' siendo su mano el motor, el peso las ruedas traseras y el pivote el engranaje que se mantiene estacionario por pinzamiento de su tambor. Ahora bien, si usted cambia las cosas para que el punto de apoyo está entre la mano y el peso, el peso se

moverá en la dirección inversa y esto se asemeja a la conducción en sentido inverso. La relación de transmisión depende de la distancia relativa entre el pivote y el peso y el pivote y su mano.

Cada banda alrededor de un tambor estaba conectada a un pedal de pie en el suelo en el piso del conductor. El de la izquierda aplica la banda de baja velocidad; para lograr que el coche se mueva en marcha baja y había que mantener el pie en el pedal en baja. (El pie puede ser que se acalambre en una larga colina.) El pedal central aprieta la banda en el tren marcha atrás y el lado derecho estaba el freno de la transmisión.



Pivot = pivote

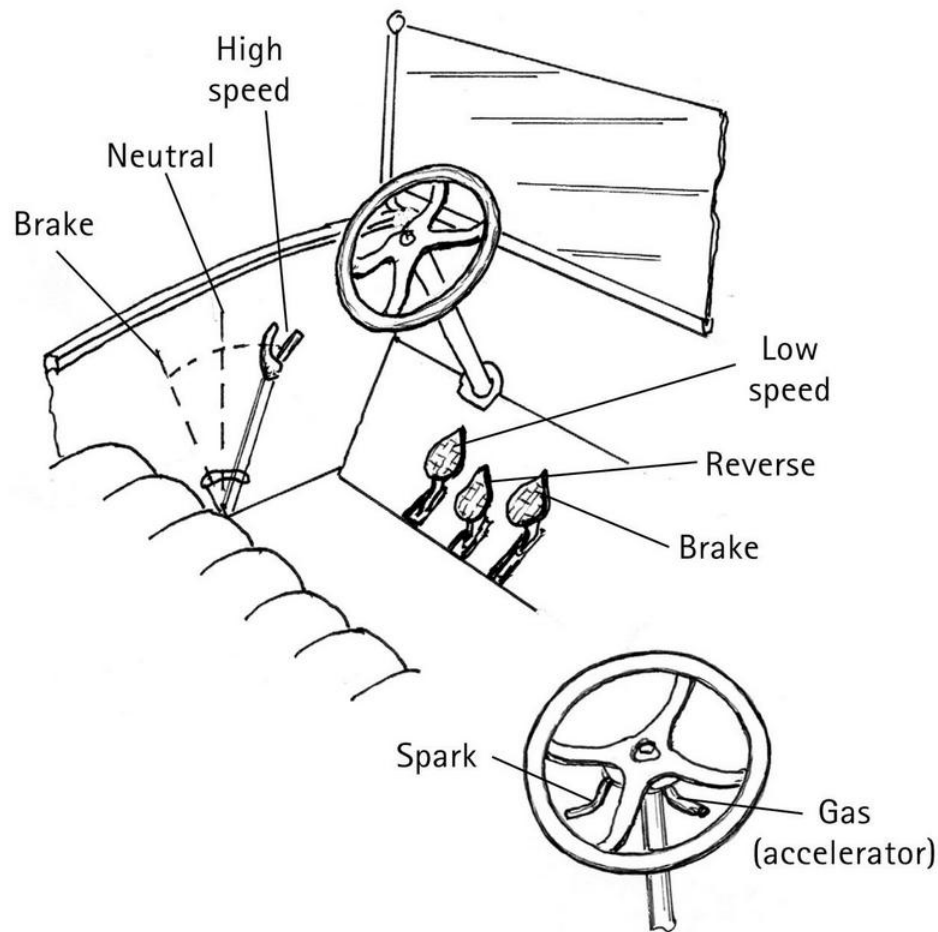
Weight = peso

Push = fuerza

Fig. 15. Traslado de un peso hacia adelante o hacia atrás con una palanca y punto de apoyo.

Se necesitaba un dispositivo mecánico más en esta transmisión. Era un embrague que conecta el motor directamente al árbol de transmisión trasero; cuando este estaba conectado, el coche estaba en la marcha alta y todos los otros engranajes y tambores quedaban libres para girar. El embrague era operado por la palanca de

freno de mano en el lado exterior del conductor. Cuando la palanca estaba completamente hacia adelante, el embrague estaba acoplado; cuando la palanca queda a mitad de camino o vertical, el embrague se desacopla y tirando más atrás aplicaba los frenos de las ruedas traseras. Obviamente, el embrague no se debe acoplar cuando se anda a baja velocidad o marcha atrás porque los engranajes entonces estarían trabajando uno contra el otro. Para que esto sea menos probable, el pedal de baja velocidad fue diseñado para que al empujarlo a mitad de camino hacia abajo desacople el embrague. Los conductores del Modelo T se enteraron de que se trataba de una forma fácil de poner el coche en punto muerto, al igual que el conductor moderno empujara el pedal del embrague a fondo para estar en punto muerto. La diferencia, y puede ser importante, es que en el Modelo T, si se presiona el pedal todo su recorrido hasta el piso se va hacia adelante en una marcha baja y si se suelta el pie, se encuentra en marcha alta. Es esencial recordar esto si quiere mantener el control. Modelo T tienen un hábito de moverse hacia adelante o hacia atrás sin darse cuenta. En una granja, se aprende a no estar detrás de un caballo o en frente de una cabra; con un Modelo T, el único lugar seguro es en ponerse al lado!



Brake = freno

High speed = alta velocidad

Neutral = punto muerto

Low speed = baja velocidad

Reverse = marcha atrás

Spark = chispa

Gas (accelerator) = acelerador

Fig. 16. Controles del Ford Modelo T.

Hay un tercer pedal en el piso del Modelo T que opera el pie del freno; esto es bastante importante y se describirá más tarde. Debido a que los controles del Modelo T son muy diferentes de un coche moderno, conducirlo hoy puede ser un desafío. Además de los tres pedales en el suelo y la palanca de freno de mano, había dos controles en la columna de dirección; uno, la "palanca de gas", que opera el acelerador, que sirve con el mismo propósito que el acelerador en el suelo de un coche moderno; la otra palanca ajusta la sincronización de la chispa. Hoy en día la chispa se controla de forma automática, pero en los primeros días había que retrasar la chispa a baja velocidad y para el arranque. Para conducir el

ELOVALO AZUL

coche, uno ponía a la mitad del camino la palanca del freno de mano para quedar en punto muerto, pisar el pedal de baja velocidad para avanzar en una marcha baja, mientras que se le da al motor un poco de gas con la palanca de la columna de dirección. Una velocidad del motor de 1.000 revoluciones por minuto (rpm) daba una velocidad de cerca de 9 millas por hora (mph) cuando está en baja velocidad.

Ahora se pone la palanca del freno de mano completamente hacia adelante y se suelta el pie del pedal de baja velocidad para pasar a velocidad alta, y por 1.000 rpm la velocidad era aproximadamente 25 mph. La diferencia entre los engranajes era tan grande que el conductor aprendió a ajustar la palanca de gas mientras se cambia la marcha. Si el motor `resoplaba' un poco al tratar de aumentar la velocidad, la palanca de chispa se movía con la otra mano para retardar la chispa hasta que el motor andaba más rápido (todo el tiempo recordando usar ambas manos para dirigir el coche). Había claramente una gran actividad tanto para las manos como los pies, y que incluso podría necesitar una mano adicional para presionar el botón de la bocina para advertir a los que van delante se mantengan fuera del camino. Tal vez en los días del caballo y el coche, la gente era más hábil con sus manos y podían manejar las riendas, el látigo y la palanca del freno con facilidad. Sr. Ford sabía todo sobre vehículos de tracción animal y las exigencias de la vida en la granja, y él debe haber tenido una buena comprensión de cómo la gente haría la transición a los vehículos de motor. La historia demuestra que se las arreglaron bien con el Modelo T.

Para detenerse, uno ponía el freno de mano a medio camino hacia atrás para desenganchar el embrague y luego presiona el pedal del freno. Para la reversa, uno presiona el pedal del medio y como la velocidad a la inversa para 1.000 rpm era sólo 6 mph, era más fácil para el coche subir una colina empinada hacia atrás en lugar de hacia delante. Esto fue una suerte. El depósito de combustible se encontraba debajo del asiento y por gravedad iba la gasolina al carburador. Si el cerro era demasiado empinado, el combustible no alcanzaba el motor con el coche cuesta arriba y se detenía. El conductor del Modelo T aprendió a ir marcha atrás para superar colinas muy empinadas, no sólo por el cambio bajo, sino también para garantizar que la gasolina llegue al carburador. Hay una historia en todo esto que fue deliberadamente planeada debido a que en baja velocidad en una cuesta muy empinada, el aceite en el cárter no puede llegar a los cojinetes delanteros del motor y que podría derretirse. Yendo hacia atrás se elimina este peligro, pero si esto era una hábil estratagema o un accidente feliz, no lo sabemos.

El pedal del freno operaba una banda en un tambor similar al de baja velocidad y marcha atrás. Su tambor estaba conectado permanentemente al árbol de

transmisión trasero y por lo tanto hacía girar más de tres veces más rápido que las ruedas traseras. Por los estándares de la época, era muy poderoso. En física se aprende que la "potencia" es el trabajo realizado por unidad de tiempo y todo el mundo está familiarizado con 'caballos de fuerza' como una unidad. El mundo más científico utiliza el "watt" como la unidad adecuada, pero los ingenieros mayores recordarán que hacer cálculos de potencia en «fuerza libras pie por segundo», y si sus recuerdos son buenos, saben cuántos 'pie libras por segundo' hay en un caballo de fuerza. En aquellos días, la "fuerza libra' era una unidad de la fuerza y 'pie por segundo" era una medida de la velocidad, de modo que la "potencia" también puede ser considerado como la fuerza aplicada multiplicada por la velocidad.

Es interesante pensar en la "potencia" en términos de fuerza y velocidad. Los motores de un avión a reacción son enormemente poderosos, y si bien no puede tener mucha fuerza para tirar de un avión a través del aire a nivel de vuelo, la fuerza está actuando sobre un cuerpo que se mueve a una velocidad muy alta y por lo tanto se requiere una gran potencia. Una locomotora que tira de un tren también tiene un motor muy potente; debe generar una fuerza mucho mayor para tirar del tren y puede hacer esto con la misma potencia que el avión a reacción porque su velocidad es menor. Los libros de texto utilizados cuando el Modelo T fue diseñado tenían todo tipo de unidades extrañas como la 'pie-libra-fuerza por segundo'; fueron unidades que surgieron de la experiencia práctica. Los estudiantes de hoy aprenden la física y la mecánica utilizando un sistema más refinado de unidades que evita la confusión de "unidades absolutas " gravitacionales' y que estaban en uso antes; que son mucho más propensos a obtener una respuesta a un cálculo que es correcto, excepto que el punto decimal esté en el lugar equivocado. Un error por un factor de 10 o 100 no se ve tan mal en un ejercicio de estudiante, pero en el mundo real, puede ser un desastre. La razón por la que los estudiantes no detectan estos errores alarmantes es que no tienen una idea de las unidades y las cantidades que representaban. Muchas de las unidades más antiguas surgieron de uso familiar; por ejemplo, la "libra-fuerza" es la fuerza necesaria para levantar una masa de una libra, y si estuviera acostumbrado a llevar una libra de mantequilla, sabría lo que esta fuerza representa. Usted sabe que puede ejercer "1 libra-fuerza" con un dedo, mientras que para "100 libras-fuerza" necesitaría ambos brazos. Pida a un alumno de hoy que empuje contra su mano con una fuerza estándar, que en el moderno sistema de unidades es el "newton", y obtendrá una mirada en blanco, o algo peor.

Un freno en el eje de transmisión se denomina "transmisión" o el freno 'Cardan-eje' y no era raro cuando el Modelo T fue diseñado. Tenía algunas desventajas que el Sr. Ford superó hábilmente. No sabía nada de unidades modernas, pero sin

duda sabía que un freno para actuar sobre un eje de rotación rápida debería ser poderoso. También habría sabido que la potencia no es sólo la fuerza multiplicada por la velocidad, sino el tipo de trabajo que se está haciendo y como el trabajo se convierte en calor en un freno, la potencia también está en proporción a ese calor. Así el freno tiene la costumbre de sobrecalentamiento, pero colocándolo dentro de la caja de transmisión junto a los tambores de marcha atrás y de baja velocidad, el Sr. Ford aseguró que sería inundado y enfriado por el mismo aceite como en el motor. El volante circular con sus imanes que sobresalen hace circular el aceite de manera eficiente y enfrían el freno bastante bien. Una vez más, un buen diseño se logró mediante la comprensión de los principios básicos. Dicho esto, el conductor temprano aprendió que lo mejor no era utilizar el freno al bajar una cuesta larga, sino más bien para engranar la primera velocidad y utilizar el motor como freno, evitando así el desgaste de la cinta de freno. Uno de los muy pocos cambios básicos en el diseño en el Modelo T fue el de aumentar la anchura del tambor y la banda en el freno. Durante los primeros diez años de producción, la anchura de la banda para el freno fue el mismo que para las bandas de marcha atrás y de baja velocidad, pero se hizo posteriormente aumentando un 50% más el ancho respecto de las otras bandas de marcha. O bien la tasa de desgaste era demasiado grande en el diseño temprano o tal vez los conductores utilizaban el freno más a medida que aumento el tráfico.

Las leyes de la naturaleza no han cambiado con los años y los conductores deberían ser aconsejados para recordar la regla básica de la distancia de frenado de un coche que se dio en un diccionario hace casi un siglo. Muchos de los accidentes se habrían evitado si se hubiera prestado más atención. (Recuerde que las leyes de la naturaleza no pueden romperse, incluso si lo intentas, ni pueden ser anuladas por una ley del Parlamento.) Las cifras se dan en el cuadro (página opuesta). Lo importante es que en un coche como el Modelo T sólo con frenos en dos ruedas, el aumento de la velocidad en un 50 por ciento, de 30 a 45 mph aumenta la distancia de frenado de 90 a 203 pies, es decir, es más del doble. No importa qué tan bien los ingenieros puedan desarrollar los frenos o mejorar la adherencia de los neumáticos. A doble velocidad y la distancia de frenado se incrementa cuatro veces.

Distancia de frenado

La distancia de frenado sobre un pavimento seco con un auto con frenos en dos ruedas es:

$$D = (V^2 / 10) \text{ pies}$$

Y para un auto con frenos en las cuatro ruedas

$$D = 0.6 (V^2/10) \text{ pies}$$

donde V es la velocidad en millas por hora. En la ecuación la velocidad V, es elevada al cuadrado, y la distancia es el resultado expresado en pies surge de dividir esa potencia por 10.

Ejemplos:

Velocidad en mph	Distancia de frenado en pies	
	Frenos en 2 ruedas	Frenos en 4 ruedas
30 mph	90 pies	54 pies
45 mph	203 pies	122 pies

Para un conductor que nunca antes condujo, la transmisión del modelo T y sus controles debieron ser apropiados. En 1912 el escritor influyente, VW Page, hizo las siguientes observaciones bien balanceadas:

El coche Ford es uno de los más populares de automóviles de precio moderado y más de 100.000 de 'T' del modelo son ahora en el camino. El sistema de control de este coche es extremadamente simple y sin embargo es diferente al de cualquier otro automóvil. El juego de engranajes es de dos velocidades hacia adelante y una marcha atrás. La forma convencional del volante de dirección se utiliza para controlar la dirección del recorrido del coche, y las palancas de chispa y de gases están montadas en la columna de dirección por debajo del volante para controlar la velocidad de la planta de energía. Es en el método de obtención de las diversas relaciones de cambios de velocidad que el sistema de control es diferente.

La transmisión planetaria fue muy exitosa cuando fue diseñada e instalada correctamente, y su desventaja principal fue que era muy difícil de proporcionar más de dos velocidades y marcha atrás. Por esta razón, sólo se puede adaptar a los coches livianos que tienen un excedente de potencia en el motor, o para camiones pesados en los que no es tan esencial un gran número de relaciones de velocidad como las que se proporciona en automóviles de turismo.

Conductores de camiones modernos no estarían de acuerdo con esto. Si usted escucha a un gran camión en movimiento fuera de los semáforos se escuchará al conductor cambiar de marcha seis u ocho veces antes de alcanzar velocidad.

Al igual que con otras deficiencias percibidas en el Modelo T, fabricantes de accesorios tenían algo que ofrecer: el eje trasero de dos velocidades. Esto duplica

el número de marchas. Muchos de los sobrevivientes Modelo T tienen un eje así, lo que hace una conducción más fácil.

No hay duda de que en el diseño de la transmisión Modelo T hay toques de brillantez que no son evidentes para el conductor o el observador casual. En muchos automóviles contemporáneos, la caja de cambios está separada del motor, esto requiere un número de ejes y acoplamientos. En el Modelo T, los engranajes y el embrague fueron montados en el volante y a través del cardán conectados al eje trasero. El motor y la caja de cambios pueden ser montados como una unidad bien alineada, y si se comparan con otros diseños, se necesitan menos piezas y hay ahorro de peso. El montaje de los juegos de engranajes planetarios en el volante significaba que el volante podría ser más claro. Una gran ventaja del diseño de la transmisión de esta manera fue que todas las partes se podían juntar fácilmente cuando Ford implementó las líneas de montaje móviles en los años siguientes. Una vez más, el éxito en la técnica de fabricación para que Ford fuera famoso se remonta al diseño original.

La transmisión y el motor compartían la misma refrigeración y aceite de lubricación y, algo inusual en otros vehículos, el freno de pie era más eficaz, ya que se enfriaba con este aceite. Hubo una desventaja: si el revestimiento sobre las bandas con el paso del tiempo empezaba a desintegrarse, los desechos flotaban en el aceite. Los accesorios opcionales surgieron rápidamente ofreciendo un colador para recoger esos desperdicios, pero no fueron tan eficaces como los filtros de aceite modernos. Una cosa extraordinaria sobre la transmisión del Modelo T fue su parecido con las transmisiones automáticas modernas que comenzaron a aparecer en la década de 1940s. Estos tienen un convertidor de par de fluido en lugar de un embrague, pero también tienen trenes de engranajes planetarios y bandas de fricción muy similares a los del Modelo T. Si ampliamos este punto, podríamos incluso decir que el embrague del Modelo T tiene algunas de las características de la "unidad de fluido" moderno.

El embrague tiene muchas placas finas de chapa sumergidos en el baño de aceite común. Cuando está activado, las placas no se tocan unas con otras; hay una película delgada de aceite separándolas y este transmite el torque. Pensamos que el petróleo es para el deslizamiento, no para la transmisión de la fuerza, pero las leyes de la mecánica de fluidos nos dicen que la fuerza transmitida depende de la viscosidad del aceite, el área de la superficie, el espesor (o más directamente a la 'delgadez') de la película y la velocidad relativa entre las superficies. El embrague tiene un montón de zona, ya que hay muchos platos, la película de aceite es muy delgada y en el inicio de la acción la velocidad relativa es alta por lo que la fuerza es suficiente para conseguir el balanceo del coche. Cuando cae la velocidad

relativa, el aceite se exprime entre las placas, y por el tiempo que se unen hay muy poco deslizamiento y desgaste.

Si añadimos un eje trasero de dos velocidades para el modelo T, podemos decir que contamos con todos los elementos de una transmisión moderna, con excepción de la acción "automático"; nuestros pies, las manos y el cerebro tienen que suministrar esto, pero como con andar en bicicleta, se convierte en automático con la práctica. El coche era famoso por salir de una situación difícil y podría balancearse hacia atrás y hacia adelante fácilmente apretando los pedales de baja velocidad y marcha atrás. Esto estaba orientado al conductor novato, muy parecido al utilizado para los caballos. Habiendo dicho todo esto, sólo tenía dos velocidades. Es como el perro con tres patas; usted puede admirar lo bien que gestiona, pero cuatro patas es mejor. Esto no quiere decir que el Sr. Ford estaba equivocado. Otros diseñadores en 1906-8 utilizaron cajas más sofisticadas, embragues separados y las articulaciones y ejes a menudo más universales. Sin embargo, todos eran más pesados y más costosos de hacer, y durante más de una década, el modelo T se vendió en cantidades que ninguno de ellos superó.

Un hecho de la vida con la transmisión Modelo T es que las pastillas de freno y de la banda de transmisión hicieron desgaste. Sin embargo, no era demasiado grande un problema y el manual de servicio Ford dice que pueden ser reemplazados por un solo hombre en 1 hora y 53 minutos. (El mecánico casero podría encontrar que se necesita mucho más tiempo y con resultados en los nudillos y un dolor de espalda.)

Si nos fijamos en la transmisión del Modelo T, vemos los mismos principios aplicados como en el diseño de otras partes del coche. Cada componente coopera con los otros, no funciona contra ellos. Las partes van juntas en unidades de fácil montaje que están correctamente alineadas. Cada componente se puede hacer de forma barata y en grandes cantidades. El conjunto es compacto y ligero de peso. El diseño en general no era una copia; el Sr. Ford hizo una selección extraordinaria de dispositivos conocidos que otros pasaron por alto o no entendían. Algunos de sus conceptos sobreviven hoy y son tan familiares que nos olvidamos de su origen. Otros fueron reemplazados con el paso del tiempo. Henry Ford entendió las necesidades de la época, pero no intentó complacer los deseos de los compradores con ostentación o comodidad excesiva. Él consideró en su mente lo que era correcto para el momento. Esto no lo hizo popular, pero dio mucho bienestar ya que permitió a muchas personas acceder al auto propio, algo que ningún otro hizo. También los llevó a la ciudad y los regresó a casa, y eso era lo principal.

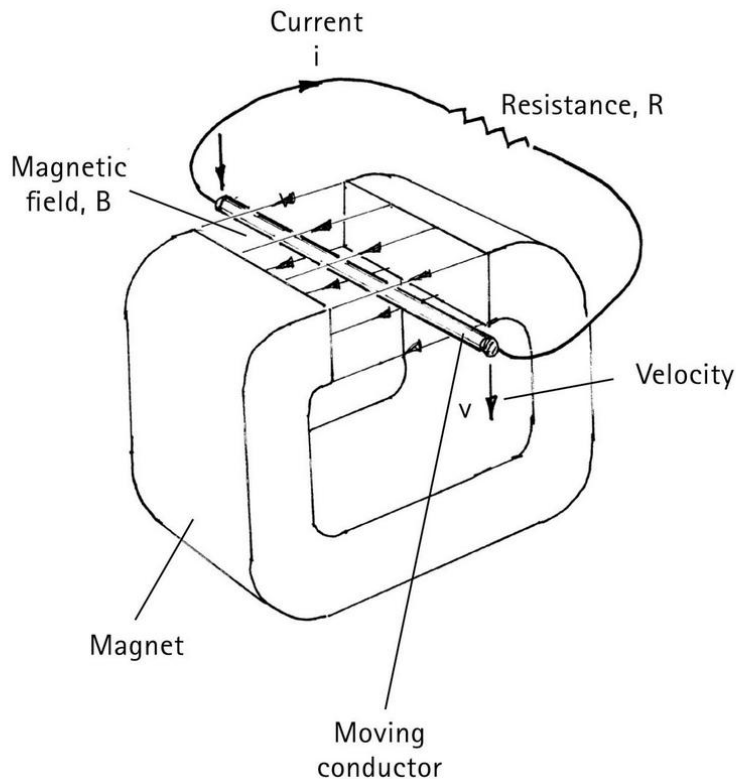
7 Electricidad

Uno no necesita mucho aprendizaje para apreciar las eléctricas inusuales del Modelo T; las leyes físicas en las que se basa son muy simples. En 1906, la iluminación en las casas a menudo era proporcionada por lámparas de gas o de querosene, en particular en las zonas rurales. Los coches tenían lámparas secundarias y linternas que funcionan con gas procedente de un generador de acetileno de querosene. No había ninguna demanda popular de la electricidad para las luces del coche, pero había una necesidad de un sistema de encendido eléctrico para el motor. Había dos opciones. Uno era un magneto, un dispositivo eléctrico accionado por el motor que produce la corriente de alta tensión para las bujías. El otro era un conjunto de alta tensión de bobinas Trembler alimentadas por una batería.

Los magnetos en los coches americanos tempranos eran básicamente de diseño europeo y es probable que fueran más costosos y menos robustos que los usuarios estadounidenses les gustaría. Se ha sugerido que el sistema eléctrico en el Modelo N no era ideal y el Sr. Ford quería mejorarlo. Las bobinas Trembler eran capaces de proporcionar una chispa saludable, pero una batería habría sido un problema en una granja sin electricidad para cargarla. Lo que se hizo fue incorporar un generador en el diseño del motor. Cierta confusión surge porque el generador de Ford fue llamado un "magneto" en los libros, mientras que ahora llamaríamos un alternador. Elijas lo que elijas llamarlo, este dispositivo dio suficiente energía eléctrica en la lentitud del arranque a mano para manejar las bobinas Trembler para arrancar el motor. Esto no era fácil de conseguir y no hubo otro fabricante de automóviles de bajo costo que tenía un sistema de este tipo.

La literatura temprana Ford describe correctamente el "magneto", como el uso del sistema de Faraday. Michael Faraday (1791-1867) fue uno de los más grandes científicos de Inglaterra y el Sr. Ford habría puesto su atención en él, porque él era un hombre de origen humilde que combina gran intelecto con la capacidad práctica. El principio de su sistema es que si un conductor que forma parte de un circuito eléctrico se mueve a través de un campo magnético, se genera una corriente. La magnitud de la corriente es proporcional a la fuerza del campo magnético y la velocidad con la que el conductor se mueve a través del campo. La fuerza de un campo magnético que puede ser producido por un imán de hierro es limitada y la única variable disponible para el diseñador es la velocidad. La parte del motor que tiene la velocidad más alta es la parte exterior del volante de inercia, que es donde los diseñadores del Modelo T colocaron los imanes. Un total de 16 imanes de herradura se fijaron al volante con sus extremos abiertos hacia el exterior, y estos daban energía a un número similar de bobinas fijas o 'carretes.

Debido a que los extremos de los imanes en el que el campo se trasladó mayor torno a un gran círculo con cada vuelta del motor, la velocidad relativa entre el campo y las bobinas fue alta y la corriente inducida en ellos, incluso a una velocidad de arranque lento, era lo suficientemente para generar una buena chispa. En comparación, un magneto convencional contiene también un generador, pero como los conductores en estos sólo se mueven alrededor de un círculo posiblemente ocho veces más pequeños en diámetro que los imanes del volante, es más difícil obtener una buena corriente.



Magnetic field, B = campo magnético, B

Current = corriente

Resistance, R = Resistencia, R

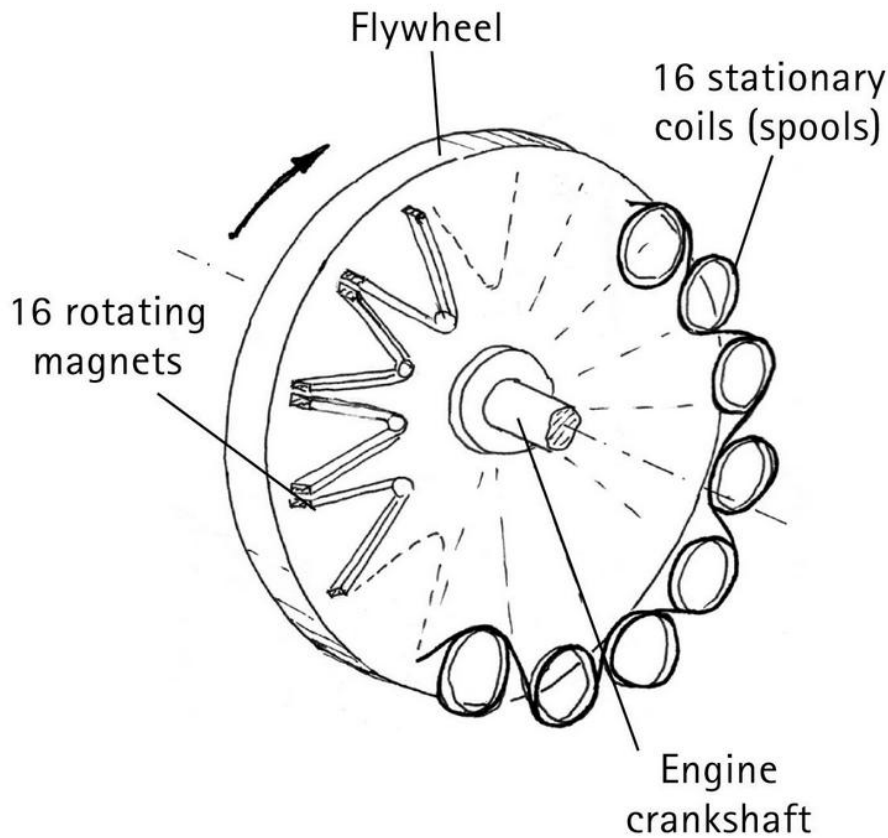
Magnet = imán

Velocity = velocidad

Moving conductor = movimiento del conductor

Fig. 17. Generación de una corriente moviendo un conductor a través de un campo magnético.

ELOVALO AZUL



Flywheel = volante

16 stationary coils (spools) = 16 bobinas estacionarias (bobinas)

Engine crankshaft = cigüeñal del motor

16 rotating magnets = 16 imanes giratorios

Fig. 18. 'magneto' Ford compuesto de imanes en el volante y bobinas estacionarias.

Una vez más, el diseño de esta parte del coche muestra la capacidad del Sr. Ford y su pequeño equipo de diseño para llegar a una solución novedosa utilizando principios bien conocidos. Se ahorra peso, se evita la complejidad y se logra facilidad de fabricación. Se colocaron el final de los imanes en el punto en que el motor que se movía más rápido, que está en el exterior de la rueda del volante. Hubo ahorro de peso total, en parte porque no había necesidad de engranajes ni ejes adicionales para impulsar el dispositivo, pero también por el peso de los imanes asistidos el volante para hacer su trabajo, es decir, para almacenar energía. Los imanes y los engranajes de racimo añaden masa al volante, así como la realización de sus otras tareas. Si ellos estaban allí, el volante habría tenido que

ser más pesado y la masa adicional habría sido un peso muerto. Si usted puede diseñar los componentes para hacer varias cosas a la vez, ahorrará peso. Los imanes también realizaban otro trabajo; salpicaban el aceite lubricante en el interior de la caja de transmisión, donde era recogido por una cuchara y conducido a una tubería que lo llevaba a la parte delantera del motor para lubricar el cojinete delantero del cigüeñal. De esta manera el aceite se distribuía en todo el motor y la transmisión y se evitaba la necesidad de una bomba de aceite separada.

Se podría decir que el sistema Ford preanunciaba al alternador, que es ahora el método estándar para la generación de electricidad en los vehículos. Al igual que el 'magneto' Ford, el alternador tiene un campo magnético giratorio y genera una corriente alterna en las bobinas estacionarias. Los dispositivos electrónicos modernos se utilizan para rectificar la corriente para cargar la batería; estos no estaban disponibles en ese momento y el Modelo estándar T no tenía batería. La corriente del generador volante alimentaba a un distribuidor de la tensión baja o 'conmutador' (a menudo llamado el "timer") en el árbol de levas. Este conectaba el circuito a una de las cuatro bobinas Trembler en el punto de rotación necesario para dar la chispa en el cilindro particular. La bobina tenía una lengüeta vibrante que interrumpe la corriente para inducir la alimentación de alta tensión para la bujía. La bobina trembler produce una chispa continua durante el tiempo que el temporizador estaba en contacto. Esto generaba un zumbido muy satisfactorio por lo que se sabía que estaba recibiendo una chispa incluso cuando estaba girando el motor lentamente. Los contactos de la lengüeta vibrante podría ser limpiado con una lima y ajustados.

After a few years, electric lighting became popular; the existing electrical system provided sufficient power to operate a set of lights and conversion to this was easier and less costly than in other makes. Ford almost got something for nothing, although the 'something' was not all that one might wish for. David Chantrell, author of the historical work on Ford in South Australia, Duncan and Fraser Ltd, Legacies Left Untold, has commented:

Después de unos años, la iluminación eléctrica se hizo popular; el sistema eléctrico existente proporciona poder suficiente para hacer funcionar un juego de luces y la conversión a esto es más fácil y menos costoso que en otras marcas. Ford casi consiguió algo por nada, aunque el "algo" no era todo lo que uno podría desear.

A finales de 1919 Henry instaló un motor de arranque eléctrico. Esta gran mejora necesitaba a una batería para hacerlo funcionar y la instalación de un generador para cargarla, además de la instalación de un interruptor de los faros de doble

sentido, 'brillante' o 'de baja luz', y un indicador de carga o amperímetro. Este cambio incluye luces tenues para ser instaladas como parte integral de los faros. Las luces tenues, o las luces de estacionamiento como los llamamos, posibilitó que las luces de posición de querosene puedan ser eliminadas. La luz de la cola era ahora también eléctrica. La Ford Motor Company ofreció la opción de coches con o sin arranque hasta el final de la producción en el año 1927. Por lo que cualquier coche podía ser suministrados sin motor de arranque y el generador se suministra con faros magneto-accionado, amperímetro, y el interruptor de dos vías y también con luces laterales y de posición trasera a querosene.

En este punto, la integridad del diseño original se ha visto comprometida, y si bien se puede decir que estos cambios eran necesarios para mantener las ventas, lo que siguió en los años restantes de la producción era un vehículo de mayor peso que se hizo cada vez menos competitivo. El ocaso del Modelo T y su eventual sustitución por el modelo A es otra historia.

8 El éxito

El modelo T de Ford fue un éxito, no puede haber ninguna duda sobre eso, pero uno tiene que decir que en 1908 el resultado era incierto. El coche era diferente a todo lo que vino antes o después, y ninguna cantidad de investigaciones de mercado podría haber predicho su aceptación. Nadie sabía que un automóvil de este tipo podría ser producido de forma barata y realizarlo tan bien - nadie excepto el Sr. Ford, y ni siquiera él podría haber estado seguro.

“Una cosa bella es una placer para siempre”, escribió Keats, pero él no lo habría dicho de este coche - aunque su fealdad puede haber generado afecto en el corazón de algunos. Su rendimiento puede ser mejor descrito como crudo pero efectivo. Uno no puede escapar a la vista de que el Sr. Ford tenía en su mente un vehículo que estaba en lo cierto, por el momento, pero no era lo que la gente hubiera querido si hubieran sido ricos o tenido las carreteras en buenas condiciones. Era más bien como la madre inteligente que compra ropa resistente para que sus niños puedan usarla por más tiempo. Puede que no sean lo que los niños quieren usar, pero son la ropa que verán de forma segura a través de las batallas de la vida.

La clave del éxito fue el diseño. Las características mecánicas del coche eran interesantes. Hay tantos elementos en los que el pensamiento claro y el ingenio produjeron componentes simples que podrían ser fabricados fácilmente, reunidos en unidades en las que todas las partes estaban alineados y estas unidades poderlas juntar rápidamente en una línea de montaje final. El buen diseño significa menos piezas. El depósito de gasolina se colocó en lo alto debajo del asiento delantero de modo que el combustible corría por gravedad en el carburador y no había necesidad de una bomba de combustible. Hubo algunos inconvenientes; el pasajero tenía que salir y levantar el asiento al momento de cargar el tanque.

Otro éxito del diseño fue el de dirección. El cuatriciclo de 1896 del Sr. Ford era dirigido por un timón como en un barco. El timón era una vara larga guiada por el conductor y se fijaba a un brazo más corto por lo que se obtenía el apalancamiento derecho a dirigir las ruedas. Cuando se introdujeron volantes, la mayoría de los diseñadores tenían una caja de cambios pesada y costosa en la base de la columna de dirección. El Sr. Ford utilizó un pequeño conjunto de engranajes planetarios, no más grande que un puño, justo debajo del volante. Era barato y ligero, pero al mismo tiempo no sufría el desgaste y por lo general había un poco de juego en el sistema, pero el conductor aprendió a vivir con esto.

Inicialmente, los coches fueron ofrecidos en varios colores, pero a medida que la producción avanzó, había un problema para que las carrocerías se secaran

rápidamente en los hornos de pintura. Esto fue superado por el edicto de que todos los vehículos deben ser de color negro. Es cierto que un sistema de producción utilizando un solo color es más barato que otro con muchos colores, pero ¿por qué negro? La razón es que el negro se seca más rápidamente que otros colores; esa es una de las leyes de la física. Al igual que muchas decisiones tomadas por el Sr. Ford, la elección del color se basa sólidamente en leyes naturales y no en estética o capricho.

La parte de "tuercas y tornillos" de la historia es interesante, pero es el proceso de diseño como un pedazo de historia social es de mayor importancia. ¿Cuál era la relación entre los miembros del equipo de diseño? ¿Cuál era el tamaño adecuado del equipo? ¿Cómo fue que los hombres de orígenes y habilidades muy diferentes trabajaron juntos tan bien? ¿Cómo surgió la visión clara de lo que se necesitaba en la mente del señor Ford? ¿Cómo se lleva esto adelante sin compromiso? La información disponible de los primeros días de la Ford Motor Company es enorme y ha sido rastrillado con el tiempo una y otra vez, pero estas preguntas no han sido contestadas. El jugador más importante, el propio Henry Ford, no escribió las respuestas y algunas de las cosas que he dicho estaban destinadas a sacar a la gente fuera de escena. Sólo podemos usar nuestra intuición para encontrar una respuesta.

Sr. Ford reunió a un equipo pequeño. No fue un caso de encontrar los mejores diseñadores individuales o grupos y cargar uno con el diseño del motor, otro la caja de cambios, y así sucesivamente. Los fabricantes de automóviles pueden hacer esto hoy en día, pero no es bueno. No podemos saber hoy 'quien' diseñó 'que' en el Modelo T, por la sencilla razón de que no era una cuestión de actuaciones en solitario; el conjunto fue desarrollado al unísono. Es cierto que cada miembro del equipo pequeño era un experto. Sorensen describe a algunos de ellos. C. Harold Wills fue muy hábil como fabricante de herramientas y estudió ingeniería en la escuela nocturna. 'Tenía una pasión por el diseño mecánico.' Joseph Galamb, que había sido educado en Hungría, era un ingeniero profesional que entendía de herramientas; él mantuvo todo el proyecto juntos. Sorensen era un matricero con una profunda comprensión de la técnica de la fundición. Edward S Huff tenía experiencia en trabajos eléctricos. Hubo otros que jugaron un papel importante, pero el número total fue de menor a una docena.

El factor clave fue la capacidad del señor Ford para elegir a las personas adecuadas y generar entusiasmo por trabajar juntos en el proyecto. De alguna manera se las arregló para conseguir estas personas listas para poner en común sus ideas y contribuir a un diseño común en lugar de seguir sus ideas por separado. No hubo diferencias sociales o jerárquicas entre el comerciante experto

y la persona con formación profesional. Parece que hubo un respeto mutuo de las capacidades de cada miembro del equipo. Se ha dicho que el extraordinario crecimiento de la industria en los EE.UU. en el siglo xx fue posible debido a la fácil comunicación entre los involucrados en cualquier proyecto. Cuando las personas que habían crecido en este sistema vieron la distinción de clases que existía en la industria europea y las barreras rígidas entre los diferentes niveles de la organización, quedaron horrorizados. Sabían que en Estados Unidos el jefe de máquinas a menudo iba a hablar con el hombre en la máquina y ambos estaban seguros de que podían aprender unos de otros.

El Sr. Ford se dedicó al concepto de un coche que la mayoría de la gente podría comprar. A menudo hablaba de este objetivo y lo consiguió. Lo que lo hizo posible no sólo fue la creación del sistema de fabricación para construir el coche en grandes cantidades, sino el diseño básico del vehículo. Este fue el gran logro y, entre todas las cosas notables que el Sr. Ford ha hecho, este proceso de diseño es menos entendido. Si el diseño no hubiera sido tan brillante, ninguna de las cosas que le siguieron habría sucedido. Él nunca explicó en detalle las razones de las decisiones de diseño. Es posible que estas vinieran a disgusto como para visualizar cualquier tipo de inteligencia, que era una característica de muchos hombres de su tiempo. El Sr. Ford era muy libre con sus opiniones sobre muchos asuntos, a veces en detrimento de su reputación, pero en el diseño del Modelo T era reticente. No estaba solo en este comportamiento. Pregunte a cualquier gran artista para explicar su obra más famosa y la respuesta probablemente será "Bueno, eso es la manera que fue ". Un buen trabajo de arte tiene su propia integridad e incluso al creador todo cae en su lugar de una manera que no se puede explicar fácilmente.

Sr. Ford dijo que quería producir un coche que era ligero de peso y tenía un motor potente. Lo consiguió. El coche pesa sólo 1200 lb, que era muy bajo para un coche construido para transportar cinco personas. El motor producía 20 caballos de fuerza, que, en el momento, era grande para un coche de este tamaño y peso. Poner un motor tan potente en un vehículo ligero, inevitablemente, significa que no va a ser tranquilo y con vibraciones. Cuando el motor estaba en marcha, el coche era como el baile de un boxeador en puntas de pie antes de un combate, pero fue diseñado tan hábilmente para no desmoronarse. Todo esto se logró por un pensamiento muy claro. El Modelo T fue clasificado como un 'coche ligero' por los primeros escritores, y aunque había otros coches ligeros disponible, el Modelo T, a fuerza de diseño inteligente y materiales fuertes, no sólo fue liviano, sino extremadamente fuerte. La prueba del budín está al comerlo, y el legado de la planta Piquette donde el diseño se llevó a cabo demuestra no sólo por los millones de coches producidos, sino también por los increíbles viajes realizados por el

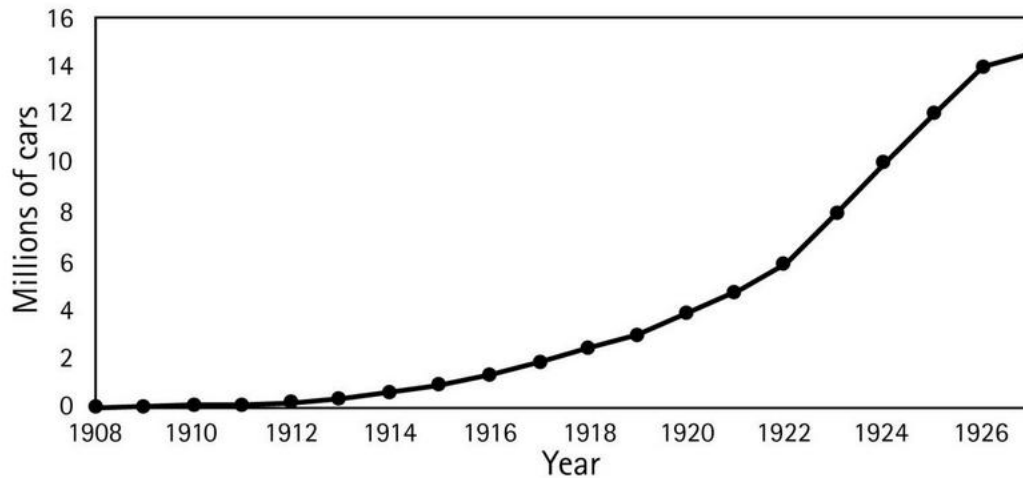
vehículo. Los Modelo Ts penetraron el interior de Australia, vencieron el barro del oeste americano y sobrevivió a los desiertos de África y el Medio Oriente. Pero esa es otra historia.

Uno sigue volviendo a la mecedora en el pequeño recinto donde el Modelo T fue diseñado y el prototipo montado; que puede haber sido la clave para la integración de talentos e ideas que tuvieron lugar. La gestión moderna no sabría qué hacer con una mecedora. El solo hecho de sentarse allí y haciendo muy poco, sería mal visto. Por otra parte, el Sr. Ford podría haber hecho la cosa más importante que podemos hacer jamás en la vida, que es escuchar atentamente a los demás y de vez en cuando tirar una pequeña idea - no una orden, no un memo, no un correo electrónico, sino, a lo sumo, una palabra tranquila. Si esto se puede acoplar con una determinación inflexible de hacer lo que, en sus huesos, sabes que es correcto, entonces grandes cosas se pueden lograr.

APENDICE

Producción del Modelo T

La cantidad total de vehículos producidos desde su introducción en 1908 se representan en el gráfico 1. El acumulado alcanza al final una cifra cercana a los 15 millones de unidades. La curva sugiere que al principio el crecimiento fue lento y que al final fue muy superior, pero esto puede ser engañoso.



El gráfico 2 muestra el incremento anual de la producción comparado con el año anterior. Es evidente que hay un enorme crecimiento en los primeros años que finalizan durante y al finalizar la Primera Guerra Mundial 1914-1918, y luego se recuperó con fuerza en las primeras años de la década de 1920. In 1924, la producción fue inferior a los años anteriores y la tendencia siguió. Es generalmente aceptado que la principal razón de esta reducción fue a los cambios introducidos al diseño para hacerlo más competitivo. El Sr. Ford se resistió a la idea de cambiar el modelo hasta que esto se convirtió en algo inevitable.

