



D G
A

ACADEMIA DE ARTILLERÍA.

CURSO

DE

MECÁNICA APLICADA Á LA ARTILLERÍA.

CARRUAJES

POR

DON JULIO MOLTÓ É IZQUIERDO

COMANDANTE DE EJÉRCITO, CAPITAN DE ARTILLERÍA

Y PROFESOR DE LA ACADEMIA.

Las presentes lecciones teniendo por objeto resumir las expresadas en lo perteneciente á los carruajes que se estudian en la Mecánica Aplicada á la Artillería, solo versarán sobre la teoría de los carruajes en sus dos partes del movimiento y del traxado, sin tocar á la construcción, que corresponde á la clase de Industria Militar.

Aun así, este trabajo debe cesar á proporción correspondientes al tiempo que se dedica por los alumnos. El

IMPRESA DE D. PEDRO ONDERO, CALLE REAL, NÚMS. 40 Y 42,
—
1876.

T.129596

PRÓLOGO.

LA circunstancia de haberse agotado la edición de la obra *Elementos de Artillería del Coronel D. Manuel Fernandez de los Senderos* y las de *Theorie des Afuts et des voitures d'Artillerie* por Migout y Bergery, que sucesivamente han servido de texto para la sección de Carruajes del curso de Mecánica Aplicada á la Artillería; así como la de no comprender esta parte las nociones de Artillería del Brigadier Barrios, adoptada interinamente para suplir al primero de los autores citados, han sido las causas que me han movido á ordenar los apuntes que para mis esplicaciones de clase formé durante el año que regenté la espresada asignatura, por si pudieran ser de alguna utilidad á nuestros alumnos.

Las presentes lecciones teniendo por objeto reemplazar á los expresados autores en lo perteneciente á los carruajes que se estudian en la Mecánica Aplicada á la Artillería, solo versarán sobre la teoría de los carruajes en sus dos partes del movimiento y del trazado, sin tocar á la construccion, que corresponde á la clase de Industria Militar.

Aun así, este trabajo debe ceñirse á proporciones correspondientes al tiempo de su estudio por los alumnos. El curso del 3.^{er} año para el cual escribo, abraza muchas materias, de la mayor importancia para el cuerpo: por esta razon los dignos profesores de dicha clase, se ven siempre

en la precision de extraer y suprimir en cuanto les es dable el desarrollo de cálculos, que con especialidad en la teoría de los carruajes, tiene estension grande en los autores referidos. Tal fué la norma que á mi vez seguí, tendiendo á servirme de fórmulas de deduccion fácil y de suficiente aproximacion, como las de Welter que son las que uso en este cuaderno; las mismas que se emplearon en la Escuela de Aplicacion de Artillería é Ingenieros de Metz.

Nada de nuevo encierran estas lecciones, menos aun se distinguirán por la galanura de diction. La premura de tiempo para redactarlas y la cortedad de mi ciencia en el cúmulo de conocimientos que reúne el alto saber del cuerpo, prueban mi notorio atrevimiento al emprender y presentar este humilde trabajo; pero seguro es que alcanzará indulgencia de sus censores en gracia al móvil digno que me impulsara, el de facilitar á la juventud ávida de saber y de alcanzar la honra de pertenecer al cuerpo, medios para obtener propósitos tan nobles. Permitaseme concluir con el dicho de Plinio el jóven, respecto á sus lectores (epístola 4.^a) ¡Ojalá que no sientan haya emprendido este trabajo, ni tenga yo por que arrepentirme de haberlo ejecutado!

de inclinacion y se nota enseguida la importancia del ángulo de proyeccion, se modifica, colocándolos en un marco con dos montañas y apoyado sobre un travesaño móvil. Estos montajes no podían trasportarse

INTRODUCCION.

Al principio del siglo xv se inventaron los montajes para artillería móvil.

El servicio de las bocas de fuego constituye una atribucion del cuerpo de Artillería y por consiguiente, es conveniente que estudiemos y aun tengamos á nuestro cargo el material necesario para servir las, el cual comprende todos los objetos que concurren mas ó menos directamente á facilitar el uso de ellas y á asegurar sus efectos destructores.

Para emplear una pieza es necesario disponerla sobre un aparato llamado montaje, cuya forma varia segun la naturaleza del servicio.

Los montajes no solo precisan la resistencia necesaria para sufrir los efectos de los disparos, sino que tienen que llenar otras condiciones especiales á cada clase de piezas. Entre ellas hay que considerar las relativas al transporte; que son mas esenciales en las piezas destinadas para sitio y campaña, particularmente en estas últimas, por deber seguir los movimientos de las otras armas y maniobrar al frente del enemigo con celeridad y precision.

En su origen, los montajes eran muy imperfectos; se componian de trozos de árboles ó fuertes piezas de madera, en las que se encastraban y mantenian los cañones de diversas maneras por medio de cuerdas ó herrajes. Pero como de esta suerte, no se podia variar

de inclinacion y se notó enseguida la importancia del ángulo de proyeccion, se modificó, colocándolos en un marco con dos montantes y apoyado sobre un travesaño movible. Estos montajes no podian trasportarse y para efectuarlo se llevaba la pieza en carruajes adecuados. Algo despues se les pusieron unas rodajas para darles movilidad.

Al principio del siglo xv se inventaron los muñones y se sustituyeron los marcos por un sistema menos pesado y dotado de dos ruedas con lo que participaba de las condiciones de los carruajes. Pero todavía en la expedicion á Italia de Cárlos VIII de Francia (1494) la artillería gruesa, no siendo trasportable en sus montajes, los fué en carruajes apropósito, mientras los cañones de muy pequeño calibre se condujeron sobre sus montajes de dos ruedas: si bien la generalidad de las piezas se trasformaron en carruajes de cuatro ruedas, adicionándolas un avantren con varas, el que se quitaba para hacer fuego.

En la primera mitad del siglo xvi se mejoró la traccion, repartiendo el peso sobre los dos trenes, haciendo descansar los muñones en nuevas muñoneras llamadas de camino, sujetando la pieza con herrajes convenientes, y en las guerras de Luis XIV las maniobras sobre el campo de batalla se facilitaron reuniendo la cureña al avantren por medio de la prolonga.

En la segunda mitad del siglo xviii, Gribeauval empleó en los carruajes de Artillería los ejes de hierro en vez de los de madera, aumentando el carril y el rádio de la rueda delantera y aunque conservó en todas las piezas las dobles muñoneras de combate y de camino marcó una distincion bien completa entre la

Artillería de sitio y de campaña, dejando á la primera las varas y estableciendo para la segunda la lanza haciéndola independiente del ganado, cuyo sistema fué completamente adoptado en España.

En el presente siglo para nuestra Artillería de sitio se adoptó tambien la lanza en igual disposicion que la ya dicha de Gribeauval, mientras que en la de campaña, para poder pasar fácilmente de la posicion de camino á la de combate, se suprimieron las muñone-
ras de camino y se hizo la lanza dependiente del ganado, introduciendo además otras modificaciones (entre las que citaremos la igualdad de ruedas para los carruajes de una misma clase) todas ellas con el objeto de conseguir el mejor servicio, segun las circunstancias. (1)

Además de las piezas y de sus montajes, hay que contar con los aprovisionamientos de pólvora, proyectiles, etc., ó sea con lo que se llama municiones, así

(1) No debe llamar la atencion lo imperfecto de nuestros primeros carruajes ni lo moderno de sus adelantos, pues es condicion comun á toda clase de carruajes. Conocidos 1.500 años antes de nuestra era, su grosera construccion no les permitió luchar en mucho tiempo con las bestias de carga, ni aun en el imperio romano (apesar de sus hermosas vias) por la poca carga que podian llevar; pues los edictos de Constantino fijan en 200 libras romanas (65 kilógrs.) ó una persona, la correspondiente á una carreta de dos ruedas y la de 100 (325 kilógrs.) ó tres personas, la de un carro de cuatro ruedas; y eso que ivan conducidas las carretas por tres mulas y los carros por ocho en verano y diez en invierno: lo que no es de extrañar, pues solo darán una idea de aquellos carruajes (aunque muy elevada) las carretas de algunas de nuestras provincias, cuyas ruedas son un platillo de madera cortado circularmente. La adopcion de bujes y la mejora de las ruedas poniendo rayos, pinas y llantas sujetas por clavos de gruesas cabezas y aumentando su rádio permitió construir ya carros capaces de trasportar los pesados materiales usados por Miguel Angel en sus obras de Roma. Los ejes de hierro adoptados hace unos 130 años y generalizados al fin del siglo pasado al mismo tiempo que se suprimian las cabezas de los gruesos clavos de las llantas, y por último, la admision de los aros para las ruedas, han traido los carruajes al estado actual, el que todavia es susceptible de ser mejorado considerablemente.

como con otros efectos de diferentes especies necesarios todos para el servicio. En la defensa de plazas se confeccionan parte de las municiones porque los efectos de la Artillería han de ser muy variables y existen almacenes abrigados donde con todo cuidado se ejecutan los detalles, pero en el campo no es posible hacerlo por los cambios frecuentes de posición. Son pues, indispensables carruajes apropósito para transportar las municiones y efectos, tanto para campaña como para sitio.

En su consecuencia, para campaña, se necesitan además de las piezas montadas en sus cureñas con sus arzones para los disparos mas perentorios, los carros de seccion para los repuestos del material, atalajes etc., y las fraguas para los obreros y herramientas. Con estos carruajes se tienen los aprovisionamientos y repuestos, pues se pueden renovar con la ayuda de los parques de campaña que á su vez lo hacen en las plazas de depósito.

Para estos parques, además de los carros de municiones, fraguas y cureñas de respeto, son convenientes los carros de batería (1) y de parque; pero no existiendo los últimos entre nosotros, se reemplazan con los carros catalanes y galeras ó con carruajes del comercio adquiridos por requisita ó contrata.

Además de las piezas montadas en sus cureñas con sus avantrenes y de los otros carruajes de las clases dichas para campaña, son precisos para sitio, carros fuertes en que conducir los morteros y proyectiles de

(1) Los carros de seccion Md. 1839, están contruidos á semejanza del de batería modelo francés de 1833; llevan bolsa de cuerda y forrajera á la zaga.

grueso calibre; carros de trinchera para la traccion por estas; trenantes para llevar las piezas arrastrando y trinquivales para conducir las colgando (1).

Los trinquivales y trenantes, así como la zorra, rodillos etc. se usan tambien en las costas, plazas, parques y maestranzas (2).

Los carruajes de sitio y campaña son de cuatro ruedas y lanza escepto el carro catalan y el de trinchera (3) que son de dos y varás, pues que así lo exigen para este último los recodos de las trincheras. (4)

Los expresados carruajes de cuatro ruedas, están formados de la union de dos, teniendo cada uno dos ruedas. El anterior trasmite el esfuerzo del motor al cuerpo principal, dirige este y lleva una parte de la carga, es pues á la vez receptor, timon y carruaje; estas diversas condiciones que ha de llenar, hacen se dé la preferencia á las que marquen las exigencias del

(1) Aunque ordinariamente solo se usan los trenantes y trinquivales cuando la distancia es corta se emplean tambien algunas veces aunque sean largas. En efecto, de Trubia á Gijon las piezas de grueso calibre generalmente se llevan en trinquivales; casi toda la Artilleria existente en la Seo de Urgel y en Cardona fué conducida con trenantes.

(2) Además de los trinquivales de mulas que pueden ser de hierro ó de madera, modelos antiguos 1859 y 62, los hay tambien de mano Md. 1780 y 1859; así como trenantes, zórras de mulas y de mano.

(3) Las secciones del cuerpo usan de los primeros Md. 1848: de los segundos Md. 1863 existe un modelo en la clase de dibujo de la Academia.

(4) La descripcion que el Reglamento para la instruccion especial de los Regimientos de Artilleria, hace de algunos de estos carruajes y las láminas del material publicadas por el memorial del cuerpo, pueden servir para la inteligencia de dichos carruajes, así como los modelos existentes en la clase de Dibujo, de algunos del material de sitio (Md. 1846) y de otros de los de batalla (Md. 1863).

Además para ver las diferentes clases de carruajes que hay en el material del cuerpo, sus diferentes modelos y las variaciones que existen entre ellos pueden consultarse la circular de 8 de Julio de 1867 y los apuntes que marca la nota siguiente.

servicio para que se destine. Así, como el sistema tiene cuatro puntos de apoyo, es preciso que no haya gran dependencia entre los dos juegos ó trenes á fin de que puedan las cuatro ruedas seguir los accidentes del terreno; por esta razon debe ser distinta la manera de unir ambos trenes, segun que el carruaje sirva para campaña ó para sitio, por la diferente clase de terrenos por donde generalmente han de operar. En los de campaña el sistema debe ser flexible pues su fin principal es maniobrar al trote y á veces á galope en un campo de batalla, esto es, en terrenos muy quebrados y por ello el tren posterior descansa sencillamente en el armon sin fijar la lanza de este, que tiene que apoyarse en la pareja del ganado del tronco. En los otros, como marchan á paso lento y generalmente por carreteras sin que jamás tengan que maniobrar, puede ya hacerse que la parte anterior del avantren quede sostenida por el mismo medio con que se unen ambos trenes. Para diferenciarlos se llaman á los primeros de lanza suspendida y á los segundos carruajes de contra-apoyo.

Los carruajes de dos ruedas ó de un eje, equivalen á tener solamente dos puntos de apoyo y el motor será el tercero, para lo cual se le coloca entre dos varas: por lo demás, bajo el punto de vista de la traccion, se le puede considerar como un caso particular del de cuatro ruedas de lanza suspendida, en que el segundo tren se ha anulado.

Como el Cuerpo de Artillería, además de emplear y conservar el inmenso material del arma, está encargado de su construccion; sus oficiales necesitan conocer no solo la nomenclatura, objeto y modo de con-

servarlo (1) sino tambien la manera de construirlo y la teoría en que está fundada.

Tratándose de estudiar la teoría de los carruajes, debemos tener presente que han de reunir ciertas condiciones para que al mismo tiempo que verifiquen fácilmente la tracción, sean apropiados para el servicio á que se les destina; y así dividiremos dicho estudio en dos partes. 1.^a—*Teoría del movimiento.* 2.^a—*Principios del trazado*, de las cuales vamos á ocuparnos por el orden en que las hemos espresado.

(1) Véase (memorial de 1869) la memoria titulada •Apuntes para un resumen de la legislación sobre servicios del material de Artillería en las plazas de guerra. • Comprenden 1.^o—Nomenclatura, dimensiones, peso y valbración. 2.^o—Almacenaje. 3.^o—Reconocimiento, recomposicion y entregas. 4.^o—Conservacion. 5.^o—Dotaciones y consumos. 6.^o—Contabilidad y documentacion. 7.^o—Trasportes.

CAPITULO I.

TEORÍA DEL VIRO.

Consideraciones generales.—Damos generalmente el nombre de carruajes, en el material de Artillería, á los aparatos destinados al transporte de sus piezas y efectos. Esta úña tiene que llenar condiciones especiales impuestas por la naturaleza del servicio á que está destinado; pero todos ellos deben además satisfacer á la función común de la locomoción verificándola con el menor trabajo posible.

La teoría del movimiento de los carruajes está reducida á determinar las combinaciones que existen entre los diversos elementos que componen la máquina.

servicio (1) sino también la manera de construirlo y la teoría en que está fundada.

Tratándose de estudiar la teoría de los curvados, debemos tener presente que han de venir ciertas condiciones para que al mismo tiempo que verifiquen las mismas la fracción sean apropiado para el estudio en que se les destinan, y así dividiremos dicho estudio en dos partes. 1.ª Teoría del movimiento. 2.ª Teoría de los curvados, de las cuales vamos á ocuparnos por el orden en que las hemos expresado.

Teoría del movimiento. En esta teoría se estudia el movimiento de los cuerpos en las diversas direcciones del espacio, y se determinan las leyes que rigen su movimiento.

Para diferenciarlos se llama á los primeros movimientos aquellos en que el punto móvil se mueve en línea recta, y á los segundos aquellos en que se mueve en curva.

Los movimientos rectos se dividen en uniformes y variados, y los curvos en circulares y no circulares. En los movimientos rectos uniformes la velocidad es constante, y en los variados cambia de valor.

En los movimientos circulares, que son una especie de movimiento curvo, se distinguen dos casos: el de los movimientos circulares uniformes, en que la velocidad es constante, y el de los movimientos circulares no uniformes, en que cambia de valor.

TEORÍA DE LOS CARRUAJES.

PRIMERA PARTE.

MOVIMIENTO DE LOS CARRUAJES.

CAPÍTULO 1.º

TEORÍA DEL TIRO.

Consideraciones generales.—Damos generalmente el nombre de carruajes, en el material de Artillería, á los aparatos dedicados al transporte de sus piezas y efectos. Cada uno tiene que llenar condiciones especiales impuestas por la naturaleza del servicio á que esté destinado; pero todos ellos deben además satisfacer á la función común de la locomoción verificándola con el menor trabajo posible.

La teoría del movimiento de los carruajes estará reducida á determinar las combinaciones mejores entre los diversos elementos que tengan influencia en su arrastre.

Es pues, una cuestion de mecánica aplicada, y como tal, sujeta á las reglas de la racional; pero modificado su análisis por los resultados de la práctica, que atendiendo á lo complejo de la cuestion, han de presentar cierta vaguedad por numerosas que sean las esperiencias.

Esta consideracion nos hace ver que no podemos esperar mas que un cierto grado de aproximacion en la teoría del tiro, si bien es el suficiente para llenar su objeto.

Cualquiera carruaje que consideremos, está reducido á un sistema de *ruedas* que giran alrededor de sus *ejes*, sobre los que se apoya un *cuerpo de carruaje* que sostiene el peso que ha de trasladarse actuando sobre una *lanza ó varas*. De este modo el peso se destruye en todo ó en parte contra el terreno, reduciéndose la resistencia al movimiento, á los rozamientos y obstáculos que presente el camino.

Constituye pues, una máquina completa del primer grupo, ó sea de las destinadas á vencer resistencias mas ó menos considerables, pues se distinguen las tres partes constitutivas de ellas. 1.º La lanza ó varas destinadas á recibir el trabajo motor. 2.º Las ruedas ó parte operadora y 3.º El cuerpo de carruaje que ha de unir una á otra las dos primeras. Dicha máquina en su conjunto es un sólido natural que sin error sensible supondremos invariable bajo las fuerzas ordinariamente aplicadas y que por la forma que afectan los carruajes tiene un plano de simetría en el que actúan las resultantes de todas las fuerzas, paralelamente al cual se verifica de ordinario el movimiento y al que generalmente nos referiremos.

Modo de verificarse el movimiento.—El sistema de ruedas del carruaje, que consideremos, será atravesado por las mangas de los ejes; estas de forma tronco-cónica entran en otro tronco de cono que constituye el *buje del cubo* de la rueda y con holgura para atenuar los choques y asegurar la conservacion de la rueda y del sistema. Admitamos por ahora que el carruaje, sosteniendo un peso que dé una presión P del eje sobre el buje, descansa sobre un terreno cualquiera y que el esfuerzo de tracción en sentido del terreno sea Q , aplicado á un punto A (figura 1.^a) invariablemente unido al eje. Dicho esfuerzo puede ser reemplazado por otra fuerza Q que pase por el centro del espesado eje y que será la que produzca el movimiento y por un par $(Q_1 - Q_2) \times AC$, que no tiene efecto sobre la tracción y solo levantará ó cargará al motor.

Antes de iniciarse el movimiento por la acción de la presión P , la manga descansará en el buje y la llanta ó aro en el suelo, por sus respectivas generatrices inferiores. En el primer instante de accionar la fuerza Q , se elevará algo el eje, levantándose la manga sobre planos sucesivamente inclinados, formados por los elementos consecutivos del buje y cuya ascension continuará hasta un punto que dependerá de la intensidad del rozamiento y desde cuyo momento se moverá todo el sistema en traslación. Pero entonces en virtud de la presión que actúa sobre la rueda y por las condiciones del terreno se desarrollará un rozamiento en el punto de contacto de la llanta en sentido contrario al movimiento, que tenderá á dar á la rueda otro de rotación en sentido de la flecha, pues dicha fuerza trasladada al eje dará lugar á el par

(R₁—R) × B C.

Se verificará el movimiento de rotación siempre que el momento del referido rozamiento de la llanta con el suelo, cuyo brazo de palanca es el radio de la rueda; sea mayor que el de la manga con el buje que á su vez tiene por brazo de palanca el radio medio de la pared cónica del buje. Así, si el rozamiento de la rueda fuese tan insignificante como sobre hielo, la rueda resbalará sin voltear, pero sino, adquirirá las dos velocidades, la de traslación común á todo el sistema y la de rotación peculiar suya.

El movimiento de rotación de la rueda, obligará á bajar á la generatriz de contacto de la manga y buje, (la que se habría elevado mas de lo que sería preciso para la uniformidad del movimiento) acelerándose este; pero volviéndose á repetir las consideraciones expresadas tornará á subir retardándose y siendo las resistencias continuamente variables no se verificará la rotación constantemente sobre una misma generatriz; pero si será periódicamente uniforme; por lo tanto, la ecuación general de las máquinas, (aplicándola á los carruajes) ó

$$\frac{1}{2} (\Sigma m v^2 - \Sigma m v_0^2) = T_m - \{ T_u + T_f \pm P (h - h_0) \}$$

como la variación de fuerza viva durante un período regular ha de ser nula, se transformará en

$$T_m - \{ T_u + T_f \pm P (h - h_0) \} = 0.$$

Si el centro de gravedad, cual sucede general-

mente, solo cambia de posición en sentido vertical una cantidad muy pequeña; podremos admitir que $P(h-h_0)=0$, excepto cuando el carruaje marche por un terreno en que haya obstáculos fijos, cuyas alturas sean de alguna consideración, lo que no suele suceder en la práctica. La resistencia del movimiento quedará entonces reducida á los rozamientos y obstáculos del camino y la ecuación se convertirá en $T_m - T_r = 0$.

En ella nos será necesario conocer el valor de T_m que dependerá del esfuerzo de tracción Q y del camino recorrido y el de T_r de las resistencias pasivas, las que tendremos que determinar.

Resistencia al movimiento del carruaje.—En efecto, hemos visto que el esfuerzo de tracción preciso para poner el carruaje en movimiento tiene que vencer dos clases de resistencias:

- 1.^a El rozamiento de la manga en el buje de la rueda.
- 2.^a La resistencia á rodar sobre el suelo.

La primera es debida al resbalamiento de la manga en el buje, y la segunda á la compresibilidad ó desigualdad del terreno ó á que presente obstáculos que la rueda haya de salvar.

Conocidas las causas de dichas resistencias podemos ya encontrar sus valores. Cualquiera que sea el carruaje, bastará para esto con estudiarle en una sola rueda atendiendo á que el peso se reparte sobre cada una de ellas, que son los puntos de apoyo, en proporciones determinadas.

Rozamiento de la manga en el buje.—1.^a Admitamos que las fuerzas que solicitan al eje trabajan en el plano del círculo de la rueda, lo cual podemos

considerar como cierto, por ser muy pequeño el ángulo formado por el eje y la generatriz del cono de la manga. Sea OA (fig. 2.^a) el radio medio de esta y supongamos que la presión P que soporte esté aplicada al punto A de la generatriz de contacto; así como también Q el esfuerzo de tracción horizontal y hagamos abstracción de los pares que resultarán del transporte de las fuerzas porque no tienen influencia sobre el movimiento que estudiamos.

Las fuerzas P y Q descompuestas en sus componentes tangenciales y normales dan lugar:

1.° A la fuerza normal $S = P_2 + Q_2$ que dará un rozamiento fS .

2.° A dos tangenciales P_1 y Q_1 que obran en sentido contrario.

La fuerza Q_1 produce el movimiento del eje en el buje y se opone la fS obrando en el mismo sentido de P_1 . Para que el movimiento sea periódicamente uniforme será preciso que en cada período se verifique

$$Q_1 = P_1 + fS \quad \text{ó sea} \quad Q_1 - P_1 = fS.$$

La fuerza $Q_1 - P_1$ que equilibra á fS obrará de abajo á arriba en el sentido de AQ_1 y como ella y la S son las componentes de la resultante $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$ de las fuerzas efectivas aplicadas al sistema, dicha resultante debe poder descomponerse en dos fuerzas dirigidas la una según AS y la otra según AQ_1 , lo que indica que tendrá una posición, semejante á la de la línea AR que forme con la normal un ángulo β tanto más pequeño cuanto más débil sea el rozamiento. Así pues las componentes de R serán:

$$S = \cos. \beta \sqrt{P^2 + Q^2}$$

y $fS = Q_1 - P_1 = \text{sen. } \beta \sqrt{P^2 + Q^2}$

de donde sale $f = \text{tg. } \beta$; pero como

$$\text{sen. } \beta = \frac{\text{tg. } \beta}{\sqrt{1 + \text{tg.}^2 \beta}} = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}}$$

que representaremos por f' será

$$fS = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}} \sqrt{P^2 + Q^2} = f' \sqrt{P^2 + Q^2} \dots (a) \dots \{ \text{Tabla n.}^\circ 1 \}$$

que representa la espresion de la fuerza tangencial de rozamiento de la manga en el buje que queremos determinar.

Rozamiento de la llanta sobre el suelo.—La variacion continúa que un mismo terreno presentará, ha de indeterminar mucho la resistencia del rozamiento de la llanta contra el suelo. Si este es comprimible se formará bajo la rueda un surco mas ó menos profundo y la separacion del terreno por delante y los lados de la rueda ocasionará pérdidas de trabajo; si fuese compacto la adherencia y rozamiento laterales aumentarán la resistencia; y en el caso de ser duro y desigual habrá choques contra los obstáculos que presente.

Por esta causa, ha sido preciso recurrir á verificar experiencias para encontrar una fórmula empírica de dicha resistencia.

El General Morin en 1839 y 41 las ejecutó con carruajes de todas clases y en diferentes terrenos. De ellas se deducen.

1.º Que la resistencia al movimiento es propor-

cional á la presión total $P+p$ de la rueda sobre el suelo (p es el peso de la rueda.)

2.° Que es inversamente proporcional al radio R de la rueda.

3.° Que hay que dotar á la expresión que resulta de un coeficiente A que varia—(a)—Con la naturaleza del suelo—(b)—Con el ancho de las llantas—(c)—Con la velocidad del carruaje, y —(d)—Con el sistema de suspensión.

Podemos, pues, representar dicha resistencia por la fórmula.

$$A \frac{P+p}{R} \dots\dots\dots (b)$$

Si comparamos esta expresión con los resultados de las experiencias del general Morin, veremos que es preciso dar á R un exponente fraccionario que para los caminos ordinarios estará comprendido entre $\frac{3}{4}$ y $\frac{4}{5}$; pero sin embargo, conservaremos la forma dicha, variando convenientemente el valor de A .

Determinada la fórmula (b) por experiencias directas, vamos en primer lugar á hacer ver que las consideraciones teóricas están acordes con la influencia de las cantidades que entran en ella y despues á encontrar que variaciones sufrirá al valor de A por las cantidades de que depende.

Influencia de $P+p$ y del tamaño de la rueda.—

1.° En efecto, de la (b) deduciremos que la resistencia á rodar crece con la presión y disminuye segun aumente el radio de la rueda. Este resultado está conforme con lo que debe verificarse en los dos terrenos

mas opuestos de los citados ya, es decir, el comprensible y el duro y desigual.

Si el suelo fuese comprensible, en él sucederá que para un mismo terreno la profundidad crece con $P+p$ y que bajo un mismo peso, será mas ó menos penetrado, segun la resistencia que presente el suelo. Esto nos marca la influencia del radio R de la rueda, pues siendo dicha resistencia efecto de la estension de la proyeccion AB (fig. 3.^a) de la parte que se introduce la rueda sobre un plano perpendicular á la direccion del hundimiento; para la misma cuerda AB , la rueda mas grande se hundirá menos que la pequeña, por consiguiente, si el suelo es homogéneo, esta última abrirá un surco mas profundo, ocasionando mas pérdidas de trabajo y si no es homogéneo y cesase la compresibilidad, el esfuerzo necesario para sacarla de la rodada, será mas considerable que para la grande.

En el caso de ser el terreno duro y desigual, la rueda encontrará obstáculos fijos que tendria que salvar y sea h (fig. 4.^a) la altura de uno de los obstáculos. Para demostrar la influencia del radio R , (pues la de $P+p$ es evidente) no tenemos mas que determinar el esfuerzo necesario para que la rueda monte el obstáculo. La rueda y la carga han de girar alrededor del punto D , luego las fuerzas Q y $P+p$ se encuentran como si trabajasen en las estremidades de la palanca recodada ADB en que D es el punto fijo, pues si bien no actúan en el centro, lo admitiremos así por ser pequeña la diferencia y la ecuacion de equilibrio será:

$$Q \times BD = (P+p) \times AD$$

pero $BD=R-h$ y $AD=\sqrt{R^2-(R-h)^2}=\sqrt{h(2R-h)}$

de donde $Q=(P+p)\frac{\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}$

Como la altura h es muy pequeña con relacion al rádio de la rueda, podemos despreciarla y quedará

$$Q=(P+p)\sqrt{\frac{2Rh}{R^2}}=(P+p)\sqrt{\frac{2h}{R}}$$

por consiguiente el esfuerzo será tanto mas pequeño cuanto el rádio sea mas grande.

Dicho resultado no solo está acorde con la fórmula (b) sino que al mismo tiempo nos hace ver como puede variar la resistencia, no en razon inversa del rádio, sino mas bien en la inversa de un poder fraccionario de este; cual lo han indicado las esperiencias del General Morin.

Si representamos el peso total $(P+p)$ por \underline{P} , la relacion entre \underline{P} y Q la llamamos potencia de la rueda y será

$$\frac{\underline{P}}{Q}=\frac{\sqrt{R}}{\sqrt{2h}}\dots\dots\dots (1)$$

Demostrada ya así en los dos terrenos mas opuestos, la influencia de $P+p$ y de R , es evidente que sucederá lo mismo en un terreno de clase media.

Influencia del ancho de la llanta y velocidad del carruaje.—2.º Además del influjo que hemos

(1) Aunque dicha ecuacion manifiesta que la rueda mayor exige menos potencia, debemos tener presente que solo se refiere al estado de equilibrio porque el trabajo del motor siempre será el $\underline{P}h$ y lo que verdaderamente indica es que se hará este trabajo con la rueda mas grande en menos tiempo y fatigando menos al motor.

visto, ejerce la naturaleza del suelo en la resistencia del movimiento del carruaje, tendremos que considerar la anchura de las llantas y velocidad de la marcha.

La llanta mas ancha aumenta la superficie de contacto y penetrará menos entre las partes salientes de un suelo escabroso, favoreciendo al motor. Esta ventaja no se marca cuando el terreno es duro y solo si es compresible la resistencia al movimiento disminuye en proporcion á su ancho hasta ciertos límites, que son 0^m,20 á 0^m,22 en la arena y 0^m,28 en terrenos blandos pues mas allá no tienen tampoco influencia. Tomándola en consideracion el General Morin, halló, que si para cierto terreno el valor de A era α correspondiente á la mayor anchura l' de las llantas, representando por l la del carruaje que consideremos, el coeficiente general será $\alpha + \gamma(l' - l)$ espresando por γ otro coeficiente que aumentará con la compresibilidad del terreno.

La velocidad V del carruaje influye tambien sobre la resistencia, si bien no se hace sensible sino en velocidades superiores á 1^m y segun Morin se tomará en cuenta añadiendo al anterior valor de A el término $\delta(V - 1)$ que es insignificante en un carruaje cuyo cuerpo estuviese suspendido sobre muelles, pero ya de alguna consideracion en los de artillería que no lo están.

Espresion general de la resistencia al movimiento sobre el suelo.—De lo dicho nos resulta, que la fórmula general de la resistencia al movimiento sobre el suelo es

$$A \left(\frac{P+p}{R} \right) = \left\{ \alpha + \gamma(l' - l) + \delta(V - 1) \right\} \frac{P+p}{R}$$

En los carruajes de artillería que presentan todos el mismo ancho de llanta y que no son suspendidos, admitiremos para la resistencia.

$$A \left(\frac{P+p}{R} \right) \dots \dots \dots (b)$$

teniendo A un valor medio, constante, determinado según la naturaleza del terreno (Tablas números 2, 3 y 4.)

Esfuerzo de tracción que sostiene el movimiento en un carruaje de 4 ruedas en el caso que el terreno y los tirantes estén inclinados.—

Conocidas las expresiones de las resistencias al movimiento de los carruajes; podemos pasar á encontrar el esfuerzo de la tracción para que ejecuten su marcha, suponiendo ya establecido el movimiento periódicamente uniforme.

Para ello, consideremos el carruaje mas general de los que se usan en Artillería, ó sea el de dos juegos ó trenes de dos ruedas.

La union entre los trenes es de dos maneras muy distintas por los diferentes servicios á que se destinan y los distinguimos con los nombres de carruajes de *contra-apoyo* y de *lanza suspendida*.

En los carruajes de *contra-apoyo*, que se usan para el material de sitio, el tren de atras descansa por su parte anterior en un apoyo A (figura 5.^a), (llamado *solera ó rodete*), que lleva el avantren ó tren delantero, estando además enganchado por un *morterete ó luneta de enganche* (1) que entra en un *perno pinzote* B colo-

(1) Para facilitar la construcción, se hace casi horizontal, la normal á la superficie interior del argollon ó luneta según la cual se verifica la tracción del segundo tren.

cado en el evantren y que hace de *contra-apoyo*. A B forma con B C una *tijera* y así se llama *ángulo de tijera* al ABC, el cual limita el juego de la lanza, pues cuando esta baje se abrirá dicho ángulo y se cerrará cuando suba; el carruaje debe estar construido de tal modo que permitiendo suficiente juego al ángulo de tijera (para salvar los obstáculos del camino) no obligue al ganado á sostener la lanza; ni la pieza de *contra-apoyo* haga que gire alrededor del eje; es decir que la lanza tenga la necesaria estabilidad y suficiente flexibilidad.

El carruaje de lanza suspendida usado por nuestra Artillería de campaña, (1) (por ser en él mas fácil quitar y poner el tren posterior) no tiene *contra-apoyo* y el ganado sostiene la lanza por medio de una vara llamada *violin*; se engancha solamente el *argollon de contera del tren* posterior (2) en el *gancho pinzote* del *armon* ó tren anterior (fig. 6.^a). En este carruaje es necesario que el ganado no sostenga un peso excesivo en la lanza y que el enganche de los dos trenes facilite las maniobras.

(1) También emplean los carruajes de lanza suspendida para la Artillería de campaña, la Francesa y la Belga. La artillería de Prusia, Rusia, Austria é Italia usan para campaña los carruajes de *contra-apoyo* siendo diferente la manera que tienen de unir los trenes, pero tendiendo en todas á dar flexibilidad al sistema. La artillería inglesa de campaña, lleva carruajes de cuatro ruedas pero con varas teniendo una de ellas en prolongacion del eje del carruaje en forma de lanza y la otra al costado derecho. Para cuantos detalles se puedan necesitar sobre la artillería de campaña de Austria, Bélgica, Francia Italia y Prusia, consúltese la «Memoria sobre el estado de la artillería de campaña en las principales potencias de Europa» redactada bajo la direccion del difunto General Elorza, por los capitanes D. Enrique Buelta y D. Eduardo Verdes Montenegro (Memorial 1866.)

(2) Para facilitar la construccion se hace casi horizontal, la normal á la superficie interior del argollon ó luneta segun la cual se verifica la traccion de segundo tren.

La diferente manera de unir los trenes, en lo que mas principalmente influye, es en la distribucion de las presiones, que han de sufrir las distintas partes de los carruajes.

Respecto al esfuerzo de traccion que el ganado de tronco ha de ejercer para sostener el movimiento, llegaremos á obtener una fórmula suficientemente aproximada para las aplicaciones, operando del siguiente modo.

Supongamos el carruaje reducido á su plano de simetría y por consiguiente á dos trenes con una sola rueda. Esta hipótesis es admisible por que las resistencias no varian con el número de puntos de apoyo, pero si son proporcionales al peso del carruaje y carga aumentado con el de las ruedas. Encontremos en cada uno de los trenes la traccion precisa para la uniformidad de su marcha, observando que el tren de adelante tira del de atrás en direccion, paralela al suelo é independiente de la inclinacion del tiro (1). Entre las dos ecuaciones que obtengamos, eliminemos el esfuerzo motor intermedio y resultará la relacion que buscamos entre la potencia motora, los elementos del carruaje y la resistencia que haya que vencer.

Sea (figura 7.^a) Q el esfuerzo de traccion y α el ángulo de su direccion, R el rádio de las ruedas delanteras, r el del buje, f el coeficiente de roce del eje en el buje,

$$f' = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} \gg P' \text{ la presión sobre el eje delantero,}$$

p peso de la rueda y T la fuerza motora paralela al terreno ejercida por el primer tren sobre el segundo

(1) Segun lo manifestado en la nota anterior.

R'', p'', f_1, f'', P' y p''

las cantidades análogas para este último tren, φ la inclinación del terreno P el peso total del carruaje y carga y p el de las ruedas, de tal suerte que

$$P + p = (P' + p') + (P'' + p'').$$

Para determinar la potencia motriz correspondiente al tren delantero, consideremos ya establecido el movimiento periódicamente uniforme y por consiguiente $T_m - T_f = 0$ durante una vuelta de rueda y hallemos las componentes paralelas y normales al terreno que han de entrar en dichos trabajos.

Las paralelas son..... $Q \cos. \alpha - T - (P' + p') \text{sen. } \varphi = M$

Y las normales..... $(P' + p') \cos. \varphi - Q \text{sen. } \alpha = N$

cuyos valores habrá que sustituir en las dos expresiones de las resistencias que hemos expresado. Por lo que hace al rozamiento de la manga con el buje, no podrá ser $f' \sqrt{M^2 + N^2}$ por entrar en M y N el peso p' de la rueda que no tiene influencia en dicho rozamiento, pero salvaremos este inconveniente dotándole de un coeficiente n' , que tratando de corregir el aumento

que resultará de poner $P' + p'$ por P' será $\frac{P'}{P' + p'} = n'$,

el que varía entre 0,75 á 0,85 y que generalmente tomaremos $n' = 0,80$. De este modo como mientras dá una vuelta la rueda dá otra el buje, $T_m - T_f = 0$ se convertirá en

$$2\pi R' \times M - \left\{ 2\pi r' n' f' \sqrt{M^2 + N^2} + 2\pi R' \times A \frac{N}{R'} \right\} = 0$$

$$M - \frac{A}{R'} N = n' \frac{r'}{R'} f' \sqrt{M^2 + N^2}$$

elevando al cuadrado ambos miembros

:

$$M^2 + \frac{A^2}{R'^2} N^2 - 2 \frac{A}{R'} N M = n'^2 \frac{\rho'^2}{R'^2} f'^2 (M^2 + N^2)$$

$$M^2 \left(1 - n'^2 \frac{\rho'^2}{R'^2}\right) - 2 \frac{A}{R'} N M + \left\{ \frac{A^2}{R'^2} N^2 - \frac{n'^2 f'^2 \rho'^2}{R'^2} N^2 \right\} = 0$$

Además, como f' es generalmente menor que $\frac{1}{5}$ y $\frac{\rho'}{R'}$ mas pequeño que $\frac{1}{10}$ segun las dimensiones mas generales para los carruajes de Artillería, será $f'^2 \frac{\rho'^2}{R'^2} n'^2$ menor que $\frac{1}{1000}$ es decir despreciable con respecto á la unidad y la ecuacion quedará

$$M^2 - 2 \frac{A}{R'} N M + \left\{ \frac{A^2}{R'^2} N^2 - \frac{n'^2 f'^2 \rho'^2}{R'^2} N^2 \right\} = 0$$

Despejando

$$M = \frac{A}{R'} N + \sqrt{\frac{A^2}{R'^2} N^2 - \frac{A^2}{R'^2} N^2 + \frac{n'^2 f'^2 \rho'^2}{R'^2} N^2} = \frac{A}{R'} N + \frac{n' f' \rho'}{R'} N$$

$$M = N \left\{ \frac{A + n' f' \rho'}{R'} \right\}$$

y sustituyendo por M y N sus valores tendremos

$$Q \cos. \alpha = T - (P' + p') \text{ sen. } \varphi = \left\{ (P' + p') \cos. \varphi - Q \text{ sen. } \alpha \right\}$$

$$\frac{A + n' f' \rho'}{R'} \dots\dots\dots (c)$$

Ejecutando un cálculo análogo para el segundo tren y considerando que sería

$$M' = T - (P'' + p'') \text{ sen. } \varphi$$

$$N' = (P'' + p'') \cos. \varphi$$

la ecuacion que resulta será

$$T - (P'' + p'') \text{ sen. } \varphi = (P'' + p'') \cos. \varphi \left\{ \frac{A + n'' f'' \rho''}{R''} \right\} \dots\dots (d)$$

Sumando miembro á miembro las relaciones (c) y (d) para eliminar la traccion intermedia T tendremos

$$Q \cos. \alpha - T - (P' + p') \text{ sen. } \varphi + T - (P'' + p'') \text{ sen. } \varphi =$$

$$\left\{ (P' + p') \cos. \varphi - Q \text{ sen. } \alpha \right\} \frac{\Lambda + n' f' \rho'}{R'} + (P'' + p'') \cos. \varphi \left\{ \frac{\Lambda + n'' f'' \rho''}{R''} \right\}$$

de donde

$$Q = \frac{\cos. \varphi \left\{ (P' + p') \frac{\Lambda + n' f' \rho'}{R'} + (P'' + p'') \frac{\Lambda + n'' f'' \rho''}{R''} \right\} + \text{sen. } \varphi (P + p)}{\cos. \alpha + \frac{\Lambda + n' f' \rho'}{R'} \text{ sen. } \alpha} \dots (e)$$

Si las ruedas son iguales como sucede en los carruajes de artillería, haremos

$$R' = R'' = R, \quad \rho' = \rho'' = \rho, \quad f' = f'', \quad n' = n'' = n$$

y quedará

$$Q = \frac{(P + p) \left\{ \frac{\Lambda + n f' \rho}{R} \cos. \varphi + \text{sen. } \varphi \right\}}{\cos. \alpha + \frac{\Lambda + n f' \rho}{R} \text{ sen. } \alpha} \dots (f)$$

Esfuerzo de traccion para el carruaje de dos ruedas.—De la espresion general (e) deduciremos la del carruaje de dos ruedas haciendo $P'' + p'' = 0$; es decir, suponiendo que no existe el tren posterior: y

$$Q = (P + p') \frac{\frac{\Lambda + n f' \rho}{R} \cos. \varphi + \text{sen. } \varphi}{\cos. \alpha + \frac{\Lambda + n f' \rho}{R} \text{ sen. } \alpha} \dots (g)$$

Las fórmulas encontradas son aplicables á todos los casos dando á los ángulos los signos +, si el terreno está inclinado sobre la horizontal y los tiros sobre el suelo, ó el signo — en las circunstancias con-

trarias (1) como muy importantes veremos los particulares siguientes.

Caso en que el terreno es horizontal.—El ángulo $\varphi=0$ y por consiguiente $\text{sen. } \varphi=0$ y $\text{cos. } \varphi=1$ y las fórmulas

$$Q = \frac{(P' + p') \frac{A + n' f' \rho'}{R'} + (P'' + p'') \frac{A + n'' f'' \rho''}{R''}}{\text{cos. } \alpha + \frac{A + n' f' \rho'}{R'} \text{sen. } \alpha} \dots\dots\dots (e')$$

$$Q = \frac{(P + p) \frac{A + n f' \rho}{R'}}{\text{cos. } \alpha + \frac{A + n f' \rho}{R} \text{sen. } \alpha} \dots\dots\dots (f')$$

$$Q = \frac{(P' + p') \frac{A + n f' \rho}{R}}{\text{cos. } \alpha + \frac{A + n f' \rho}{R} \text{sen. } \alpha} \dots\dots\dots (g')$$

Observaremos que estos valores son inferiores á los correspondientes para terrenos inclinados pues que la influencia de faltar el término con $\text{sen. } \varphi$, es mayor que la de no estar multiplicado por $\text{cos. } \varphi$, pues los quebrados que acompañan á los pesos y que provienen de las resistencias, son menores que la unidad.

Caso del tiro bajando.—Si el suelo está en pendiente en sentido del movimiento el tiro disminuirá, pues $\text{sen. } \varphi < 0$ y obtendremos

(1) Si el carruaje de dos ruedas pesase igualmente que el total de cuatro, as fórmulas (f) y (g) quedarían iguales, sin que esto sea óvise para la suficiente exactitud en las aplicaciones: en efecto en el de dos trenes, el esfuerzo de tracción es doble que en el de un solo tren, pero por consecuencia de la presión sobre cuatro puntos en vez de dos, las presiones sobre cada punto están reducidas á la mitad por ser el peso el mismo, luego las resistencias disminuirán también en la misma proporción, siendo evidente que las relaciones deben quedar las mismas.

$$Q = \frac{\cos. \varphi \left\{ (P' + p') \frac{A + n' f' \rho'}{R'} + (P'' + p'') \frac{A + n'' f'' \rho''}{R''} \right\} - \text{sen. } \varphi (P + p)}{\cos. \alpha + \frac{A + n' f' \rho'}{R} \text{sen. } \alpha} \dots (e'')$$

El sen. φ crece á medida que φ aumenta negativamente y aunque cos. φ disminuye, es evidente, por lo ya espresado, que llegará á ser nulo Q si se verifica que

$$\text{tg. } \varphi = \frac{-1}{(P + p)} \left\{ (P' + p') \frac{A + n' f' \rho'}{R'} + (P'' + p'') \frac{A + n'' f'' \rho''}{R''} \right\}$$

Igualmente en los carruajes de dos trenes, de ruedas iguales, y para el de un solo tren, será

$$Q = \frac{(P + p) \left\{ \frac{A + n f' \rho}{R} \cos. \varphi - \text{sen. } \varphi \right\}}{\cos. \alpha + \frac{A + n f' \rho}{R} \text{sen. } \alpha} \dots \dots \dots (f'')$$

$$Q = (P' + p') \frac{\frac{A + n f' \rho}{R} \cos. \varphi - \text{sen. } \varphi}{\cos. \alpha + \frac{A + n f' \rho}{R} \text{sen. } \alpha} \dots \dots \dots (g')$$

y por consiguiente, en ambos el esfuerzo Q será nulo cuando

$$\text{tg. } \varphi = - \frac{A + n f' \rho}{R}$$

Los valores hallados para tg. φ nos marcan que el ángulo que dá el tiro nulo, crece con las condiciones que aumentan la resistencia, como con la naturaleza del suelo, disminucion del rádio de la rueda etc.

Si pasamos de dichos límites, Q llegará á ser negativa y tanto mayor cuanto mas crezca φ en el mismo sentido; viéndose obligados entonces los mo-

tores á contener. Si este esfuerzo de retenida es excesivo, el ganado no podrá ejercerle y el carruaje se precipitará. Para salvar este inconveniente, se arrastra generalmente una de las ruedas traseras y variando la clase de rozamiento se aumenta la resistencia y el ganado ó contendrá bien ó tendrá ya que tirar.

Bajo este supuesto, vamos á determinar el esfuerzo de traccion.

Considerando al carruaje de dos trenes y ruedas desiguales; la ecuacion del tren delantero no habrá variado pero si la del segundo tren. Admitamos que el peso $P''+p''$ se reparta igualmente sobre las dos ruedas, será para cada una de ellas $\frac{1}{2}(P''+p'')$ y llamemos \bar{F} al coeficiente de rozamiento de la plancha contra el suelo; la ecuacion del tren posterior, ejecutando los cálculos anteriores, quedará

$$T - (P''+p'') \operatorname{sen.} \varphi = \frac{1}{2}(P''+p'') \frac{A+n''f''\varphi''}{R''} \cos. \varphi + \frac{1}{2}(P''+p'') \bar{F} \cos. \varphi$$

que sumándola con la del primer tren y despojando Q, resultará por ser $\operatorname{sen.} \varphi < 0$ pues no se arrastran las ruedas mas que en las bajadas que

$$Q = \frac{\cos. \varphi \left\{ (P'+p') \frac{A+n'f'\varphi'}{R'} + \frac{1}{2}(P''+p'') \left(\frac{A+n''f''\varphi''}{R''} + \bar{F} \right) \right\}}{\cos. \alpha + \frac{A+n'f'\varphi'}{R'} \operatorname{sen.} \alpha} - \frac{\{P+p\} \operatorname{sen.} \varphi}{\cos. \alpha + \frac{A+n'f'\varphi'}{R'} \operatorname{sen.} \alpha} \dots \dots \dots (e''')$$

Si las ruedas son iguales, sería

$$Q = \frac{\cos. \varphi \left\{ (P' + p') + \frac{1}{2} (P'' + p'') \right\} \frac{A + n f' p}{R} + \frac{1}{2} \bar{F} (P'' + p'')}{\cos. \alpha + \frac{A + n f' p}{R} \operatorname{sen.} \alpha} - \frac{(P + p) \operatorname{sen.} \varphi}{\cos. \alpha + \frac{A + n f' p}{R} \operatorname{sen.} \alpha} \dots \dots \dots (f'')$$

Si el carruaje emplease la *vara de retenida* para las dos ruedas de detras, todo el $(P'' + p'')$ estaría dotado del coeficiente \bar{F} y nos sería fácil el modificar las últimas fórmulas halladas para que correspondan á este caso.

Con igual facilidad encontraríamos la del carruaje de un tren si se emplean las *galgas ó tornillos* de sus ruedas.

Reparticion del peso sobre los dos trenes.—

En las aplicaciones que hagamos de las fórmulas precedentes, de la reparticion del peso, resultarán para las presiones P' y P'' valores dados por la naturaleza del carruaje. Para ello hay que tener presente que ya sea de contra-apoyo ó de lanza suspendida siempre el cuerpo del carruaje del tren posterior descansa sobre el anterior, ejerciendo una presion en los primeros sobre el apoyo (1) y en los segundos sobre el gancho, la cual determinaremos segun se ha explicado en Mecánica racional y fundándose en la teoría de momentos, cuya presion tenemos que disminuir del peso

(1) Las presiones del tren posterior sobre el anterior son en este caso, dos, una en el contra-apoyo y otra en el apoyo, pero para generalizar y simplificar la regla, bastará encontrar la del apoyo como si fuese sola lo cual dá bastante aproximacion para la práctica.

verdadero del cuerpo del tren posterior (sin contar las ruedas) y aumentarla al del anterior, quedando siempre subsistente la relacion

$$(P' + p') + (P'' + p'') = P + p.$$

Cuando la naturaleza de la cuestion no defina bien la reparticion del peso podemos considerarle como distribuido en las relaciones siguientes:

$$P' = 0,4 P \gg P'' = 0,6 P \dots \dots \dots (1)$$

Angulo de traccion mas favorable al tiro.—

En todas las fórmulas halladas el esfuerzo paralelo al terreno es $Q \cos. \alpha$ que variará poco con el ángulo α , cuando este sea pequeño; mientras que la componente vertical $Q \text{ sen. } \alpha$ reducirá la presion y facilitará la traccion: esto nos hará comprender que habrá una inclinacion para los tirantes que será ventajosa para el tiro.

Para buscarla, observaremos que como α solo entra en los denominadores, es evidente, que hará mínimo el valor de Q , el de α que convierta en máximo á la espresion

$$Y = \cos. \alpha + \frac{A + n f' p}{R} \text{ sen. } \alpha$$

Aplicando la teoría general la primera derivada igualada á cero será

$$Y' = -\text{sen. } \alpha + \frac{A + n f' p}{R} \cos. \alpha = 0$$

la que se anulará con

(1) Véase al final.—Aplicacion número 1.

$$\operatorname{tg} . \alpha = \frac{A + n f' \rho}{R} \dots\dots\dots (h)$$

Encontrando la segunda derivada tendremos

$$Y'' = - \left\{ \cos . \alpha + \frac{A + n f' \rho}{R} \operatorname{sen} . \alpha \right\}$$

que es negativa con el valor hallado para $\operatorname{tg} . \alpha$ y por consiguiente con él serán máximos los denominadores y mínimos los valores de Q.

La fórmula (h) nos demuestra: 1.º que para un carruaje dado el ángulo α deberá crecer con todo lo que haga aumentar A como son: la mayor resistencia del terreno; llanta mas estrecha sobre un terreno blando, velocidad mayor sobre un suelo duro cuando el carruaje no esté suspendido etc.; 2.º que para un terreno dado y que varíe el carruaje, α aumentará con un rádio medio mas grande del buje ó con la rueda mas pequeña.

Como la cantidad $n f' \rho$ es despreciable con respecto á A la fórmula quedará reducida á

$$\operatorname{tg} . \alpha = \frac{A}{R} \dots\dots\dots (h')$$

Las pocas esperiencias ejecutadas por la artillería francesa han dado 12º en terreno ordinario como el ángulo mas favorable para el esfuerzo continuo ó sea el de menor resistencia. En los carruajes de artillería el ángulo de tiro con el suelo es generalmente de 5 á 6.º; y si bien este es deventajoso en terrenos de pocas dificultades, no lo será en los malos; lo cual se prefiere porque en ellos se debe procurar que el ga-

:

nado haga el menor esfuerzo, no siendo además conveniente aumentar dicho ángulo pues $Q \text{ sen. } \alpha$ crecería y el motor se fatigaría mucho.

Esfuerzo preciso para vencer cada resistencia pasiva.—El ganado siempre tendrá sus tirantes inclinados con respecto al suelo, pero si apesar de ello quisiéramos encontrar las fórmulas para el tiro en direccion del camino, bastará hacer

$$\alpha = 0 \text{ ó sea } \begin{cases} \cos. \alpha = 1 \\ \text{sen. } \alpha = 0 \end{cases}$$

La aplicacion que podrá tener, será para determinar la potencia horizontal precisa para vencer las resistencias pasivas.

Si en la ecuacion (*g'*) hacemos $\alpha = 0$, quedará la expresion necesaria para equilibrar con un esfuerzo horizontal las dos resistencias de un carruaje de un tren

$$Q = (P' + p') \frac{A + n f' e}{R} \dots\dots\dots (k)$$

Si además suponemos que el terreno sea horizontal, incompresible y perfectamente igual, el rozamiento de 2.^a clase de la llanta será insignificante y puede despreciarse ó sea $A = 0$ y si ponemos por n su

valor $\frac{P'}{P' + p'}$, quedará la potencia horizontal correspondiente á la resistencia de la manga en el buje (1) que será.

$$Q = P' \frac{f' e}{R} = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}} P' \frac{e}{R} \dots\dots\dots (l)$$

Dicha fórmula (*l*) explica: 1.^o la superioridad de los

(1) El esfuerzo de traccion para vencer solo esta resistencia es muy débil. Véase al final, Aplicacion número 2.

ejes de hierro sobre los de madera que á igualdad de resistencia deben tener un diámetro mas considerable; 2.º la ventaja de engrasar á menudo las mangas para disminuir el coeficiente de rozamiento f , y 3.º la conveniencia de las ruedas grandes.

Resistencia en el paso del reposo al movimiento.—Las espresiones encontradas para el valor de la fuerza tractiva pertenecen á un carruaje ya en movimiento; pero si necesitamos la del instante del paso del reposo al movimiento darán resultados menores que los necesarios.

En efecto las resistencias son entonces mas considerables por las siguientes razones.

1.º Por la inercia del sistema: esta aumenta dichas resistencias en razon del aire de marcha y segun se establezca mas pronto esta.

Sabemos por Mecánica racional que la impulsión total de una fuerza F , durante un tiempo t es igual al incremento total de la cantidad de movimiento ó sea

$$mv - mv_0 = \int_0^t F dt,$$

pues el movimiento es rectilíneo; pero por estar parado al iniciarle quedará

$$mv = \int_0^t F dt$$

y por consiguiente las fuerzas impulsivas que venzan las resistencias resultaron en la razon que hemos espresado. Dicha causa es de consideracion, pues para salir del paso al trote ó sea para pasar de

$$\left\{ \begin{array}{l} V=1^m,25..... \text{ paso} \\ \text{á} \\ V=4^m,50..... \text{ trote} \end{array} \right\};$$

la razon entre las fuerzas impulsivas será $\frac{1,25}{4,50} = \frac{5}{18}$

2.º El rozamiento al partir sabemos tambien que es mayor que durante el movimiento, por causa de la adherencia: de aquí el que una sacudida facilite la salida.

3.º Que la penetracion es mayor por haber estado parado el carruaje, la que aumentará con la blandura del terreno y con la detencion y que algunas veces puede crecer durante 24 horas.

4.º Que el carruaje se detiene en los huecos, si el terreno desigual y escabroso, teniendo que salvar obstáculos que establecido el movimiento y con la velocidad adquirida no le ofrecerian tal vez dificultad (1).

Dichos motivos, aun sin considerar la inercia, puede hacer que el esfuerzo sea 4 ó 5 veces mas gran-

(1) Debemos observar que el esfuerzo que se encontró para sacar de un obstáculo á un carruaje, fué suponiendo que se partía del reposo, y que será mayor que el necesario para salvarlo, estando animado de cierta velocidad, pues por efecto de esta y del choque se eleva algo todo el sistema. Así, suponiendo un carruaje en movimiento sobre un camino regular, la rueda superará generalmente los obstáculos sin que el ganado aumente el esfuerzo, sino solo el que gaste en reemplazar la diferencia entre la fuerza viva gastada en el choque y la recuperada en la caída; tal sucede en un buen empedrado y marchando con poca velocidad, si bien no se verifica en un terreno desigual y pedregoso, pues en él la velocidad de caída será oblicua á la traccion y á veces casi normal al terreno perdiéndose en dicho choque parte de la fuerza viva y gastando el motor casi su cantidad de accion en reemplazarla aunque en menor escala segun sea mayor la velocidad, pues podrán entonces las ruedas salvar algunos obstáculos sin penetrar hasta su fondo y caer con mas oblicuidad.

Estas consideraciones son aplicables á los carruajes de artillería en les que á pesar de la elasticidad de la madera pedemos admitir que la carga está invariablemente ligada á los brancales y por consiguiente que toda ella actúa en las variaciones de fuerza; pero no lo serán si la carga estuviese colocada sobre muelles, pues entonces las variaciones de velocidad empezarán por cambiar la ten-

de al arrancar que durante el movimiento. Por esta razon es muy importante en las marchas evitar las paradas y mantener el movimiento, sobre todo en los pasos difíciles.

Falta de rigor matemático en las fórmulas halladas é indicacion del método que debería seguirse.—Las fórmulas encontradas para el esfuerzo de traccion están fundadas en que actúan sobre los ejes respectivos las presiones P' y P'' iguales á los pesos de los cuerpos de carruajes de los correspondientes trenes aumentado el anterior y disminuido el posterior en la presion que el cuerpo del segundo tren causa en el gancho ó en el apoyo segun sea de lanza suspendida ó de contra-apoyo. Las referidas fórmulas resultan así bastante aproximadas, pero no son rigurosas, pues no podemos admitir como tales ni que la distribucion del peso total P sea igual para las dos clases de carruajes de dos trenes, ni que en estos la presion P' ó en el de uno el peso total, actúe sobre el

sion de los muelles cuya reaccion hará variar la velocidad de la carga por grados infinitamente pequeños y la pérdida de fuerza viva, suponiendo los muelles perfectos se reducirá solamente á la de los cuerpos del carruaje que no será muy grande; y aunque dichos muelles no son perfectos no cabe duda que favorecerán al motor en los terrenos duros y escabrosos.

Fundado en esta consecuencia se han ejecutado diferentes pruebas para dotar de muelles á las cajas de los carros de municiones. Uno de los objetos de la modificacion era evitar el deterioro de la pólvora por causa del traqueteo y cuya avería es mucho mayor en la caja del armon. La circunstancia de estar la espresada caja sobre el eje, hace que solo podemos achacarlo á la falta de elasticidad, y lo corrobora el crecer las pérdidas mas que en la colocada sobre el segundo tren, que ya está mas alejada de su eje y mayor aun en esta ultima que en el cajon de Gribeauval que por sus largos branceales tiene mas elasticidad. Igual fundamento tiene el empleo de cuerpos elásticos (suela) entre la gualdera y la cuadra del eje, usado por la artillería Dinamarquesa hace mas de medio siglo y cuyo ejemplo hemos imitado en la cureña del cañon Plasencia.

De lo dicho deduciremos la gran importancia que este asunto tiene para las baterías de campaña.

eje, porque en la práctica una parte es sostenida por el contra-apoyo ó motor.

Para salvar estos inconvenientes será preciso que consideremos los carruajes reducidos á su plano de simetría, pero con todas las fuerzas en las posiciones que en la práctica deben tener, haciendo la correspondiente distribución de los pesos según la clase de carruajes (cual puede verse en las figuras 5, 6, 8 y 9) y resolver en ellos el problema general del tiro que consiste en determinar las diferentes presiones que sufren las partes del carruaje ó del motor y el esfuerzo que el ganado tiene que ejercer para vencer las diversas resistencias.

Con este objeto supondremos el movimiento en régimen ó sea en equilibrio todas las fuerzas que son, las de tracción, pesos, reacciones de las presiones y resistencias de la manga en el buje y de la rueda en el suelo; las cuales por ser el movimiento paralelo al plano de simetría estarán en cada tren ligadas por las ecuaciones

$$\Sigma X = 0, \quad \Sigma Y = 0, \quad \Sigma(Xy - Yx) = \Sigma M_0 F = 0,$$

siendo el sistema coordenado rectangular con un eje de las x paralelo al camino y el origen en el centro del eje. De este modo resultan en los carruajes de dos trenes, seis ecuaciones con seis incógnitas; cuatro de estas presiones y dos fuerzas de tracción ó tractivas del segundo y primer tren y para el carruaje de dos ruedas se tendrán tres ecuaciones por las que podremos hallar la fuerza tractiva, la presión sobre el eje y la que soporte el motor.

Determinación de las presiones.—La parte

mas importante del problema general (sobre todo para el trazado) es el conocimiento de las presiones y con el objeto de facilitar su determinacion, admitiremos que los carruajes marchen por un terreno horizontal y nos valdremos en cada tren, nada mas que de las ecuaciones

$$\Sigma Y=0, \text{ y } \Sigma M_o F=0$$

suprimiendo además en esta los momentos de los rozamientos ó fuerzas pasivas.

Si estudiamos el carruaje de contra-apoyo y representamos (figura 5) en el tren posterior por T el esfuerzo horizontal de tracción; P'' el peso del cuerpo del carruaje y carga; $-\bar{P}''$, $-\bar{\bar{P}}''$, $-\bar{\bar{\bar{P}}}''$ las reacciones del contra-apoyo, del eje y del apoyo; \bar{d} , \bar{a} , \bar{l} , los brazos de palanca de las fuerzas T, P'' y $\bar{\bar{\bar{P}}}''$, así como c la distancia horizontal del perno al eje del avantren: en el que llamaremos Q al esfuerzo de tracción que forme el ángulo α con el terreno, $\pm d$ á su brazo de palanca con signo + ó - segun que su direccion pase por encima ó debajo del eje; P' al peso situado á la distancia a del eje, $-\bar{P}'$ la reaccion de este eje; -T la del cuerpo del segundo tren al oponerse al movimiento, siendo d' su brazo de palanca y \bar{P}'' y $\bar{\bar{P}}''$ á las presiones del apoyo y contra-apoyo.

Las ecuaciones serán:

$$\begin{array}{l} \text{Tren} \\ \text{posterior.} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \Sigma Y = P'' - \bar{\bar{\bar{P}}}'' - \bar{P}'' - \bar{P}'' = 0 \\ \Sigma M_o F = P'' \bar{a} + T \bar{d} - \bar{\bar{\bar{P}}}'' \bar{l} - \bar{P}'' (\bar{l} - c) = 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Avantren.} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \Sigma Y = P' - \bar{P}' - Q \text{ sen. } \alpha + \bar{P}'' + \bar{\bar{P}}'' = 0 \\ \Sigma M_o F = P' a \pm Q d - \bar{P}'' c - T d' = 0 \end{array} \right.$$

De donde

$$\bar{P}' = \frac{P'' \bar{a} + T \bar{d} - \bar{P}'' (\bar{l} - c)}{\bar{l}} \dots\dots\dots (m)$$

$$\bar{P}'' = P'' \frac{(\bar{l} - \bar{a})}{\bar{l}} - \bar{P}' \frac{c}{\bar{l}} - T \frac{\bar{d}}{\bar{l}} \dots\dots\dots (n)$$

$$\bar{P}'' = \frac{P' a + Q d - T d'}{c} \dots\dots\dots (p)$$

$$\bar{P}' = P' \left(\frac{\bar{l} + a}{\bar{l}} \right) + P'' \frac{\bar{a}}{\bar{l}} - Q (\text{sen } \alpha \mp \frac{d}{\bar{l}}) - T \left(\frac{d' - \bar{d}}{\bar{l}} \right) \dots\dots (q)$$

Si el carruaje es de lanza suspendida (fig. 6.^a) las mismas notaciones pueden servir, pero teniendo presente: 1.º Que $\bar{P}'' = 0$ y que \bar{l} será el brazo de palanca de la reaccion \bar{P}' y 2.º Que en el avantren tenemos que contar con la reaccion $-\bar{P}'$ del punto de enganche que distará del primer eje una cantidad que llamaremos l .

Las cuaciones serán:

$$\begin{array}{l} \text{Tren posterior.} \\ \left\{ \begin{array}{l} \Sigma Y = P'' - \bar{P}' - \bar{P}'' = 0 \\ \Sigma M_o F = P'' \bar{a} + T \bar{d} - \bar{P}' \bar{l} = 0 \end{array} \right. \\ \\ \text{Armon....} \\ \left\{ \begin{array}{l} \Sigma Y = P' - \bar{P}' - Q \text{ sen } \alpha + \bar{P}'' - \bar{P}' = 0 \\ \Sigma M_o F = P' a \pm Q d - T d' - \bar{P}' c = \bar{P}'' l = 0 \end{array} \right. \end{array}$$

De donde

$$\bar{P}'' = \frac{P'' \bar{a} + T \bar{d}}{l} \dots \dots \dots (m')$$

$$\bar{P}' = P'' \left(\frac{l - \bar{a}}{l} \right) - T \frac{\bar{d}}{l} \dots \dots \dots (n')$$

$$\bar{P}'' = \frac{1}{l} \left\{ P' a \pm Q d - T d - \frac{c}{l} (P'' \bar{a} + T \bar{d}); \dots \dots (p')$$

$$\begin{aligned} \bar{P}' &= \frac{1}{l} \left\{ P' (l - a) + P'' \bar{a} \left(\frac{l + c}{l} \right) \right\} - Q (\text{sen. } \alpha \pm \frac{d}{l}) + \\ &+ T \left(\frac{\bar{d}}{l} + \frac{d'}{l} + \frac{dc}{ll} \right) \dots \dots \dots (q') \end{aligned}$$

Si en el carruaje de dos ruedas (fig. 8.^a) es Q el esfuerzo de tracción que forma con el terreno el ángulo α ; P' el peso del cuerpo del carruaje y carga, actuando en el centro de gravedad G' y \bar{P}' y \bar{P}'' las reacciones del eje y del motor; tendremos las ecuaciones

$$\Sigma Y = P' - Q \text{sen. } \alpha - \bar{P}' = \bar{P}'' = 0$$

$$\Sigma M_o F = P' a \pm Q d - \bar{P}'' l = 0$$

De donde

$$\bar{P}'' = \frac{P' a \pm Q d}{l} \dots \dots \dots (r)$$

$$\bar{P}' = \frac{P' (l - a)}{l} - Q (\text{sen. } \alpha \pm \frac{d}{l}) \dots \dots \dots (s)$$

Análogamente hubiéramos hallado las presiones en el caso de marchar por un terreno inclinado sobre ó bajo la horizontal, pues estaria reducido á descomponer los pesos en sus componentes normales y paralelas al terreno. Como ejemplo, pondremos el mas

sencillo ó sea el carruaje de dos ruedas que baje por una rampa que forme el ángulo φ (fig. 9.^a) y las ecuaciones serán:

$$(w) \dots \Sigma Y = P' \cos. \varphi - Q \operatorname{sen} . \alpha - \bar{P}' - \bar{P}'' = 0$$

$$(v) \dots \Sigma M_o F = P' a \pm Q d - \bar{P}' l = 0$$

De donde

$$(r') \dots \bar{P}' = \frac{P' a \pm Q d}{l} \dots \dots \dots (r')$$

$$(s) \dots \bar{P}' = P' \frac{l \cos. \varphi - a}{l} - Q (\operatorname{sen} . \alpha \pm \frac{d}{l}) \dots \dots \dots (s)$$

Observaciones sobre las fuerzas de tracción ó tractivas ó sea potencias motoras.—Fácil nos sería

ya el planteamiento de la determinación del esfuerzo teórico de tracción por estar reducido á establecer la ecuación $\Sigma X = 0$ en cada uno de los trenes que tenga el carruaje que consideremos. Debemos observar que las fórmulas que resultarían serían muy complicadas á no ser que hiciéramos algunas suposiciones ó supresiones que permitiesen simplificarlas en cuyo caso dejarían de ser rigurosas: (1) aumentando la complicación el que según Piobert la resistencia que debe vencer la tracción no es la suma de las dos aisladas del rozamiento de la manga en el buje y de la rueda en el terreno, pues por la acción de la gravedad

(1) Por esta causa, algunas de las fórmulas de las fuerzas tractivas de Migout y Bergery y del Coronel Senderos, solo podrán servir para los carruajes de artillería pues en el de contra-apoyo suponen que los momentos $q d$ y $T d$ se equilibran alrededor del eje del avantren; y ninguna de las de dichos autores son rigurosas pues (como hemos hecho en las presiones) suprimen los momentos de las resistencias pasivas.

reacciona una sobre la otra, teniendo influencia relativa en su intensidad y será preciso dar para espresion rigurosa de la resistencia una fórmula que dependiese de las dos aisladas mas un tercer término funcion de los primeros.

Si á lo dicho agregamos que la espresion algébrica exacta de la potencia motora de un carruaje ha perdido parte de su importancia desde que Mr. Morin inventó su dinamómetro, con el que se mide fácilmente el esfuerzo del motor (pues así podremos dotar de coeficientes de correcciones á las fórmulas obtenidas y hallar exactamente los coeficientes de las cantidades de quienes dependen) deduciremos que debemos contentarnos con la aproximacion que dán las fórmulas yá halladas para los diferentes valores de Q y valernos para el de T de la ecuacion (d): cuyas espresiones emplearemos cuando tengamos que determinar las potencias motoras para un carruaje que se proyecte ó modifique.

Ventaja del carruaje sobre el arrastre.—El esfuerzo hallado (k) para el movimiento venciendo las resistencias pasivas nos servirá para demostrar la ventaja, que para el transporte tiene el carruaje sobre el arrastre.

En efecto: el movimiento de la rueda se ejecutará por rotacion ó por resvalamiento segun que uno ú otro produzca menos resistencia. La correspondiente á la rotacion hemos hallado que es $(P'+p') \frac{A+nf'e}{R}$ mientras la de resbalamiento está espresada por $\bar{F}(P'+p')$ siendo \bar{F} el coeficiente de rozamiento de la rueda sobre el suelo y se verificará rotacion si

$(P' + p) \frac{A + n f' e}{R} < \bar{F} (P' + p')$

y arrastre en el caso contrario.

En las circunstancias mas difíciles sobre un suelo horizontal $\frac{A + n f' e}{R}$ es casi igual á $\frac{1}{10}$ y \bar{F} casi siempre 1, ó poco mas. Solo en circunstancias escepcionales \bar{F} puede ser menor que $\frac{A + n f' e}{R}$, como sucederá si se marchase sobre hielo, suelo escarchado ó nieve pisada.

Esto nos demuestra no solo lo que deseábamos, sino tambien que el movimiento de los carruajes se verifica tal como dijimos é igualmente la necesidad del arrastre en las bajadas por el aumento que dá en el término positivo de las fórmulas.

Empleo de rodillos.—Aunque solo hayamos demostrado la ventaja que para el transporte tiene el carruaje sobre la conduccion por resbalamiento, no cabe duda que tambien será preferible á este 2.º modo cualquier otro en que lo ejecutemos por rotacion pues es menor la resistencia al rozamiento de 2.ª especie que al de 1.ª Por esta razon en los parques y maestranzas, para las maniobras de los objetos pesados á cortas distancias, se usan no solo los *trinquivales* y *zorras*, sino tambien los *rodillos* y aun balas esféricas de cañon (1).

Tanto los trinquivales como las zorras, están comprendidos en los carruajes de que hemos tratado: si

(1) Este último medio puede emplearse con buen éxito cuando la base del cuerpo que se trasporta es plana.

bien muy imperfectas las últimas por su construcción y condiciones resultan desventajas para el trabajo motor.

Vamos ahora á ocuparnos de los rodillos que son unos cilindros de madera sobre los cuales se coloca el objeto que queremos trasportar. Para verificarlo, nos valemos de unos espeques ó palancas haciendo rodar dichos cilindros, que hundiéndose la superficie del terreno podemos considerarlos en cada instante del movimiento como obligados á subir sobre un plano inclinado.

La resistencia que se opone al movimiento del rodillo solo, es segun Culomb $A \frac{P}{R}$ (siendo P el peso del rodillo, R su rádio y A un coeficiente que depende de la naturaleza del rodillo y del terreno) y que se ejerce en direccion horizontal y aplicada al centro del rodillo: por consiguiente para moverlo hay que actuar en dicho centro y dirección con una fuerza $F = A \frac{P}{R}$.

Esta ley ha sido examinada por el General Morin que ha expresado que A varía con el grueso del rodillo y la velocidad: sin embargo, admitiremos, por dar suficiente aproximacion, que A varíe solo con la naturaleza del rodillo y del suelo. (Tabla núm. 1)

Como la fuerza de traccion no la aplicamos al centro del eje, sino á la circunferencia por medio de la palanca A' (figura 10); la deduciremos de la expresion general que sacaremos suponiendo que trabaja en un punto cualquiera.

Sea Q la potencia aplicada á un punto B, por lo ya dicho podemos sustituir la resistencia por una

fuerza $-F$ aplicada al centro é igual en intensidad á $A \frac{P}{R}$; y suponiendo el movimiento regularizado ó sea uniforme, por el 4.º teorema general de la Mecánica racional será $T_m - T_r = 0$

Si representamos por $d x'$ y $d x$ los caminos recorridos en cada instante por los puntos de aplicación B y O se convertirá en

$$Q d x' - F d x = 0, \text{ de donde } \frac{Q}{F} = \frac{d x}{d x'}$$

Para encontrar el valor de $\frac{d x}{d x'}$ sabemos que el

movimiento en el instante $d t$ es de rotacion al rededor del eje instantáneo que pasa por A y así, si expresamos por r la distancia B O, será

$$\frac{d x}{d x'} = \frac{R}{R+r}$$

$$y \quad Q = F \frac{R}{R+r} = A \cdot \frac{P}{R} \cdot \frac{R}{R+r} = A \cdot \frac{P}{R+r}$$

De dicha expresion obtendremos lo que deseamos haciendo $r = R$ ó sea

$$Q = \frac{1}{2} A \frac{P}{R}$$

Es decir, que el esfuerzo paralelo al terreno que necesitemos para mover el rodillo es mitad en el extremo del diámetro que en el centro.

Determinado ya el referido esfuerzo podemos va-

lernos de él para verificar el transporte de un objeto, para lo cual se le hace descansar generalmente sobre dos rodillos de un mismo diámetro.

En este caso la potencia Q (fig. 11) tiene que vencer doble resistencia, la de los rodillos sobre el suelo y la del objeto sobre los rodillos. Si espresamos por A el coeficiente del rozamiento de los rodillos sobre el suelo, por A' el del objeto, por P el peso del fardo, p el de los rodillos y R el rádio de estos, tendremos

$$Q = \frac{1}{2} A \frac{P+p}{R} + \frac{1}{2} A' \frac{P}{R} = \frac{1}{2 R} \{A(P+p) + A' P\}$$

y si hacemos

$$\frac{P}{P+p} = \bar{n} \dots\dots\dots Q = \frac{P+p}{2 r} A + \bar{n} A'$$

Como \bar{n} es casi la unidad, podemos despreciar p con respecto á P y quedará.

$$Q = \frac{P+p}{2 R} (A + A') \dots\dots\dots (t)$$

Esta fórmula dá resultados suficientemente aproximados para la práctica, cualquiera que sea la clase y disposicion del terreno.

Hay que tener presente que el objeto que trasportemos recorre doble camino que los rodillos: el centro de gravedad puede pasar por delante del primero y para que no cabecée se tendrá preparado otro tercer rodillo que se situará por delante del punto de apoye en cuanto se separe el de atrás.

CAPÍTULO 2.º

MOTOR.

Conveniencia de hallar el esfuerzo de cada motor y la influencia del modo de atalajar.—

Por medio de las fórmulas que hemos hallado podemos encontrar las cantidades que en ellas entran, siempre que tengamos bastantes datos para que el problema quede determinado.

Aunque así deduciríamos el esfuerzo Q de tracción, no cabe duda que de todos modos nos convendrá medir dicha potencia para compararla con la que resulte de las fórmulas.

Para esto, supondremos que la acción total constituya una fuerza única, situada en el plano de simetría del carruaje y debida á los esfuerzos medios de todos los motores; la que determinaremos como resultante directa de dichas fuerzas, si todas actúan sobre partes del carruaje, ó por medio del polígono funicular si lo ejecutan unas sobre otras; siéndonos de consiguiente

preciso averiguar el esfuerzo medio de cada motor y estudiar despues la influencia que tenga el modo de atalajar el tiro.

Como la mula es el motor generalmente usado en España, (1) necesitaremos conocer su esfuerzo de traccion, que nos dará el peso que puede trasportar, dependiendo este de su conformacion, de la naturaleza y configuracion del terreno y de la velocidad.

Lo esencialmente variable de dichos elementos imposibilitan someter la cuestion al cálculo y tendremos que reducirnos á investigar el límite de su esfuerzo y las circunstancias que favorecen ó contrarian su accion.

Consideraciones sobre el modo de actuar el motor.—La mula obra por medio de tirantes fijados por una parte al carruaje, y por la otra á un collaron sobre el cual trabaja por la presion de los hombros. En el movimiento, los corbejones y piernas sirven como muelles para llevar la carga hácia adelante con la ayuda del apoyo de los pies sobre el suelo, mientras

(1) Nada dá mejor idea de las cualidades de nuestro motor que el siguiente párrafo tomado de la magnífica aunque antigua obra de Elementos de Artillería del Coronel D. Manuel Fernandez de los Senderos.

•El motor de nuestros carruajes de Artillería es generalmente la mula. Este animal híbrida suple bastante bien en nuestra Artillería la falta de caballos propios para el tiro de que se sirven en otras naciones donde tienen castas apropiadas. Menos vivo y de menos instinto que el caballo, tiene gran fuerza y resiste bien las fatigas de las marchas y sinó se presta tanto á los aires violentos sostendrá por mas tiempo el esfuerzo del tiro al paso ordinario y será capaz de mayor cantidad diaria de accion. Sujeta aun mas que el caballo á ciertas enfermedades agudas, tiene en general mas robusted y con tal de tener el alimento suficiente no necesita ni con mucho tanto cuidado su conservacion. Falta esperiencias directas sobre la cantidad de accion de que es capaz la mula, si bien algunas se han hecho en la escuela de aplicacion, pero insuficientes y solo pueden deducirse ciertas indicaciones por su comparacion con el caballo de tiro. Véase además el Prontuario Enrile, Capítulo XIII.

sus brazos sostienen el peso de la parte anterior del cuerpo.

Relaciones entre las fuerzas á que está sometido el motor y la presión de sus piés sobre el suelo.—La mula tiene que vencer la resistencia que el carruaje opone al tiro, la que produce sobre ella una reacción que combinada con su propio peso, se traduce en presiones ejercidas por los puntos de apoyo de adelante y de atrás.

En el plano de simetría del motor, sea \bar{Q} (fig. 12) la reacción de la tracción, que supondremos forme con el suelo el ángulo $\bar{\alpha}$ y que esté aplicado en A, donde se encuentra la dirección de los tirantes (en la cual actúa) con la normal al suelo elevada en B: en cuyo punto A, situado á la altura c' se verifica generalmente el descanso del collaron para un caballo bien formado y colocado sobre un terreno horizontal y llamemos \bar{P} al peso del caballo aplicado al centro de gravedad G, que dista la cantidad a' de la vertical que pasa por B.

La reacción \bar{Q} y el peso \bar{P} darán pues lugar á dos presiones en B y en O (que distan la cantidad b); las que descompondremos en sus dos componentes verticales V y V' que tienden á hacer penetrar los piés en el suelo y en las horizontales H y H' que les hacen marchar. Estas fuerzas VV' H y H' tomadas en sentido contrario ó como componentes de las reacciones del suelo (representadas por las Bm' y On) deben equilibrar á las respectivas de las fuerzas \bar{Q} y \bar{P} ; pues así, el movimiento se producirá con el menor gasto motor, siendo por consiguiente uniforme y paralelo al plano de simetría.

Por esta razon, las condiciones de equilibrio están espresadas por

$$\Sigma X=0 \quad \Sigma Y=0 \quad \Sigma(Xy-Yx)=0;$$

eligiendo por sistema coordinado el XOY, resultarán las tres ecuaciones

$$\bar{Q} \cos. \bar{\alpha} - (H + H') = 0 \quad \dots \dots \dots (a)$$

$$\bar{Q} \sin. \bar{\alpha} + \bar{P} - (V + V') = 0 \quad \dots \dots \dots (b)$$

$$\bar{Q} (c' \cos. \bar{\alpha} - b' \sin. \bar{\alpha}) - \bar{P} (b' - a') + b' V = 0 \quad \dots \dots (c)$$

Para esta cuestion tenemos tres ecuaciones con cinco incógnitas \bar{Q} V V' H y H' , y siéndonos imposible hacer desaparecer la indeterminacion, pues no podemos establecer otras relaciones á causa de que no conocemos exactamante la accion del motor sobre el suelo, hay que limitarnos á buscar con la ayuda de dichas ecuaciones, las relaciones que deben favorecer el efecto del motor.

Movimiento de los piés sobre el suelo.—La primera que vamos á encontrar es la del límite del esfuerzo de traccion que la mula puede ejercer sin resbalar sobre el terreno: para ello, sabemos es preciso que las fuerzas horizontales H y H' sean menores que las resistencias del rozamiento, que llamando \bar{F} al coeficiente del de contacto de los piés del motor con el suelo, serán

$$\bar{F} V \quad y \quad \bar{F}' V' \quad y$$

$$\left. \begin{array}{l} H < \bar{F}' V \\ H' < \bar{F}' V' \end{array} \right\} \text{ De donde } \left\{ H + H' < \bar{F}' (V + V') \right.$$

De las ecuaciones (α) y (ϵ) deduciremos

$$\bar{Q} \cos. \bar{\alpha} < \bar{F}' (\bar{Q} \text{ sen. } \bar{\alpha} + \bar{P})$$

y el limite del esfuerzo de traccion le obtendremos de la ecuacion

$$\bar{Q} \cos. \bar{\alpha} = \bar{F}' (\bar{Q} \text{ sen. } \bar{\alpha} + \bar{P}).$$

De donde sacaremos

$$\bar{Q} = \frac{\bar{F}' \bar{P}}{\cos. \bar{\alpha} - \bar{F}' \text{ sen. } \bar{\alpha}} \dots\dots\dots (\Delta)$$

cuyo valor aumenta: 1.º con el peso del motor. 2.º con el coeficiente del rozamiento de sus piés sobre el suelo y 3.º con la inclinacion de los tirantes.

Elevacion del antebrazo.—En segundo lugar la reaccion de la traccion tiende á levantar el antebrazo de la mula y hacer que gire su cuerpo alrededor de los piés traseros, lo que no se verificará siempre que V quede positiva en la ecuacion (γ) siendo el límite cuando $V=0$ y entonces

$$\bar{Q} (c' \cos. \bar{\alpha} - b' \text{ sen. } \bar{\alpha}) - \bar{P} (b' - a') = 0$$

ó sea

$$\bar{Q} = \frac{\bar{P} (b' - a')}{c' \cos. \bar{\alpha} - b' \text{ sen. } \bar{\alpha}} \dots\dots\dots (\theta)$$

que veremos crece: 1.º con el peso \bar{P} del motor: 2.º con la distancia b entre los puntos de apoyo ó sea con la longitud de la mula: 3.º con la carga del antebrazo, pues entonces a' disminuye: 4.º con la inclinacion de los tirantes y 5.º inversamente con la pendiente del terreno, por que se aproximará la vertical $G \bar{P}$ al punto O y disminuirá $(b' - a)$.

De la 5.ª condicion deduciremos, que estando en dicho caso el motor que se levanta de manos, es preciso no tirar de las riendas; pues pudiendo llegar á ser nula la traccion \bar{Q} , si se levanta perpendicularmente, la accion de las riendas podrá derribarle. Igualmente nos hace ver que no debemos tentar la subida ó bajada del ganado por cuestas muy pendientes y la esperiencia las limita á las de 30º.

Resultado de los límites hallados.—De las fórmulas halladas para el valor de \bar{Q} , (Δ) y (θ) haciendo abstraccion de la fuerza absoluta y enerjía de los motores nos resulta.

1.º Que los motores muy pesados son susceptibles de mayor esfuerzo de traccion que los finos y ligeros.

2.º Que en los tiros del ganado de la Artillería, los de silla en un instante determinado, darán un empuje y producirán una potencia, superior á los de mano, y que en los pasos difíciles puede convenir que se monten estos.

3.º Que el esfuerzo será tanto mas considerable cuanto el motor sea mas largo, al cuello y ante brazo mas fuertes y los tirantes estén mas inclinados; resultando así preferibles los de más marca.

(c) **Esperiencias sobre el esfuerzo de traccion**

para modificar los resultados obtenidos.—

La circunstancia de haber hecho abstracción de la fuerza absoluta y de la energía del motor para espresar los resultados anteriores, nos obliga á estudiar las modificaciones que estas condiciones pueden introducir; y no siéndonos posible apreciarlas sino prácticamente, tendremos que verificar con nuestras mulas esperiencias directas, cuyo modo de ejecutarlas debe consistir en lo siguiente. 1.º Buscar el esfuerzo motor engancharlo mulas, aisladamente, sin carga y cargadas á un dinamómetro Morin, fijando en un poste y dispuesto de modo que se pueda variar su altura y por consiguiente la inclinacion de los tirantes. 2.º Engancharlas aisladamente á carruajes muy pesados para reconocer por medio del dinamómetro, interpuesto entre los tirantes y el carruaje, que potencia desarrollarán de repente en un empuje. 3.º Encontrar el esfuerzo medio, trabajando sobre carruajes de una manera continua, ya aisladamente ya en tiros, con la influencia que sobre él tenga la velocidad, clase del camino y duracion del trabajo. 4.º Hallar la relacion entre el esfuerzo medio y el peso trasportado en todas las condiciones del caso tercero.

La falta de esperiencias suficientes con nuestras mulas sobre estos puntos, (1) nos obliga á recurrir á los datos obtenidos en Francia con los caballos; datos que pueden admitirse como bastante aproximados;

(1) De las pocas pruebas ejecutadas en Segovia en 1830 se puede deducir que el mejor ángulo de traccion tanto para caballo como para el ganado mular es el de 44º. Que el esfuerzo medio de las últimas en un empuje es de 440 kilogramos siendo solo 350 kilogramos el del caballo español.

pues tanto en maniobras doctrinales como en campaña las mulas de los Regimientos montados han dado tan buen resultado en todas las circunstancias y en algunas mejores, que los caballos de distintas razas usados por algunos de nuestros Regimientos.

Esperiencias Francesas sobre el esfuerzo de traccion de que es susceptible el caballo sea momentáneamente, sea de una manera continua y su relacion con el peso trasportado.—Primer punto.

El General Berge en Metz en 1816, hizo esperiencias con caballos descargados operando sucesivamente con fuertes y débiles, las que tendian á encontrar la influencia de la inclinacion de los tirantes y de la carga.

Las correspondientes á la inclinacion de los tirantes (tabla número 6) dieron por resultado.

1.° El esfuerzo del caballo fuerte, sobrepuja al débil por término medio en $\frac{1}{10}$.

2.° La inclinacion de 11.° produce el máximo efecto, el cual escede de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{7}$ al de 0°.

Y 3.° Dicho máximo no aumenta indefinidamente con el ángulo y depende tambien de la organizacion del caballo y de su modo de obrar. Las ejecutadas para determinar la influencia de la carga (tabla núm. 7) espresan.

1.° Que es ventajosa para el caballo fuerte bajo la inclinacion de 6 á 7° y que no tiene influencia para el débil.

2.° Bajo la inclinacion de 10 á 12° no tiene ventaja para el caballo fuerte y es perjudicial al débil.

Y 3.º Dá al caballo ordinario una estabilidad mas grande y un apoyo mas completo al antebrazo.

A pesar de los resultados anteriores debemos tener presente, que si bien un motor pesado es preferible en general para el tiro á uno fino y ágil, que sin embargo de su mayor energía producirá menos; como la Artillería necesita en muchas circunstancias unir la vivacidad de los impulsos al poder de la traccion el ganado de un término medio debe ser el preferido. Además tampoco es necesario montar todos los motores de un tiro, pues si el peso del ginete en un instante determinado le permite dar un empuje y producir mayor potencia, á la larga lo fatiga y arruina, y montando uno solo de cada pareja, es posible en las marchas usar alternativamente de uno y otro para trasportar al conductor.

Segundo punto. El máximo esfuerzo momentáneo de un caballo de regular fuerza encontraron en el dinamómetro por término medio, que es de 400 kilogramos ejerciendo este esfuerzo sin sacudidas; pero escitado podrá llegar hasta 1000 kilogramos y aun sobrepujarlo. (1)

Tercer punto. El esfuerzo medio que desarrollará un caballo accionando de una manera continua depende de la velocidad de la marcha y de la duracion de ella. Al paso, por buen camino, sin cuestas ásperas ó muy largas y frecuentes (2) y durante una marcha de 9 á

(1) Es dudoso que el esfuerzo máximo de la mula apesar de su mayor fuerza llegase á los 1.000 kilogramos, pues no pudiendo arrancar bien se acobardan.

(2) Si las cuestas tienen poca inclinacion y aunque frecuentes, están en sentido contrario, la menor fatiga de las bajadas equilibra á la mayor de las subidas.

10 horas, admitieron que es de 75 kilogramos á razon de un metro por segundo, suponiendo los caballos bien mantenidos. (1)

En los tiros de ganado de la artillería debemos disminuir dicha fuerza por las siguientes causas.

1.º Las privaciones de la guerra que reducen considerablemente el vigor del ganado.

2.º La necesidad en marchas forzadas de acelerar el paso y en las maniobras de los carruajes de campaña de tomar el trote y aun el galope.

3.º Que la mitad de los motores están montados, esperimentando por consiguiente mayor fatiga. (2)

4.º Que la accion de varios caballos reunidos en un mismo carruaje, es menor que la suma de esfuerzos parciales, tanto por defecto del conjunto como por la disposicion del atalaje, que ocasiona pérdidas de fuerza. La reduccion es tanto mayor cuanto el tiro es mas numeroso; la esperiencia de los carreteros (en Francia) enseña que el trabajo del caballo es casi proporcional á los números 9, 8, 7, 6 cuando el tiro está compuesto de 2, 4, 6, ú 8 caballos.

Por todas estas razones admitiremos que en los tiros del ganado para Artillería, se puede exigir á un caballo, trabajando de un modo continuo durante 9 ó 10 horas un esfuerzo ψ de 40 á 50 kilogramos

(1) Esta es la evaluacion que se hace en Francia de la fuerza del caballo para compararla con la del vapor y próxima á la admitida en Inglaterra para dicho objeto que es de 66 kilogramos elevada á 1,12 ó sea 73 kgs. 92 á 1 m, por segundo.

(2) Segun el Migont y Bergery esta causa hace que dicha mitad de los motores consuman en el tiro ordinario próximamente la mitad de su esfuerzo, llevando una velocidad media y aun menos si esta es grande.

y á razon de 1^m por 1'', cuya cifra permite sostener sin demasiada fatiga una marcha larga á un paso ordinario: pero será demasiado fuerte si el caballo ha de mantener constantemente el trote, el cual debe ser un paso accidental que solo se use momentáneamente (1).

Cuarto punto. Muy incompletas son las esperiencias (tabla núm. 8) verificadas para encontrar la relacion que liga el esfuerzo medio de un caballo con el peso que puede trasportar en las circunstancias ya espresadas; pero como depende especialmente de la clase de caminos, admitieron (2) que fuese

$$\frac{\Psi}{P} = \left(\frac{1}{n} = \frac{1}{9} \right)$$

sobre terreno horizontal, en las condiciones mas desfavorables y

$$\frac{\Psi}{P} = \left(\frac{1}{n} = \frac{1}{15} \right)$$

si el piso está en mal estado (3)

(1) Esta valuacion era la admitida por la Escuela de Artillería é Ingenieros de Metz.

(2) Id. Escuela de Metz.

(3) Determinada la relacion $\frac{1}{n}$ entre el esfuerzo Ψ y el peso P ó sea $P = n\Psi$ se puede obtener el trabajo de un caballo tirando de un carruaje. Este será el peso P multiplicado por el espacio recorrido ó sea por la velocidad V y por la duracion T ; es decir, $PE = PVT = n\Psi VT$. Como n , Ψ y T son ya conocidos, solo habrá que hallar V y para ello consúltese la (tabla núm. 9.)

El trabajo del caballo es próximamente doce veces mayor que el del hombre, pues segun Navier, el de este último cuando trabaja por traccion es de 12 kgrs. durante 8 horas y recorriendo 0,6 por 1' ó sea

$$12 \times 0,6 \times 28,800' = 207,360 \text{ kg.} =$$

y el del caballo estará espresado por 75 kgrs. á 1m por segundo durante 9 á 10 horas ó 75 kgrs. $\times 34,200' = 2565.000$ kgrs. aunque dicha relacion estará modi-

ficada por la de $\frac{1}{n}$ que no será igual en ambos casos. Los esfuerzos medios están solamente en la razon $\frac{75}{12}$ ó próximamente $\frac{6}{1}$.

Composicion de los tiros del ganado de artilleria.—El número del ganado de un tiro, varía con el peso del carruaje, con el esfuerzo continuo que el motor ejerza y con la velocidad y demás circunstancias que modifican el coeficiente $\frac{1}{n}$. Así deberemos distinguir tres clases de tiros de ganado; para carruajes de campaña, para los de sus parques, y para los de sitio.

En los carruajes de campaña (1) si adoptamos como máximo el esfuerzo de 40^{kgrs.} y

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{9} \text{ será } \frac{40}{P} = \frac{1}{9} \quad \text{ó } P = 40 \times 9 = 360^{\text{kgrs.}}$$

el peso que cada caballo trasporta y no habrá ya mas

(1) Estas valuaciones deben ser probablemente altas, por lo cual indicaremos las de Migont y Begery. Dichos autores para el tiro de campaña dicen: admitiendo por esfuerzo para los caballos de mano 75 kilogramos tendremos para los de silla 37 ó sea 112 para el par á 56 cada uno y suponiendo $\frac{1}{n} = \frac{1}{7}$ (que es muy suficiente aun considerando los aumentos de resistencia por las circunstancias que sobrevengan en campaña pues segun la (tabla número 8) es $\frac{1}{40}$ para las tierras recién laboradas) queda $P = 56 \times 7 = 392$ kilogramos conducidos á 34 kilogramos ó sea 13.328.000 kilogramos. Como no debe sufrir mayor fatiga que el caballo de la caballería ligera que lleva 90 kilogramos y recorria 40 kilómetros ó sea 3.600.000 kilogramos resulta que la relacion entre el trabajo del caballo de artillería y de caballería, es próximamente

$$\frac{13.328}{3.600} = 3,7$$

y siendo esto debido á la ventaja del tiro: si el de caballería conduce 90 kilogramos el de artillería deberá llevar $90 \times 3,7 = 330$ kilogramos. Con dicha carga habrá casos en que sufrirá mayor fatiga (por ejemplo si se maniobrarse en un terreno muy desigual ó reblandecido) pero esto sucederá por tiempo limitado y despues el espresado peso no puede consumir toda la cantidad de accion de que es susceptible mientras el de caballería sufrirá toda la fatiga. Segun el Coronel Senderos esta comparacion resultará aun mas ventajosa para nuestras mulas por sus grandes fuerzas musculares y robutez en paralelo con los caballos de nuestras castas, fogosos pero delicados y poco resistentes. Si las baterías hubiesen de maniobrar frecuentemente al trote serán escesivos los referidos 330

que dividir el peso del carruaje cargado por los 360 kilogramos. Si el carruaje es de sitio tomaremos

$$\frac{50}{P} = \frac{1}{15} \text{ ó sea } P = 50 \times 15 = 750 \text{ kgrs.}$$

Para los parques de campaña bastará con un término medio.

Debemos tener presente que estos datos representan un máximo y que el número del ganado de un tiro ha de variar según la naturaleza del país en el cual se haga la guerra.

En nuestros carruajes se ha adoptado el número de cuatro mulas para los de batalla y seis para los de reserva; pero las baterías destinadas al ejército del Norte llevan 6 y las de reserva en el de la guerra de Africa llevaron 8, llegando casos de ser muy insuficientes (1) (tabla núm. 10.)

kilogramos pues se admite para los caballos de diligencia, (llevando también dos de los 6 montados) la de 360 kilogramos y es poca la diferencia de 30 kilogramos para la de los terrenos en que marchan. Pero como en este caso también el caballo de caballería, debe llevar menos de 80 kilogramos es evidente que los 330 kilogramos son un máximo para el servicio activo de las baterías de batalla y la base para la composición de las de reserva que solo exigen trabajo extraordinario, cuando hayan de ir rápidamente á un punto determinado. En los trenes de los parques de sitio reducen 75 kilogramos á 70 por la poca regularidad de pienso, vivaquear etc. y siendo montados la mitad, resulta $\frac{70 + 35}{2} = 50$

kilogramos pero admiten que $\frac{1}{n} = \frac{1}{q}$ y resulta $P = 450$. Y para los parques de campaña como han de marchar más rápidos que los de sitio pero menos que los de batalla toman en término medio de 390. Si bien la evaluación de 330 ó menos para los carruajes de batalla nos parece muy preferible, en cambio la de sitio la creemos corta aunque sea algo excesiva la de 750 kilogramos de Metz.

(1) No existiendo en España, disposición orgánica para trenes de sitio, pero siendo los pesos del carruaje francés poco diferentes de los de nuestro material de sitio cuando se necesite podrá servir de norma para el número de caballos el que empleaban en el tren francés. (Vease la tabla número 11.)

Influencia del atalaje en el transporte y sus condiciones. — No cabe duda de que la disposición del atalaje influye tanto sobre el esfuerzo como sobre la duración del trabajo.

Las condiciones que el atalaje requiere son:

1.^a Permitir al caballo hacer el esfuerzo preciso y que este sea el mínimo, lo que exige que los tirantes tengan la inclinación más favorable, que el caballo esté libre en sus movimientos y que no tenga que soportar ninguna parte del esfuerzo ejercido por los que le preceden.

2.^a Que se pueda enganchar y desenganchar rápidamente.

3.^a Que la caída de un caballo no arrastre la de otro y no obligue á desengancharle para levantarlo.

4.^a Que un caballo muerto pueda reemplazarse fácilmente.

Y 5.^a Que los conductores no estén molestos en sus movimientos.

La imposibilidad de que un atalaje satisfaga á todas estas condiciones, hace se empleen de tres clases distintas que son; el de varas ó á la *catalana*, el de lanza á la *alemana* para los carruajes de contrapoyo, y el de *violin* para los de lanza suspendida (1).

(1) El atalaje reglamentario en España es el de violin que describe el reglamento para la Instrucción especial de los Regimientos de Artillería, tomo 3.^o, título 4.^o, capítulo 1.^o y 2.^o, páginas 265 y siguientes y láminas 5, 6 y 7; á lo que nos referimos por ser obra de texto: si bien para la mejor explicación es conveniente dar esta sobre uno de la batería de la Academia. Existe sin embargo un nuevo atalaje, el que solo se diferencia del de la instrucción en detalles (sin importancia para el conocimiento de él) y cuyo collarón es conveniente, pero los tirantes se rompen fácilmente por su enganche con el collarón. Se emplean indistintamente uno y otro, pues el primer Regimiento montado tenía dos bate-

Atalaje de varas ó á la catalana.—(1) En este modo de atalajar se supone que el tiro marcha en una sola hilera, los unos delante de los otros, y la mula de atrás entre las varas para mantener y dirigir el carruaje.

Los arneses de este atalaje constan: para la mula de varas; de la zofra y barriguera, el sillopin, la retranca y cadenas de retenida, el collaron y dos tirantes y la brida: para las demás mulas; collaron con dos tirantes, alza-tirantes, barriguera y la brida.

En las varas del carruaje está situada la zofra, que descansa sobre el sillopin que lleva la mula, el cual tiene por objeto evitar el rozamiento y aumentar la estension del apoyo y por medio de la barriguera se impide se eleven las varas: la retranca y cadenas de

rías con el atalaje de la instruccion y las otras llevaban el nuevo, y el cuarto Regimiento montado usaba el de la instruccion con el collaron del nuevo modelo pero con los ganchos diferentes por no ser apropiado los de este para enganchar los tirantes del antiguo modelo.

Suprimidas hace muchos años las compañías del tren, no existe atalaje reglamentario para los carruajes de sitio ó contra-apoyo, hechándose mano cuando se necesita del ganado de los Regimientos ó de requisa con el atalaje ó arneses de respeto de los parques ó aprovechando el suyo en lo posible y por consiguiente sirve el descrito en la instruccion. Aunque se estableciese el tren sucederia probablemente lo mismo, pues apesar de que dichos carruajes se conducen generalmente al paso debe haber ganado de silla y de mano para gobernarle bien, durante las marchas de noche y ataques al comboy y además por lo conveniente que es simplificar el material: la diferencia consistirá en no necesitar violin y en el diferente modo de enganchar los tiros.

Creemos escusado detallar el atalaje de varas por ser bien conocido y mas teniendo la Academia carro catalan para poder ver sobre su atalaje la diferencia que hay con la de la instruccion. Aunque diferente, á esta clase de atalaje, corresponde el de Artillería de montaña cuando en terrenos apropiado se colocan las limoneras á la cureña para convertirla en carruaje de dos ruedas y facilitar su conduccion sin fatigar tanto al mulo.

(1) Este atalaje es conocido en Francia con el nombre «de á la francesa ó de Gribeauval» el cual lo aplicaba lo mismo á los carruajes de dos ruedas que á los de cuatro, pero con varas.

retenida fijas á estas sirven para cejar y retener el carruaje en las bajadas, mientras que la traccion se ejecuta por los tirantes sujetos por un lado al carruaje, y por el otro al colleron, dándose direccion por medio de la brida.

Las otras mulas, que solo han de tirar hácia adelante, lo verifican por medio de un colleron y tirantes que se unen al colleron de la de atrás, ó mucho mejor á los tirantes de esta, algo detrás de dicho colleron, y sosteniéndoles por el alza-tirante y barriguera que están ligados á unas vainas de cuero, por las cuales pasan los tirantes, para evitar se roce el ganado; corríjense las direcciones con la brida.

Este atalaje, en el cual el ganado tira uno sobre otro, es sencillo y puede reemplazarse fácilmente una mula de la hilera, á escepcion de la de varas.

Presenta en cambio los inconvenientes siguientes:

1.º Hacer demasiado largas las columnas de artillería.

2.º Ser muy difícil, aunque el camino sea llano y se marche al paso, é imposible en terreno desigual y á aires vivos, el que las mulas tiren exactamente en la direccion del movimiento y que formen sus tirantes una sola línea: tampoco es conveniente que los conductores traten de conseguirlo, pues se causaria al ganado mayor fatiga, no dejándole separarse algun tanto á derecha ó izquierda para elegir mejor piso, y asegurar su marcha, especialmente en terrenos desiguales y en caminos cortados por rodadas profundas. Por esta causa, uno solo de los ramales de los tirantes

quedará estendido, tendiendo á sacar de su sitio al colleron, fatigando mas ó menos á cada animal, excepto al 1.º que es el único libre en sus movimientos.

3.º Deteriorar prontamente á la mula de varas apesar de que será la mas vigorosa del tiro. En efecto, sufre sobre sus tirantes los esfuerzos de todas las demás; que, ó la impulsarán á derecha é izquierda contra las varas y no podrá evitar los haches y rodadas, ó la espondrán á ser derribada ó levantada en vilo: lo primero es fácil en terrenos escabrosos y desiguales, y lo segundo si hay barrancos ó eminencias que salvar: no podrá dirigir el carruaje, tanto por los choques de este como por lo ya dicho, si hay que cortar los surcos de un campo: en los cambios bruscos de direccion es arrojada fuertemente sobre una de las varas y apretada por el tirante opuesto: y en las bajadas está sola para contener el carruaje, sufriendo en mayor escala segun sea la cuesta mas rápida y el suelo mas resbaladizo, encontrándose espuesta á graves accidentes.

Estas desventajas son mayores segun lo sea el aire de marcha.

4.º Que las mulas no tiran bajo el ángulo de traccion mas favorable y por consiguiente la resistencia nunca se reduce al mínimo; pues teniendo que poner en varas la mula mas corpulenta y delante la de menos alzada, los tirantes de esta se encuentran inclinados en sentido contrario de la direccion que debian tener y se forman ángulos en la union de ellos; todo lo cual ocasiona gran pérdida de fuerza.

5.º Estando mal vigiladas las mulas pueden, á

excepcion de la primera, tener sus tirantes tendidos y no ejercer ningun esfuerzo.

Y 6.º Ser largo y complicado el atalajar, levantar si se cae y reemplazar á la mula de varas: para lo primero hay que colocar un gran número de objetos y sobre todo introducir la mula entre las varas, y lo 2.º y 3.º obliga á desatalajar para atalajar despues; y esta pérdida de tiempo traerá graves consecuencias en la guerra; sobre todo si produjera la rotura de una de las varas, pues habria que abandonar el carruaje.

Vemos que de los defectos expresados, unos dependen de la manera de colocar el ganado, y otros de la composicion del carruaje. Lo comun de esta clase de atalajes en España, hace se conserven para los carros catalanes de las secciones y será el que se use cuando de dicha clase se contraten ó requisen para trenes de campaña ó sitio. Además, se le necesita para el carro de trinchera, que es de varas y dos ruedas, y en él, se atenúan los defectos de colocar el ganado en una sola hilera, poniendo las dos mulas aparejadas, una entre varas para mantener el carruaje, y la otra enganchándola á su derecha fuera de varas, pues no hace mas que tirar. Los tirantes de esta, terminados por un anillo se sujetan en los ojos de un balancin de hierro colocado en una espiga que tiene la vara de la izquierda, sobre la que puede girar, y para mantenerle perpendicularmente al eje lleva en su mitad una cadena, que se engancha en la *volandera de gancho* de la rueda izquierda, y así se trasmitirá mejor el esfuerzo de dicha mula. En ella monta el conductor para dirigir el carruaje, y á fin de que no le dañe la vara inme-

diata, se hace que su pierna salve el extremo de la vara avanzando la referida mula una distancia convenientemente arreglada por la longitud de los tirantes.

Aun así presenta además del defecto 6.º y parte de los del 3.º los dos siguientes:

1.º No poder pasar por caminos que no tengan mas anchura que el carril del carruaje, y que sean encajonados.

Y 2.º La vara tiene que resistir continuamente al movimiento de rotacion que produce la resultante de dos esfuerzos que no pasan por el medio del eje (1).

Atalaje de lanza á la alemana (2).—Esta manera de atalajar es la que se emplea para los carruajes cuya lanza se sostiene por los puntos de apoyo del tren posterior sobre el anterior. Se dispone en parejas, que toman los nombres de *tronco*, *primeras cuartas*, *segundas cuartas y guías* cuando el tiro es de cuatro y suprimiendo las segundas cuartas y las primeras, si es de tres ó dos. Conviniendo que vayan montadas por sus conductores las mulas de la izquierda, se las llama, por eso, de *silla*, dando á las otras el nombre de las de *mano*.

Los arneses de este atalaje son: para el tronco, el *colleron y tirantes*, *cejadero corto y largo*, *retranca*, *grupera y silla*, *guarda-pierna*, *brida y látigo*.

Se colocan las mulas de tronco á uno y otro lado de la lanza, enganchándose sus tirantes en la *vara de*

(1) En los carruajes de la Artillería Inglesa de campaña de cuatro ruedas y de varas, hay precision de enganchar los tirantes de cada pareja en los de la anterior, conservando además parte de los inconvenientes expresados para los atalajes de varas.

(2) Por dicho nombre es conocido en Francia.

guardia, que está fija al avantren: dichos tirantes sirven para ejercer la traccion por medio del esfuerzo que las mulas hacen sobre el colleron; este tiene en su parte inferior un gancho de donde sale el cejadero corto; en él que actuando (sobre el de su lado) cada animal, ha de hacer cejar el carruaje ó contenerle en las bajadas, ayudando por el cejadero largo, que se sujeta á dos anillas fijas en el *horcate* del colleron y que pasando por otra anilla que tiene el *gancho del colleron*, viene á unir los dos extremos de la retranca. Esta se situa sobre el cuarto trasero y se sujeta por la grupera de la silla. En la mula de la izquierda se monta el conductor que se pone un guarda-pierna para resguardarse de los golpes de la lanza y dirige la mula por medio de la brida y valiéndose de su látigo.

El ataje para cuartas y guias, consta de *colleron y tirantes, silla y grupera, brida y látigo*.

Se enganchan las primeras cuartas á una *bolea* móvil colocada en la punta de la lanza, y las segundas cuartas y guias en los tirantes de cada pareja anterior (1).

(1) Este era el ataje adoptado por Gribeauval para los carruajes de Artillería de campaña, pero con balancines movibles en los extremos de la bolea de la lanza y de otra bajo la vara de guardia, y que suprimidos ó sea haciendo que el ganado tire directamente sobre las boleas ha sido adoptado en Francia para los carruajes del material de sitio (Md. 1858).

En los carruajes del comercio (tales como las galeras que por requisita ó contrata podrán formar parte de nuestros trenes) para conseguir la independencia mútua del ganado, se suspende de la lanza una gran cadena la que se guarnece de tantas boleas como parejas haya delante de la de tronco. Esto tiene en cambio dos inconvenientes que dificultan el aplicarlo á los carruajes de artillería. 1.º Ser fácil, que el ganado se enrede en la cadena si hubiesen de maniobrar, conversar y cambiar de direccion; y 2.º Que el peso de la cadena aumenta el trabajo de traccion y hace que este se ejerza regularmente de arriba abajo sobre el extremo de la lanza.

Si el carruaje no lleva mas que dos parejas, como en algunos de los descargados ó de respeto de los trenes, reúne entonces el tiro, todas las ventajas posibles.

1.^a Cada mula es libre en sus movimientos y no sufriendo ninguna sacudida del carruaje, ni soportando parte del esfuerzo de las demás, su fatiga será solo la correspondiente á la cantidad de trabajo útil consumido en el arrastre del carruaje.

2.^a Que facilita el ejecutar los cambios de direccion: pues á consecuencia de la espresada independencia el tronquista dirige el movimiento, sin que las mulas de la bolea y las guias, arrastren tras sí á las de tronco.

3.^a Permite dar á los tirantes del tronco la inclinacion mas conveniente para que ejerzan su máximo esfuerzo, y si bien los de las guias deben estar en el plano del extremo de la lanza y del eje delantero (para que no resulte presion contra dicho extremo) tampoco será muy desventajosa esta inclinacion.

4.^a Las dos mulas de tronco dividen entre sí con igualdad el trabajo de contener el carruaje en las bajadas, y aunque el esfuerzo sea algo oblicuo al eje de la lanza, la pérdida de fuerza será poco considerable.

Y 5.^a Las operaciones de atalajar y desatalajar, son sencillas y cortas. La caida de una mula no ocasionará la de otras, y se volverá á levantar sin necesidad de desenganchar. Una mula muerta ó herida puede reemplazarse fácil y prontamente y aun continuar la marcha con uno ó dos caballos menos, si los que quedan tienen bastante fuerza para la traccion del carruaje.

Si el tiro es de seis mulas, principian á presentarse los inconvenientes. En efecto, estando las guías enganchadas sobre los tirantes de las primeras cuartas, hacen perder á estas su libertad y obligan al tronco á desarrollar esfuerzos mayores para dirigir la lanza; pero de ningun modo á caer ni á ser elevados en los pasos difíciles; y así á dicho atalaje de seis mulas se le considera como de buen empleo.

Si el tiro es de ocho mulas, cual en los carruajes de sitio cargados, se aumentan las desventajas y se cae en parte en las de solo una hilera; si bien como los choques que cada mula reciba serán proporcionales al número de las que la precedan, los inconvenientes tendrán menos de la mitad de valor en este atalaje que en el de varas, aunque serán lo suficiente para que las mulas de tronco conservando su independencia estén espuestas á soportar grandes esfuerzos al salvar obstáculos considerables. Esta falta pierde mucho de su importancia en los carruajes de sitio que marchan por carreteras y á paso moderado. Por consiguiente, el tiro de ocho mulas nos convendrá solo para los trenes de sitio, escepto cuando lo exija la naturaleza del terreno del teatro de la guerra (1).

(1) Como la existencia ó nó de los balancines movibles de las boleas es una de las cuestiones mas contravertidas de la Artillería francesa, habiéndose no hace mucho, preocupado de su restablecimiento en las boleas fijas del material de 1858, creemos conveniente indicar las contras y ventajas que les marcan. Dicen sus defensores que son convenientes. 1.º Porque siendo movibles los puntos de enganhe, puede el collaron obedecer al movimiento de las espaldas y no rozar el ganado. 2.º Que en los cambios de direccion, no están espuestos los motores á tirar solo de un tirante rompiéndole ó rozándose; y 3.º Que así no es muy perjudicial la influencia de los tirantes desiguales (lo cual puede suceder) porque el caballo tomará la posicion mas conveniente para hacer su esfuerzo. Pero sus adversarios dicen. 1.º Que si bien serán útiles en los caballos

el **Atalaje de violin**.—Se usa para nuestros carruajes de campaña, pues por consecuencia de la independencia que se ha dado á los dos juegos, ya para poder pasar fácilmente de la posición de camino á la de combate, ya para aumentar su movilidad, ha sido preciso que la pareja de tronco sostenga la lanza limitando sus oscilaciones. Con este objeto se emplea el violin (1) que es una vara situada horizontalmente en unos ganchos que tienen las sillas del tronco y del que por su parte media se suspende la lanza por una correa sin fin llamada *correon de sosten*.

Por causa del violin ha habido que suprimir la bolea móvil del extremo de la lanza, tanto para no aumentar el peso que sostiene el tronco, cuanto porque

de tronco, porque si no tiran de un balancin fijo en la lanza, son inútiles. pues la bolea es bastante movable para que el colleron obedezca al movimiento de las espaldas y que además los balancines no tomarán la posición mas conveniente teniendo que obedecer los esfuerzos de dos ó tres caballos, segun el tiro sea de seis ú ocho. 2.º Que como se pierden y se rompen se necesita llevarlos de respeto, lo que aumenta el material; y 3.º Que complica las operaciones de atalajar cuando hay que reemplazar algun caballo.

(1) Para atenuar los defectos del violin se han ensayado en Francia diferentes medios y por último se adoptó igualmente que en Bélgica un soporte de dos brazos (fig. 13) que puede girar alrededor del colleron y que está colocado en la lanza. Cada brazo tiene un movimiento articulado con el colleron por el cual puede plegarse adelante, atrás y separarse hasta un ángulo recto. Un anillo de hebilla situado en una correa de enganche fija en la parte de abajo del colleron de los caballos de tronco pasa á lo largo de cada brazo y hace que dicho tronco lo mantenga horizontal y sostenga la lanza. Así se corrigen parte de las desventajas debidas á la rigidez de nuestro violin y da independencia á los caballos. En efecto: 1.º Deja libertad al ganado para separarse ó aproximarse á la lanza, lo que es muy conveniente en caminos estropeados. 2.º Es bastante resistente para no romperse por la caída de una mula é independiente para no arrastrar la otra. 3.º Va bastante alto para no estorbar al ganado y bastante bajo para no incomodar al tronquista, pero en cambio no es ventajoso suspenderle del colleron, pues hará sufrir al animal los efectos del choque en el cuello mientras con el nuestro los soporta sobre el lomo.

Apesar de que en el material modelo de 1858, han suprimido el colleron para efectuar la tracción, conservan sin embargo, para este atalaje, un colleron que solo lleva la hebilla de violin y que por medio del soporte descrito hace tambien que la lanza descansa sobre el cuello del caballo.

con ella se acrecentarian los choques y oscilaciones de aquella, pues sobre dicha bolea vendrían á ejercer su esfuerzo las otras parejas. Ha sido preciso que estas, que continúan con los nombres de cuartas y guías, obren directamente sobre los tirantes de las de otras y que las de tronco se enganchen en la vara de guardia.

Así pues, el arnés ó arreos de este atalaje, se compondrá para el ganado de tronco: de *colleron y tirantes, cejadero corto y largo, retranca, grupera y silla con un gancho de violin, violin con su correon de sosten, y correa de violin* que sirve para que no se salga de los ganchos, *guarda-pierna y látigo*. Y los de las parejas de cuartas y guías: de *colleron y tirantes, silla y grupera, brida y látigo*.

Se verifica el enganche análogamente á lo dicho para el atalaje á la alemana, aumentando solamente en el tronco la colocacion del violin de la manera ya indicada para sostener la lanza.

El atalaje de violin participa á la vez de las condiciones del á la alemana y del á la catalana; pero las desventajas de este se hallan disminuidas, pues solo llevan generalmente tres mulas en hilera y una de cada pareja está montada, lo que permite vigilar cada mula y que tiren con uniformidad, debiéndose pues, cuidar preferentemente de que los conductores lleven el ganado en tiro (1). Además este

(1) Son bastante comunes en España y por lo tanto formarán parte de nuestros trenes, ya por requisa ó por contrata, los llamados carros manchegos ó de violin que tienen dos ruedas y lanza: como así no puede quedar sujeta esta, se sostiene por medio del violin que es un madero ó vara que descansa sobre el cuello de las mulas.

atalaje tiene los inconvenientes anejos al violin (1).

1.º Fatigar á las mulas de tronco, haciéndolas sostener la lanza y sufrir con sus choques. Para salvar en lo posible esta falta se construyen los carruajes de tal modo, que dejando á la lanza bastante flexibilidad para marchar por todos los terrenos resulten con la suficiente estabilidad para que el peso sostenido por el tronco sea poco considerable é independiente de la carga y que el punto de union de los trenes esté á

(1) Como advertencia general sobre los atalajes, haremos presente que la Artillería Prusiana y la Francesa en el material de 1858 ha suprimido el collaron para efectuar la traccion, ejerciéndose el tiro con el pecho por medio de una pechera ó pretal en la cual se fijan los tirantes, y se sostiene por un sobrecuello que pasa por encima del cuello cerca de la cruz. Los cejaderos para los caballos de tronco atraviesan por encima de la pechera y sostienen la cadena del extremo de la lanza.

La causa de esta modificacion ha sido que un collaron ajustado á un caballo en cierta época no le sirve en otra, especialmente en campaña en que tanto pueden variar sucesivamente de carnes; pero no parece conveniente la espresada modificacion, pues las correas con el tiempo se endurecen y al suceder esto con la pechera, como no se apoya (cual lo ejecuta el collaron) sobre la espalda del lado del tirante que tira mas rozará y herirá á los caballos mas rápidamente que un collaron mal ajustado. Por esta razon y para hacer igual la traccion en los tiros, han tratado de volver á los balancines para el material de 1858.

No es pues de estrañar, que habiéndose hecho pruebas en España segun circular de 14 de Mayo de 1861 se propusiera por acuerdo de 11 de Marzo de 1864 el que cesasen dichos ensayos y que se continúe usando el atalaje de collaron, que por circular de 15 de Diciembre de 1858 se habia adoptado, modificado del francés, con diferentes dimensiones para caballos y mulas y de tres tallas en cada una de ellas. Sin embargo, en la campaña Franco-Prusiana no han dado mal resultado.

Ya que en el presente artículo se trata del ganado y dada la importancia que tiene la Artillería de montaña para la clase de terrenos en que generalmente se ha de operar en España, tal vez en alguna ocasion pueda ser de utilidad los datos que sobre el caballo de carga espresa la tabla número 12.

bastante altura á fin de que los choques que se produzcan entre los dos trenes no hagan oscilar demasiado la lanza, ni produzcan grandes sacudidas.

2.º El violin puede romperse al caer una mula y una arrastrar á la otra, si bien sucede con poca frecuencia.

Y 3.º Coarta la independendencia mútua de las mulas de tronco.

(1) Como se ve en el artículo que se inserta en el número 12 de la Revista de Agricultura, Ganadería y Pesca, en el número de 1888, se ha experimentado el sistema de tracción en el tiro con el efecto de que el medio de una pareja ó pareo en la cual se tiran los animales, y se sostiene por un solo punto que pasa por encima del cuello de la mula. Los experimentos para las carretas de tronco se verificaron por encima de la cabeza y sostienen la cabeza del estremo de la lanza.

La causa de esta modificación ha sido que en el sistema antiguo se usaba en cierta época no se tiraba en otra, especialmente en campaña en que tanto pueden variar sucesivamente de carnes; pero no parece conveniente la especie modificada ~~en el tiempo se en- tuerca y al momento con la cabeza, como no se apoya (cual lo ejecuta el collar) sobre la espalda del lado del tirante que tira mas fuerte y hacia á los caballos con rápidamente que un collar mal ajustado. Por esta razón y para hacer igual la tracción en los tiras, han tratado de volver á los antiguos para el material de 1888.~~

Después de esto, que habiéndose hecho pruebas en España según el artículo de 14 de Mayo de 1881 se propusiera por acuerdo de 11 de Mayo de 1881 el que consisten dichos ensayos y que se continúe usando el sistema de tracción que por circular de 15 de Diciembre de 1880 se había adoptado, modificado del tracción con diferentes dimensiones para caballos y mulas y de tres ejes en cada una de ellas. Sin embargo, en la campaña de 1881-1882 no han dado el resultado.

Ya que en el presente artículo se trata del ganado y de la importación que tiene la Agricultura de montaña para la clase de terrenos en que usualmente se da el ganado en España, tal vez en algunas ocasiones pueda ser de utilidad los datos que sobre el caballo de esta especie se dan en el número 12.

ción ó disposición que se dá para que el todo resulte apropiado para el servicio á que se le destina.

Esto sabido, pasaremos ya á establecer los principios en que ha de estar fundado el trazado del carruaje de cada clase de carruajes.

Dichos principios los dividiremos en dos secciones:

la primera que comprende las reglas para cada especie de carruajes y la segunda los comunes tanto para los de dos ruedas como para los de cuatro.

PRINCIPIOS DEL TRAZADO.

Las hemos agrupado en la primera por el carácter de dos ruedas.

Las de que depende el trazado del carr-

CAPÍTULO 3.º

Las presiones (v) y (s) (capítulo 1.º) que en terreno inclinado soportan respectivamente el eje y la muela en la parte que las líneas de trazado que tienen

PRINCIPIOS PARTICULARES Á CADA CLASE DE CARRUAJES.

el término P y que importancia y que existe tanto cuando el carruaje está en reposo como en movimiento experimentamos por ella, estudiando después las modificaciones que las otras partes introdu-

Objeto del trazado.—Llamamos trazado á la determinación de las formas y se aplica á la reunión de las partes y á cada una de ellas.

En el trazado de los carruajes tenemos que distinguir el correspondiente al *conjunto* y los de *detalles*.

Estos marcan las dimensiones convenientes de cada parte y el primero regula sus posiciones, es decir, fija las *líneas del trazado* ó sea las distancias que ha de haber entre aquellas, que dependerán de la *composi-*

cion ó disposicion que se dé para que el todo resulte apropiado para el servicio á que se le destina.

Esto sabido, pasaremos ya á establecer los principios en que ha de estar fundado el *trazado del conjunto* de cada clase de carruajes.

Dichos principios los dividiremos en dos secciones: la primera que contenga los particulares para cada especie de carruajes y la segunda los comunes tanto para los de dos ruedas como para los de cuatro: de cuyas secciones nos ocuparemos por el orden en que las hemos espresado, empezando en la primera por el carruaje de dos ruedas.

Líneas de que depende el trazado del carruaje de dos ruedas.—Examinando las fórmulas de las presiones (r') y (s') (capítulo 1.º) que en terreno inclinado soportan respectivamente el eje y la mula en la zofra, vemos que las líneas de trazado que tienen influencia son las a , l , y d ; y como la a hace variar el término $P'a$ que es el de mayor importancia y que existe tanto cuando el carruaje está en reposo como en movimiento empezaremos por ella, estudiando despues las modificaciones que las otras pueden introducir; quedando así deducidos implícitamente los principios del trazado.

Situacion del centro de gravedad (sin considerar las ruedas.)—En primer lugar recordemos que al tratar de los carruajes de dos ruedas, hemos dicho (como era natural por la simetría de la máquina) que el centro de gravedad estaba en el plano de simetría.

Ygualmente espresamos, que en la práctica, el peso no actuaba sobre el eje. En efecto: si tuviese esta

posicion, la mula de varas no sufriria presion alguna en el espresado de reposo; pero en cambio en el de movimiento las menores irregularidades del terreno producirian contínuas oscilaciones y choques contra las varas y que inutilizarian á la mula.

Como el peso no ha de gravitar directamente sobre el eje, será necesario fijar la posicion mas conveniente del centro de gravedad y para ello nos valdremos de los valores (r') y (s') (capítulo 1.º) que son:

$$\bar{P}' = P' \left(\frac{l \cos. \varphi - a}{l} \right) - Q \left(\text{sen. } \alpha \pm \frac{d}{l} \right) \text{ y } \bar{\bar{P}}' = \frac{P' a \pm Q d}{l}.$$

Considerando la segunda ecuacion tendremos, que siendo en la práctica mayor el término $P'a$ que el Qd será $\bar{\bar{P}}' < 0$ si es $a < 0$: mientras que el signo — que hay en el primer término del segundo miembro de la primera se convertirá en + y aumentará \bar{P}' . Por consiguiente, las ruedas sufren mayor presion cuando el centro de gravedad está por detrás del eje y la barriquera oprimirá á la mula de varas, impidiéndola que se afirme sobre el terreno para ejercer la traccion. Es pues muy importante que el centro de gravedad del cuerpo del carruaje y carga esté por delante del eje.

Admitida esta posicion observaremos, que \bar{P}' encontrará en las espresiones de las resistencias que el esfuerzo Q ha de vencer, luego al hallar el valor exacto del expresado Q (por el método teórico que hemos indicado en el capítulo 1.º) estará en el numerador el término

$$P' \left(\frac{l \cos. \varphi - a}{l} \right) \text{ y en el denominador el } \left(\text{sen. } \alpha \pm \frac{d}{l} \right).$$

Como el valor de Q crecerá directamente con

$$P' \left(\frac{l \cdot \cos. \varphi - a}{l} = P' \left(\cos. \varphi - \frac{a}{l} \right)$$

convendrá que sea grande la relacion $\frac{a}{l}$: como á l le fijan las consideraciones del servicio, será preciso aumentar la separacion del centro de gravedad. Pero al crecer a aumentará el valor de \bar{P} y será evidente que deberemos tomar para la referida a , una distancia que no dé excesiva estabilidad á las varas, la que no habiendo de pasar de ciertos límites, tendrá que ser tanto menor cuanto el peso P' sea mas considerable.

Además, la elevacion del centro de gravedad de P' deberá ser tal, que en las cuestas que se pasen, nunca pueda caer la vertical de dicho P' por detrás del eje, lo que podria suceder, pues el centro de gravedad G (fig. 14) pasará de dicha posicion á una G' , si el carruaje lo hace de un terreno horizontal á uno inclinado un ángulo ρ .

Como la espresada altura no entra en las ecuaciones (r') y (s') no aprovecharán estas para determinarla y nos será preciso trasformar la (r'), lo que ejecutaremos del siguiente modo: supondremos, para simplificar la cuestion que el carruaje esté en reposo, es decir, que la resistencia sea suficiente para impedir el movimiento retrógado de las ruedas sin que la mula tenga que hacer esfuerzo alguno para retener el carruaje y por consiguiente que el eje lo sea permanente de rotacion. Entonces el punto A proyeccion sobre el plano de simetría de los dos en que las varas son

sostenidas por la zofra y que está elevado sobre el eje la distancia d pasará á A' con igual elevacion y el punto B de la horizontal $AB=l$, $A'B'$, quedando $A'B'=l'$; mientras la altura GH se convertirá en su igual $G'H'=b+d=h$ ordenada del punto G' en el sistema XOY . El peso P' equilibrará (para que el carruaje no gire) á las reacciones $-\bar{P}'$ y $-\bar{P}'$ y como el peso P' lo podemos descomponer en $\left\{ \begin{matrix} P' \cos. \varphi \\ P' \sin. \varphi \end{matrix} \right\}$ de las que $P' \cos. \varphi$ distará del origen la cantidad a que antes distaba el peso P' ; la ecuacion de momentos (que es la que reemplazamos) será

$$a.P' \cos. \varphi - (\underline{b} + \underline{d}) P' \sin. \varphi - \bar{P}' l = 0.$$

$$\bar{P}' = P' \frac{a \cos \varphi - (\underline{b} + \underline{d}) \sin \varphi}{l} \dots \dots \dots (r'')$$

Se tendrá la condicion de que en las cuestas la vertical del centro de gravedad no pase por detrás del eje, con solo suponer en la mas pendiente de estas que

$$\bar{P}' = 0 \dots \dots \dots a \cos. \varphi = (\underline{b} + \underline{d}) \sin. \varphi \dots \dots \dots \text{de donde} \dots \underline{b} + \underline{d} = \frac{a}{\text{tg. } \varphi}$$

Como la esperiencia ha limitado en $\varphi = 30^\circ$ la mayor pendiente que debe tentarse que suba el ganado será

$$\underline{b} + \underline{d} = \frac{a}{\text{tg. } 30^\circ} \dots \dots \dots (x)$$

Combinando esta ecuacion con el valor de a que sacaremos de la (r') haciendo $Q=0$ el cual es

$$a = \frac{\bar{P}'}{P'} l \dots \dots \dots (u)$$

Obtendremos $(\underline{b} + \underline{d})$; pues como mas adelante veremos es conocida la carga \overline{P} que puede soportar un caballo. Así deduciremos el valor de \underline{d} ó el de \underline{b} según se trate de construir un carruaje en que se dé el modo de cargar ó hallar la posicion del centro de gravedad en uno ya construido.

Debemos tener presente que tanto en la ecuacion (x) como en la (u) hemos hecho $Q=0$; luego en la práctica el valor de $(\underline{b} + \underline{d})$, solo nos dará un resultado aproximado. Esto lo comprobariamos con respecto á a , comparando el valor que resultaría de la ecuacion (r') y el que obtendriamos haciendo en ella $Q=0$: los que nos marcarian que a no puede ser igual para un carruaje marchando que estando en reposo; pues el valor de \overline{P} de la (r') se diferenciará del que encontrariamos haciendo $Q=0$, en la cantidad $\pm Q \frac{d}{l}$. Así, si la direccion de los tirantes pasa por encima del eje será $Q \frac{d}{l}$ y el primer valor de \overline{P} excederá al segundo; creciendo con la dificultad del tiro, distancia de los tirantes al eje y de este á la zofra, sucediendo lo contrario si d fuese negativo. De aquí que a sea menor en el primer caso y mayor en el segundo que si el carruaje estuviera en reposo.

Por dicha causa, en vez de verificar estos cálculos puede ejecutarse el método práctico de los carreteros que consiste en apreciar si la carga es muy fuerte ó débil levantando á brazo las varas hasta darlas la

inclinacion de las cuestas por donde deba pasarse.

Distancia de la direccion de los tirantes al eje.

—Hemos dicho que el valor de \bar{P}' no escede de ciertos límites, para que las varas no tengan excesiva estabilidad y bajo este supuesto hemos expresado las condiciones con que ha de cumplir el valor de a ; pero como \bar{P}' depende tambien de $\pm Qd$. habrá que estudiar la influencia de la cantidad d .

Para ello, recordemos que el término medio sen. $\alpha \pm \frac{d}{l}$ estará en el denominador del valor teóri-

co de Q , el cual variará pues en sentido contrario de d : mas como la relacion entre dos valores de Q , será evidentemente menor que la que haya entre dos correspondientes de d ; es natural que el producto Qd aumente ó disminuya con d . De aquí, que los tirantes deban siempre pasar á muy corta distancia del eje para que la carga \bar{P}' de la mula de varas sea próximamente la que resulte de la distancia a , á pesar de las alteraciones de d .

Generalmente en terreno horizontal la direccion de los tirantes pasa por encima del eje y el valor de \bar{P}' será $\frac{P'a + Qd}{l}$ y por consiguiente la influencia de d aunque pequeña tenderá á aumentar la de a .

Si suponemos que el carruaje sube por un terreno que forme el ángulo $(+\varphi)$, á medida que este crezca, el término $P'a$ disminuye pues la distancia a será mas pequeña (fig. 15) pero en cambio el Qd (que

:

continuará siendo positivo) crecerá por que el valor de Q es mayor que si el terreno fuese horizontal.

De lo dicho deduciremos que en una subida la presión \bar{P} puede ser mayor, igual ó menor que en terreno horizontal.

Si se baja una cuesta de inclinacion ordinaria el valor $P' a$ será mayor por serlo a y $Q d$ disminuirá por verificarlo Q y en la presión \bar{P}' podría verificarse lo que en el caso anterior: sin que sea óbice el que pueda suceder que el valor de Q resulte negativo, es decir, que el ganado tenga que retener, pues como para dicha operacion tendrá que bajar las ancas, los tirantes pasarán por debajo del eje con lo cual será negativo el valor de d y resultará positivo el de $Q d$.

Hemos dicho que era generalmente positivo, pero si se aumentase escesivamente el rádio de las ruedas resultaría negativo, por pasar la direccion de los tirantes por debajo del eje: tendremos pues antes de adoptar la altura para las ruedas, que calcular la presión \bar{P}' , por que el límite de esta, impone otro á $-Q d$ y por consiguiente á la altura de las ruedas.

Presiones laterales sobre las varas.—Al establecer la teoría de los carruajes hemos admitido que el plano de simetría era vertical y que en él estaban las resultantes de todos las fuerzas y bajo estas condiciones hemos hallado las presiones que existian en el de dos ruedas que estamos considerando, pero si no tuviese lugar lo espresado se producirán presiones perpendiculares á la direccion del movimiento.

En su consecuencia resultarán estas: 1.º Cuando

las ruedas no rueden igualmente bien: 2.° Si el plano de simetría no es vertical: y 3.° Al enganchar una mula á la derecha de la de varas.

1.° Si las ruedas no ruedan igualmente bien, las fuerzas aplicadas á cada manga que se oponen al movimiento, serán desiguales y representémoslas por $-\xi_1$ y $-\xi_2$ que serán componentes horizontales de la resultante $-\xi$ de las fuerzas resistentes correspondientes á cada manga, é iguales y contrarias á las presiones sobre ellas, que resultan así desiguales entre sí. Si trasladamos dichas fuerzas al punto C (figura 16) medio del eje A B, obtendremos la resultante $-\xi$ y además dos pares

$$(-\xi_1 + \xi_1) A C \text{ y } (-\xi_2 + \xi_2) C B,$$

que haciendo tengan un mismo brazo de palanca A C se reducirán á un solo par

$$\{(\xi_1 - \xi_1) - (\xi_2 - \xi_2)\} A C.$$

Este último puede descomponerse en dos; uno situado en un plano perpendicular al terreno que pase por el eje y el otro que esté contenido en un plano paralelo al suelo y que pase tambien por el eje. El primer par tratará de levantar una rueda y comprimir la otra contra el terreno; pero su efecto se destruirá con el de la carga del carruaje. El segundo tenderá á que gire el sistema alrededor de un eje normal al suelo y como la resistencia de la rueda, no será suficiente para destruirle, causará una presión contra una de las varas, teniendo el motor que contenerla; si bien poco será el aumento de fatiga que lo producirá.

2.º Si el plano de simetría no es vertical, es decir si el eje estuviese inclinado un ángulo $\bar{\varphi}$ (figura 17) el peso P' se descompondrá en $\left\{ \begin{array}{l} P' \cos. \bar{\varphi} \\ P' \text{sen. } \bar{\varphi} \end{array} \right\}$ y si el terreno no se opone lo suficiente para destruir á $P' \text{sen. } \bar{\varphi}$ que tratará de volcar el carruaje, las varas ejercerán una presión lateral contra el anca de la mula, y otra á la parte anterior de ella y en sentido contrario; lo que fatigará mucho al motor por débiles que sean dichas presiones.

3.º Si en el carruaje de varas se engancha otra mula á la derecha (como sucede en el carro de trincheras) la resultante Q (figura 18) de los esfuerzos \bar{Q} y \bar{Q}' de ambas mulas no divide por medio al eje AB y llevándola á actuar al punto medio C resultará otra fuerza $Q'=Q$ y un par $(Q, -Q) CE$; y el carruaje además de la tracción tenderá á girar alrededor de un eje perpendicular al terreno, y si este no opone suficiente resistencia, la mula de varas sufrirá una presión contra su costado.

Estudiados los principios del trazado, particulares al carruaje de dos ruedas, pasaremos á los correspondientes de los de cuatro.

Líneas de que depende el trazado de los carruajes de cuatro ruedas.—Observando las fórmulas de las presiones correspondientes á los carruajes de cuatro ruedas, vemos que ciertos términos dependen de los pesos de los trenes y los otros son funciones de las fuerzas tractivas. Pero como estos alterarán los resultados que den aquellos; para que podamos

establecer las condiciones que ha de llenar el trazado, nos será preciso examinar antes aisladamente la influencia que tienen las líneas que pueden cambiar el valor de los términos y por consiguiente los de las fórmulas.

Desde luego se vé que la posición de los centros de gravedad, situación de la articulación de los dos trenes, puntos del primero en que se fijan los tirantes y distancia entre los ejes, serán los que modificarán dichas presiones, pues las demás cantidades deben darse independientes del trazado: por lo cual, analizaremos dichas partes en el orden espresado.

Influencia de la situación de los centros de gravedad.—Respecto á la posición de los centros de gravedad, reparemos que siendo dos los trenes también serán dos los centros y la situación de cada uno causará su efecto particular.

Considerando el del tren posterior de cualquiera carruaje, ya sea de contra-apoyo (fórmulas (n) y (q) capítulo primero), ya de lanza suspendida ((n') y (q')); la carga \bar{P} del primer eje variará en el mismo sentido que \bar{a} mientras lo hace en el inverso la \bar{P}' del segundo eje.

En cuanto al centro de gravedad del primer tren, habrá que distinguir los carruajes de contra-apoyo, de los de lanza suspendida. Para los primeros las fórmulas (n) y (q) hacen ver que la carga \bar{P} del primer eje se modificará en el mismo sentido que a por verificarlo $P' \frac{a}{l}$: aunque á primera vista parece

que no tiene influencia sobre la carga \bar{P}'' del posterior por no entrar en ella dicha cantidad a , si se sustituye por \bar{P}'' su valor {fórmula (p)} será

$$\bar{P}'' = P'' \frac{\bar{l} - a}{l} - \frac{P' a \pm Q d}{l} + T \left(\frac{d' - \bar{d}}{\bar{l}} \right) \dots \dots (n'')$$

en la que \bar{P}'' disminuirá en igual cantidad, por hallarse el mismo $\frac{P' a}{\bar{l}}$ con signo negativo. En el carruaje

de lanza suspendida a , no causa efecto en la carga del segundo tren por no estar en \bar{P}'' (fórmula (n')), pero si aumenta a disminuirá la \bar{P}' del primer eje

fórmula (q) por existir $-\frac{P' a}{\bar{l}}$ y en cambio aumentará en la misma cantidad la P' que soportan las mu-

las (fórmula (p)).

Influencia de la posición del enganche de los dos trenes.—La influencia de la posición de la articulación de dos trenes, es muy diferente según que el carruaje sea de contra-apoyo ó de lanza suspendida.

Si fuese el de contra-apoyo y la articulación de los dos trenes, se aproxima ó aleja al segundo eje ó se sube ó baja con respecto al terreno, sin que la tracción T deje de ser horizontal y \bar{d} positiva: la carga \bar{P}'' del segundo eje será constante, pues en la fórmula (n'') no existe la cantidad c y la $(d' - \bar{d})$ es invariable por ser iguales las variaciones de una y de otra, por consiguiente ningún término puede cambiar con la posi-

cion de la articulacion, sucediendo lo mismo con el valor de la carga \bar{P}' del primer tren (fórmula (n')).

Además deduciremos tambien, que un cambio en la articulacion no modificará la influencia del esfuerzo T sobre las cargas, por no variar ($d' - \bar{d}$) del término T ($d' - \bar{d}$).

Si el carruaje tuviese las ruedas iguales (como en los actuales) es decir $R = R'$, como d' y \bar{d} son distancias tales que

$$R' + \bar{d} = R + d' \text{ será } d' - \bar{d} = R' - R = 0$$

y la importancia del esfuerzo T es nula: así en esta clase de carruajes nos resulta que el eje de delante estará mas cargado y el de atras menos que en los de ruedas desiguales; si bien dicha diferencia será insignificante (1).

Apesar de lo poco importante que es la situacion de la articulacion, deberemos poner un limite á su variacion del siguiente modo. 1.º Con respecto á la elevacion, teniendo presente que cualquiera que sea esta, es preciso siempre que la lanza quede sostenida por la presion del segundo tren ó sea que $\bar{p}'' > 0$: luego de la fórmula (p) podemos sacar la condicion que han de cumplir dichos carruajes, es decir que

$$P' a \pm Q d > T d',$$

la cual impone el limite deseado á la elevacion de la articulacion por encima del primer eje. Y 2.º En cuanto á la aproximacion al segundo eje, no habrá de

(1) Véase al final aplicacion número 3.

ser excesiva pues á causa de las variaciones de velocidad en los trenes (por causa de los choques que pueda sufrir alguno de ellos) oscilará mas la lanza cuanto mas atrás esté la articulacion.

En los carruajes de lanza suspendida, vemos en las fórmulas (n') y (q') que siempre que se aproxime al segundo eje y se eleve el punto de enganche como c , d' y \bar{d} aumentarán; el valor de la carga \bar{P}'' del segundo eje disminuirá y aumentará la \bar{P}' del primer eje: pero en cambio disminuirá la presión \bar{P}' que soportan las mulas del tronco; y si se alejan del segundo eje se baja el enganche, sucederá lo contrario.

Como en los actuales carruajes de batalla las ruedas son iguales, convendrá tener presente que la influencia de la igualdad de las ruedas es favorable á la carga del eje del avantren, por disminuirse algo d' si bien será contraria á la del motor; pero no consideraremos dicha circunstancia pues en el término $T d'$ tendrá mayor importancia las variaciones de T , que serán notables en esta clase de carruajes por serlo Q á causa de los diferentes terrenos por donde ordinariamente han de operar.

De lo dicho deduciremos, que para aliviar la carga del tronco debe elevarse la articulacion y aproximarla al segundo eje; pero entonces quedará recargada la carga del primer eje, pues para aligerarla sería preciso bajar la articulacion y alejarla del segundo eje. Estas condiciones contradictorias hacen que las distancias c , d' y \bar{d} se dispongan de manera que la carga que soporte el tronco no pueda dañarle.

Influencia de la situacion de los puntos donde se enganchen los tirantes.—La posicion del punto de enganche de los tirantes, hará variar la distancia d ; la cual crecerá si dicho punto se aproxima al eje (suponiendo que permanezca constante φ , y la altura sobre el terreno de dicho enganche) y disminuirá si sucede lo contrario: pero como esta cantidad d entra en las fórmulas de los carruajes de ambas clases necesitaremos examinarlas por separado bajo el supuesto de que generalmente la direccion de los tirantes pasará por encima del eje, siendo d positivo.

Así pues; en los carruajes de contra-apoyo la presion \bar{P}' del contra-apoyo y la \bar{P}' del primer eje cambiarán en el mismo sentido que d y en el inverso, las $\bar{\bar{P}}''$ del apoyo y la $\bar{\bar{P}}''$ del segundo eje, como veríamos en las fórmulas (p) y (q) y en las (m) y (n); pero sustituyendo en las dos últimas por \bar{P}' su valor (fórmula (p)) para que queden en funcion del término $Q d$.

De aquí; dada la posicion del centro de gravedad, para alijerar la carga del primer eje, debe alejarse de este el punto de enganche de los tirantes.

Si el carruaje fuese de lanza suspendida la presion \bar{P}' del primer eje, variará en sentido inverso de d y la $\bar{\bar{P}}''$ de los motores en el mismo sentido; mientras que las \bar{P}'' del gancho y la $\bar{\bar{P}}''$ del segundo eje son independientes de la espresada línea; por consiguiente el punto de enganche solo podrá estar aproximado al eje, lo que permita el límite de la carga de las mulas.

Influencia de la distancia entre los ejes.—Si

:

el carruaje es de contra-apoyo la distancia entre los ejes es \bar{l} , que no entrando en el valor de \bar{p}'' no tendrá influencia sobre la presión en el contra-apoyo, pero hará variar en el mismo sentido que ella lo haga á la \bar{P}' del segundo eje y en el inverso á las $\bar{\bar{P}}''$ del apoyo y \bar{p}' de la carga del primer eje. Las alteraciones inversas de \bar{P}' y $\bar{\bar{P}}''$ serán iguales por serlo los términos en que entra \bar{l} y con signos contrarios, segun expresan las fórmulas (q) y (q''): luego el valor de \bar{l} no debe pasar de los límites convenientes para que las cargas de los ejes lo sean á su vez.

En el carruaje de lanza suspendida, la distancia entre los ejes dependerá de \bar{l} y así la presión \bar{P}'' sobre el perno y la \bar{P}' de la carga del primer eje cambiarán en sentido contrario que \bar{l} y las $\bar{\bar{P}}''$ del segundo eje y la $\bar{\bar{P}}'$ de los motores, lo ejecutarán en el mismo sentido; resultando por lo tanto dos límites para \bar{l} .

Resúmen de la influencia de las líneas del trazado.—Reasumiendo los cuatro epígrafes anteriores, vemos que las diversas modificaciones que podemos introducir en el trazado de los carruajes de cuatro ruedas, dán muy diferente repartición sobre los trenes, de las presiones totales, cuyos valores son:

En el carruaje de contra-apoyo... $\bar{P}' + \bar{\bar{P}}'' = P' + P'' - Q \text{ sen. } \varphi$

En el de lanza suspendida... $\bar{\bar{P}}' + \bar{\bar{P}}'' + \bar{\bar{P}}' = P' + P'' - Q \text{ sen. } \varphi$

Fácil nos sería para una modificación determinada apreciar la carga trasportada de un tren á otro pues para ello no tendríamos mas que valernos de las

fórmulas de las presiones. Si las cantidades de quienes dependen las fuerzas tractivas (fórmulas (c) y (d) capítulo primero) son conocidas, pondríamos por Q y T sus valores y por los pesos P' , P'' y P ($=P'+P''$) los dados. Si el coeficiente de las resistencias de dichas fórmulas nos fuese desconocido daríamos á Q el valor de la resultante de los esfuerzos ejercidos por el ganado atalajado, pudiéndose ya encontrar el valor de T.

Modo de deducir los principios del trazado en los carruajes de cuatro ruedas—Examinada la influencia de las líneas del trazado, pasaremos á estudiar las condiciones de construcción de un carruaje que se proyecte, las que nos servirán para comprender hasta que punto cumple con ellas uno ya construido.

Con el espresado objeto observaremos que en los términos de las presiones, los correspondientes á los pesos de cada tren, que dependen de la posición de los centros de gravedad, se manifestarán aunque el carruaje estuviese en reposo; mientras los de las fuerzas tractivas, solo tendrán lugar durante el movimiento y son muy inferiores á los primeros, por consiguiente dicha situación de los centros de gravedad es la de mayor importancia para el tiro.

Así pues, para establecer el trazado de un carruaje que se proyecte, debemos hacer que satisfaga á las condiciones en el caso de estar en reposo; determinaremos de este modo la colocación de los centros de gravedad y con ellos, como primeras bases apreciaremos la influencia de Q y T sobre las cargas y rectificaremos entonces las situaciones de dichos centros de gravedad para que las cargas no estorben ni al tiro

ni á las demás circunstancias que exija el servicio para que se le destine.

Pero como las posiciones de los centros de gravedad están íntimamente ligadas con el de P, peso total de la carga y cuerpos del carruaje ($P=P'+P''$) vamos á ver ahora la mas conveniente para este último.

Situacion del centro de gravedad de la carga total.—Para ello consideramos lo primero de todo que el centro de gravedad del peso total ha de estar colocado entre los dos ejes, para que dicho peso se reparta sobre las cuatro ruedas y no grave solo sobre un eje. De esta manera, se verificará que en los choques contra los obstáculos (mas ó menos grandes que en diferente número, siempre existen en todos los terrenos y caminos) los efectos son menores; pues al sufrirlos resultará solo una pérdida de fuerza viva proporcional al peso que soporta y aunque el número de choques será regularmente mayor contra las cuatro ruedas que contra dos, es evidente que el motor podrá reponer las pérdidas de fuerza viva con menos fatiga.

De lo espresado deduciremos, que es mas ventajoso para un mismo peso el carruaje de cuatro ruedas que el de dos; pues haciéndose mas uniforme el movimiento no necesita la traccion ejercer tan violentos esfuerzos sobre todo en caminos ásperos y desiguales. Tambien nos indica que los primeros conservan mas los caminos, pues no hacen tan profundas las rodadas, lo que es importante no solo bajo el punto de vista del interés público, sino por que cuanto mas profundas sean las rodadas de los primeros carruajes

de una columna de artillería, mas difícil es la tracción para los últimos (1).

Así pues para uniformar el trabajo motor, será preciso que los carruajes cumplan con las condiciones siguientes: 1.º Que el centro de gravedad total se encuentre en el plano de simetría, pues sino, la carga de las ruedas de un lado sería mayor que la del otro y resultarían presiones laterales y cierta tendencia á volcar. 2.º Que dicho centro esté de tal modo situado que los efectos de los choques sean iguales para las ruedas del tren delantero que para las del posterior.

— Hechas estas observaciones pasemos ya á determinar la colocación de dicho centro de gravedad, para lo cual acorde con todo lo ya indicado, supondremos que el carruaje parta del reposo y que las fuerzas tractivas que equilibren las resistencias del terreno sean iguales para ambos trenes y representando por q el esfuerzo que una rueda del primer tren cargada con el peso \bar{p} necesite para vencer cierta resistencia y por q' y \bar{p}' los de una rueda de atrás en igualdad de circunstancias, tendremos:

(1) Estos resultados han sido confirmados por diferentes experiencias. De las de Desaguillers, se deduce que un carruaje de dos ruedas necesita tres caballos para trasportar el mismo peso que uno de cuatro ruedas con dos caballos y según Josephk Stons Fry una larga experiencia le ha probado que un buen caballo puede tirar de un peso de 350 á 400 kilogramos mayor en una galera que en un carro, y cita entre algunos ejemplos notables, una diligencia de ocho ruedas, que con cuatro caballos, en dos horas conducía 30 pasajeros desde Barth á Bristot (12 millas.)

En lo ya expresado sobre la conservación de los caminos, han de estar fundadas las tarifas de los portazgos, debiendo ser mayor su cuota para la de dos ruedas que para los de cuatro y aun menor si llevase 6 ó mas como la diligencia citada.

$$q = q' \frac{\bar{p} \bar{p}'}{q} = \frac{\bar{p} \bar{p}'}{q} \bar{p}' \frac{p}{q} = \bar{p} \frac{\bar{p}'}{q} \frac{p}{q}$$

de donde

$$\frac{\bar{p}}{\bar{p}'} = \frac{q}{q'} \dots \dots \dots (z)$$

pero $\frac{\bar{p}}{q}$ es la potencia de las primeras ruedas y $\frac{\bar{p}'}{q'}$

la de las segundas; luego las cargas sobre los ejes de cada tren habrán de estar en razon de las potencias de las ruedas. Como para una posicion de los centros de gravedad, las espresadas cargas, por ser solo debidas al peso P, son inversamente proporcionales á las

distancias horizontales $\left\{ \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\}$ de dicha posicion á los ejes: será

$$\frac{\bar{p}}{\bar{p}'} = \frac{y}{x} \dots \dots \dots (z')$$

y si igualamos los segundos miembros de (z) y (z') quedará

$$\frac{x}{y} = \frac{q}{q'} \frac{\bar{p}'}{\bar{p}}$$

y el centro de gravedad deberá estar en el plano de simetría y distar horizontalmente de ambos ejes en razon inversa de las potencias de las ruedas.

Pero desde el momento en que el carruaje se mueva, las cargas sobre las ruedas no serán ya las \bar{p} y \bar{p}' sinó las debidas á \bar{P} y \bar{P}' , las cuales tendrán que cumplir con varias condiciones para la mejor traccion y servicio.

Por lo pronto, no es conveniente sobrecargar el primer tren, tanto por que sus ruedas abren las rodadas y aplanan ciertos obstáculos y por consiguiente han de sufrir generalmente mayor resistencia, como para que no aumente el esfuerzo oblicuo sobre la lanza que pudiera ocasionar su rotura, especialmente en terrenos penetrables. La esperiencia ha probado que la relacion entre las cargas del segundo eje y del primero no debe bajar de dos á uno en los carruajes de ruedas desiguales (1) y de tres á dos en los de iguales, lo que dá el centro de gravedad total mas aproximado al segundo eje que la anterior relacion.

Pero aun así, habrá que fijar la posicion de dicho centro de gravedad de tal modo que los de cada tren (modificado su efecto por el de las otras líneas del trazado) hagan que no sean solo las cargas sino tambien las demás presiones las que tengan valores convenientes, especialmente para que resulte la lanza con la necesaria estabilidad y flexibilidad y de cuyas condiciones por su estension ó importancia las dejamos

(1) Fué la establecida por Gribbeauval para sus carruajes de ruedas desiguales.

para tratarlas separadamente, ocupándonos ahora en fijar la elevacion mas conveniente para el centro de gravedad.

Elevacion del centro de gravedad de la carga total.—La elevacion del centro de gravedad no tiene influencia cuando el terreno es horizontal pero sí en los inclinados; pues variando su distancia horizontal á los ejes lo ejecutarán las presiones; y tanto mas cuanto mayor sea dicha elevacion. Es pues preciso que el mencionado centro de gravedad se acerque al terreno todo lo posible. Así se conseguirá tambien dificultar el vuelco del carruaje, es decir que cuando el terreno lo exija se eleve una rueda mas que otra sin que el sistema sea derribado.

En efecto, supongamos un carruaje atravesando un terreno que forme el ángulo ψ (fig. 19). El referido carruaje estará á punto de volcar cuando la vertical que pasa por el centro de gravedad esté próxima á salir fuera del ámbito de los apoyos, es decir, cuando pase por el punto A en que la rueda mas baja se apoya sobre el terreno. Así, el centro de gravedad, (sin que se verifique el vuelco) podrá estar en G punto de encuentro de dicha vertical con el plano de simetría. Como

es evidente que

$$\text{BGA} = \bar{\psi} \text{ y } \text{tg. BGA} = \frac{\text{B A}}{\text{B G}}$$
$$\text{tg. } \bar{\psi} = \frac{\text{B A}}{\text{B G}}$$

lo que nos dice que la inclinación del terreno por donde pueda pasar el carruaje será mayor á medida que B G ó sea la elevación del centro de gravedad sea menor.

Estabilidad de la lanza y flexibilidad de todo el sistema.—En la situación del centro de gravedad, hemos dicho que su posición ha de ser tal que las de los centros de gravedad de cada tren y las otras líneas del trazado hagan que las presiones tengan valores convenientes; especialmente para que la lanza resulte con la necesaria estabilidad y todo el sistema con flexibilidad.

En efecto: decimos que la lanza de un carruaje goza de estabilidad cuando considerado solo y en reposo queda aquella derecha y que el sistema tiene flexibilidad si la lanza puede tomar las posiciones que exijan los cambios de terrenos, que á su tiempo examinaremos.

Estas propiedades deben existir á un tiempo, pues así se moderarán las oscilaciones de la lanza, debidas á las asperezas y desigualdades del suelo que de otro modo inutilizarían prontamente al ganado de tronco: y al mismo tiempo el carruaje sin que la lanza se rompa podrá seguir los cambios de dirección y de elevación que el término forme.

Lo contradictorio de las espresadas propiedades, nos hace ver que deben estar entre ciertos límites para que ninguna sea excesiva y como por el diferente servicio á que se destinan los carruajes, deberán ser también diferentes aquellas según nos refferamos al de contra-apoyo ó al de lanza suspendida; vamos á

encontrar las condiciones con que ha de cumplir el trazado para que los carruajes, en las dos clases dichas posean las referidas propiedades.

Estabilidad y flexibilidad en los carruajes de contra-apoyo.—Tratando de los de contra-apoyo, empezaremos por estudiar las presiones y resistencias que produciendo la estabilidad y flexibilidad nos han de marcar las condiciones del trazado.

En los referidos carruajes las oscilaciones de la lanza serán de dos clases, horizontales y verticales. Limitánse las horizontales por la resistencia del avantren á girar alrededor del perno pinzote de la cual, una parte es debida á la resistencia del terreno y la otra al rozamiento de los puntos de contacto entre ambos trenes; mayor segun lo sean las presiones y la distancia de estos puntos al perno. En cuanto á la oscilacion vertical hácia arriba, está contrariada por el peso del avantren, cuyo centro de gravedad necesita estar por lo tanto delante de su eje á una distancia que en las circunstancias ordinarias del tiro equilibre á la presion del tren posterior sobre el contra-apoyo y para impedir que en caso de algun choque violento del carruaje se salga el perno pinzote de su encaje se asegura la union por medio de una cadena llamada de retenida. A la oscilacion vertical hácia bajo se opone la reaccion del tren posterior contra la misma pieza de contra-apoyo, siendo preciso que la presion de esta pieza no pueda levantar dicho tren.

Cumplidas estas condiciones, el carruaje tendrá gran estabilidad, pero es necesario que deje flexibi-

lidad al sistema para que el ganado con un esfuerzo conveniente pueda abrir el ángulo de tijera.

Así pues, la fuerza que hemos visto produce estabilidad es la presión \bar{P}'' del segundo tren contra el apoyo (fórmula (m) capítulo 1.º)

$$\bar{P}'' = \frac{P'' \bar{a} + T \bar{d} - \bar{P}'' (\bar{l} - c)}{\bar{l}}$$

y habrá estabilidad siempre que $\bar{P}'' > 0$, y dejará de haberla si la \bar{P}'' del contra-apoyo (fórmula (p) capítulo 1.º)

$$\bar{P}'' = \frac{P' a + Q d - T d'}{c}$$

hiciese nulo ó negativo á \bar{P}'' ; por consiguiente después de sustituir el valor de \bar{P}'' debe ser siempre la \bar{P}'' positiva; es decir igual al cuadrado de cierto número B.

Pero de esta manera solo habrá estabilidad; mas como el sistema ha de gozar también de flexibilidad, será preciso que la presión \bar{P}'' del contra-apoyo no sea tan grande que cause la rotura de la lanza cuando en ciertas condiciones las primeras cuartas enganchadas en la bolea móvil ejerzan un esfuerzo de arriba á bajo. Representemos por X el mayor esfuerzo vertical descendente (figura 20) que puede sufrir el extremo de la lanza sin romperse: es evidente que no se verificará siempre que haya equilibrio entre las fuerzas que actúan. Ahora bien, la fuerza X que accionará á la distancia horizontal que hemos llamado l tiende á

que la lanza gire alrededor del primer eje, luego las ecuaciones de equilibrio quedarán reducidas á las de los cuerpos que tienen un eje fijo ó sea $\Sigma M_o F=0$; que no debiendo entrar las fuerzas tractivas se convertirá en

$$X l + P' a - \bar{P}'' c = 0.$$

La que nos espresará el mayor valor que la resistencia \bar{P}'' del carruaje habrá de oponer á que la lanza baje y con el cual, á lo sumo como límite podrá anularse \bar{P}'' y la ecuacion de momentos del segundo tren, á quien es debido dicha \bar{P}'' , tendrá que ser, suprimiendo tambien las fuerzas tractivas.

$$P'' \bar{a} - \bar{P}'' (\bar{l} - c) = 0$$

De lo dicho deduciremos que las ecuaciones halladas representan las condiciones que deseábamos; pues son:

$$\left. \begin{aligned} \bar{P}'' &= \frac{P'' \bar{a} + T \bar{d} - \bar{P}'' (\bar{l} - c)}{\bar{l}} = B^3 \dots (A) \\ \bar{P}'' &= \frac{P' a + Q d - T d}{c} \dots \dots \dots (C) \end{aligned} \right\} \text{Condiciones de estabilidad.}$$

$$\left. \begin{aligned} X l + P' a - \bar{P}'' c &= 0 \dots \dots (D) \\ P'' \bar{a} - \bar{P}'' (\bar{l} - c) &= 0 \dots \dots (E) \end{aligned} \right\} \text{Condiciones de flexibilidad.}$$

Estudiada esta primera parte, pasaremos á determinar las líneas del trazado para que el carruaje cumpla á un tiempo con ambas condiciones, que de-

berán estar entre el límite superior que nos den las ecuaciones (D) y (E) y los valores que resulten de los (A) y (C). Solo podremos hallar una de las líneas del trazado pues aunque aparecen dos ecuaciones para cada condicion, se reducen en cada una de estas á una sola ecuacion distinta.

Las líneas del trazado que entran en las referidas condiciones, generalmente dependerán de la distancia \bar{a} del segundo eje al centro de gravedad del mismo tren (la cual causa las presiones \bar{P}'' y \bar{P}') excepto cuando dicha distancia \bar{a} esté fijada por consideraciones del servicio, en cuyo caso será c lo que habremos de encontrar: poniendo en ambos por las demás líneas las cantidades que nos den como mas convenientes.

En efecto, si consideramos los carruajes de sitio, que tienen dos clases de muñoneras, unas de combate y otras de camino, la cuestion estará reducida á determinar la colocacion de estas últimas y como es evidente que harán cambiar á \bar{a} ; para conocerla sustituiremos por c su valor. Este variará segun la posicion del perno pinzote: si está colocado en la pieza de contra-apoyo, se fijará c de tal modo que el carruaje resulte con la vuelta necesaria pero si el perno estuviera situado próximamente sobre el eje, el brazo de palanca e de la presion \bar{P}'' no será determinado y le daremos un valor arbitrario. En cambio si el carruaje fuese de los antiguos de campaña á la Griveaubal (Md. 1792), que eran de contra-apoyo, marchando

la pieza en las muñoneras de combate; \bar{a} será conocida y lo que necesitaremos hallar será la distancia c del primer eje al contra-apoyo, para poder construir la tijera de tal manera quedé estabilidad y flexibilidad.

Para los actuales de sitio, con arreglo á lo dicho, despejaremos \bar{a} en la ecuacion (A) sustituyendo en ella por \bar{P}' la fórmula (c), será

$$\bar{a} = \frac{\bar{l} B^2}{P''} + \frac{\bar{l} - c}{c} \left(\frac{P' a + Q d}{P''} \right) - \frac{T}{P''} \left(\frac{\bar{l} - c}{c} d - \bar{d} \right) \dots \dots \dots (F)$$

en la que dando diferentes valores á B nos resultarán otras para \bar{a} ; con todos los cuales habrá estabilidad.

Ahora bien, si en la ecuacion (E) reemplazamos \bar{P}' deduciéndole de la (D) y despejamos también \bar{a} , nos resultará

$$\bar{a} = \frac{\bar{l} - c}{c} \left(\frac{X l + P' a}{P''} \right) \dots \dots \dots (G)$$

que será el máximum de la distancia que puede haber entre el centro de gravedad del segundo tren y su eje.

Así pues, todos los valores de \bar{a} que nos resulten de la (F) y que sean inferiores ó á lo mas iguales á los de (G) cumplirán con las condiciones de la cuestion.

Para la citada segunda clase de carruajes, despeja-

remos c en la ecuacion (A) despues de sustituir por \bar{P}'' la expresion (c) será

$$C = \frac{\bar{l}(P'a + Qd - Td')}{P'a - P''\bar{a} + Qd - T(d' - \bar{d}) - \bar{l}B^2} \dots\dots\dots (H)$$

de la que deduciremos valores para c correspondientes á los diversos de B; los cuales darán estabilidad á la lanza. Para la condicion de flexibilidad, hallaremos c valiéndonos de las ecuaciones (D) y (E) y para ello despejaremos á \bar{P}'' en las dos, los igualaremos y obtendremos

$$C = \frac{(Xl + P'a)\bar{l}}{P''\bar{a} + Xl + P'a} \dots\dots\dots (Y)$$

debiendo los valores deducidos de la (H) ser menores ó á lo mas iguales á los de la (Y) (1).

Para concluir de fijar las líneas del trazado para que el carruaje cumpla con las dos condiciones, haremos las siguientes observaciones.

1.^a Que tanto \bar{a} como c , sacándolos de las condiciones de estabilidad vendrán en funcion de las fuerzas tractivas Q y T que sabemos varian con la naturaleza del terreno; luego para que la expresion de dichas líneas determinada para un terreno regular sirva para todos, cualquiera que sean las variaciones de dichas

(1) Como apesar del valor conveniente que diésemos á c , el esfuerzo de las primeras cuartas, que actúan sobre un gran brazo de palanca podria alterar la estabilidad (aun en los casos ordinarios) determinaremos la altura h' (figura 20) de la estremidad de la lanza, de tal modo, que el esfuerzo Q de dichas cuartas pase por el primer eje.

fuerzas, será preciso que el trazado haga que $\bar{d}=0$ es decir que la direccion de la traccion horizontal del segundo tren pase por su eje y que en el primero $Qd - Td' = 0$: cuyas condicionales tendremos que introducir en las fórmulas (F) y (H).

2.^a Los choques, que por irregularidades del peso sufran cada tren, causarán si son del posterior, una tendencia á levantar la lanza motivada por la reaccion del avantren y si choca este lo será á bajarla: todo lo cual hará el valor de \bar{P}' ó sea el del cuadrado B^2 del número elegido.

Por consiguiente para sustraer á B de la influencia del suelo será preciso darle un valor conveniente para los escabrosos y para fijarle se ha recurrido á consideraciones fundadas en la práctica. Esta ha manifestado, que en los carruajes de lanza suspendida cuando la articulacion está al nivel del primer eje, hay suficiente estabilidad, soportando la pareja de tronco una presion de 14 kilogramos.

De aquí se ha deducido, que tambien en los carruajes de contra-apoyo, habrá la suficiente estabilidad si el trazado hace que la reaccion \bar{P}' del cuerpo del carruaje sea capaz de equilibrar á la lanza con un peso de 14 kilogramos á su extremo (1): y así necesitaríamos sustituir por X en las fórmulas (G) é (Y) dichos 14 kilogramos y servirán siempre que la altura

(1) Esta regla es conveniente pero no general. Por ejemplo, en la Artillería Italiana la máxima presion que ejerce la lanza de sus carruajes de campaña (de contra-apoyo) sobre el tronco es de 34 kilogramos y la experiencia les ha demostrado que aun marchando al trote, no daña á la citada pareja.

de la articulacion se diferencie poco de la del primer eje.

Estabilidad y flexibilidad en el carruaje de lanza suspendida.—Ocupándonos del carruaje de lanza suspendida tenemos que en ellos la articulacion de los dos trenes está reducida al argollon de contera que entra en el gancho pinzote. Siendo nula la presion \bar{P}'' queda solo el rozamiento de dicho gancho para oponerse á la flexibilidad y dar estabilidad. Así pues, éstos carruajes tienen gran flexibilidad y para proporcionarles estabilidad ha sido preciso suspender la lanza del violin, sosteniéndola por la pareja de tronco.

De este modo, quedarán limitadas las oscilaciones de la lanza, que pueden ser horizontales y verticales.

Las horizontales lo son por la resistencia del armon, animado de cierta velocidad, á cambiar de direccion y por el rozamiento del violin en los ganchos en que se apoya; el cual aunque pequeño actúa á gran distancia del eje vertical de rotacion. Las ascendentes están impedidas por el peso del armon que deberá actuar por delante del primer eje y por el violin: mientras en las descendentes lo verifica el tronco que sufre entonces la presion \bar{P}' . De esta manera dichos carruajes, sin dejar de tener flexibilidad, reunen suficiente estabilidad.

Para que la espresada estabilidad sea la mas conveniente, necesitamos colocar el centro de gravedad del armon á tal distancia del eje que con las modificaciones de las demás líneas, no resulte escesiva la carga \bar{P}' soportada por el tronco y cuya espresion es (fórmula (p') capítulo primero.)

:

$$\bar{P}' = \frac{1}{l} \left\{ P' a + Q d - T d' - \frac{c}{i} \left\{ P' \bar{a} + T \bar{d} \right\} \right\}$$

la que nos enseña que varía con los esfuerzos Q y T es decir que depende de la naturaleza y clase de terreno: pero la esperiencia ha manifestado que conviene sea siempre de unos 14 kilogramos con los cuales puede el ganado afirmarse cualquiera que sea el terreno y no sufrirá gran fatiga.

Si se pudiera disponer el trazado de tal manera que se anulasen á un tiempo $c.d.$ y \bar{d} , se facilitaría la determinacion de a que solo dependeria entonces de la carga 14 kilogramos actuando á la distancia l y del peso P' . Pero el anular á un tiempo c y d' es imposible, pues exigiria que la articulacion estuviese situada en el centro de la seccion vertical del eje delantero. Tampoco deberá ser $d=0$, pues entonces la direccion de los tirantes, cortando el eje, dará para el ángulo de traccion α un valor poco conveniente; á no ser que se construyesen las ruedas mas bajas, lo que á su vez trae el inconveniente de aumentar el esfuerzo de traccion.

No pudiéndose impedir del todo las variaciones de \bar{P}' para atenuarlas se ejecutará lo siguiente: 1.º se colocará el gancho al nivel de la mitad de la altura del eje delantero para que d' sea muy pequeño: 2.º se sujetará dicho perno en la cara posterior del mismo eje para disminuir c : y 3.º, se situará el punto de enganche de los tirantes á una altura que sin mo-

dificar sensiblemente á α reduzca todo lo posible á $+d$.

Peró como al fin no podrá así ser nula dicha cantidad d vale generalmente mas el proporcionar que en un terreno regular y horizontal sea $Q d = T d'$; pues como Q y T variarán á un tiempo habrá siempre cierta compensacion para que quede esta igualdad; la que sin embargo no nos libra de la necesidad de poner la articulacion á la altura y tan cerca del eje como sea posible; lo primero, para que los choques que separadamente puedan sufrir los dos trenes no causen grandes oscilaciones al violin y lo segundo para disminuir el efecto del segundo tren en la presión \bar{P}' ; que podrá suponerse así casi reducida á

$$\bar{P}' = \frac{P' a}{l} \text{ de donde } a = \frac{\bar{P}' l}{P'}$$

que siendo $\bar{P}' = 14$ kilogramos será

$$a = \frac{14 \text{ kg.} \times l}{P'}$$

Como con la casi anulacion del valor de c , el de a no tiene influencia en la estabilidad, se coloca de tal modo el centro de gravedad del tren posterior, que si lo constituye una cureña puedan dos sirvientes levantarla con facilidad.

Juego de la union de los dos trenes. — Aunque se hayan situado los centros de gravedad y arreglado las demás líneas del trazado para que las presiones

que resulten den la conveniente estabilidad, ha sido bajo el supuesto de que quedase suficiente flexibilidad, pues el sistema de union de los dos trenes debe consentir que el carruaje pueda seguir las variaciones del terreno.

La lanza estará obligada en unos casos á subir ó bajar y en otros á moverse en sentido horizontal; y así será preciso que la union de los trenes satisfaga á las dos condiciones. 1.^a Permitir suficiente juego á la lanza. 2.^a Dejar independenciam á los trenes: las cuales veremos sucesivamente.

Juego de la lanza.—La lanza en los casos que vamos á considerar tendrá cierta tendencia á la rotacion y si no la consiente el sistema de union de los trenes, se romperá en cuanto el esfuerzo que la produce traspase el limite de su elasticidad.

1.^o Al bajar una cuesta algo fuerte para que no se precipite el carruaje, ha de contenerle el ganado de tronco ejerciendo su accion retrogada sobre los extremos de la lanza que está mas baja que las anillas de los horcates que sostienen el cejadero largo. Esto ocasionará una rotacion alrededor del primer eje y la lanza se elevará hasta donde sea preciso para que la direccion de la potencia convenga al estado de equilibrio.

2.^o Si el carruaje marcha por un terreno hondulado y las primeras cuartas van enganchadas en las boleas del extremo de la lanza, (como en nuestros carruajes de sitio) podrá dicha lanza encontrarse en plano diferente que el de simetría del carruaje, formando con él un ángulo θ .

Aunque la altura de la lanza se haya dispuesto de tal modo que en terreno horizontal el esfuerzo Q de dichas cuartas pase por el primer eje, ahora la dirección de Q no le cortará ya y la fuerza $\pm Q \text{ sen. } \theta$ actuará con el brazo de palanca l . Si el ángulo θ es muy pequeño, la elasticidad de la lanza podrá vencer á el momento $\pm Q \text{ sen. } \theta \times l$. Cuando las hondulaciones son muy fuertes, la elasticidad no sería ya bastante: pero si en este caso la dirección de Q pasa por encima del eje, la $Q \text{ sen. } \theta$ producirá sobre el segundo tren en la pieza de contra-apoyo una presión $\frac{l}{c} \times Q \text{ sen. } \theta$

y se levantará la parte anterior del segundo tren antes de que el efecto de dicha fuerza en el extremo de la lanza, sea mayor que la elasticidad de esta. Escepto en dicho caso, la lanza tenderá á girar al rededor del eje y habrá que dar juego á la articulación y si la composición del carruaje no permitiese á la lanza todo el juego necesario, habrá que suprimir la espresada bolea.

3.º Si el terreno es muy quebrado, será aun mas precisa la citada flexibilidad.

Supongamos que el carruaje tiene que salvar un barranco, tal como A B C (figura 21), la lanza tropezaré con la pendiente B C, si el ganado no puede elevarla á proporcion que sube hasta que tome una posición paralela á la misma pendiente, formando con el cuerpo del carruaje un ángulo casi igual al del terreno. Si la articulación no lo consintiese tendrá que levantarse el carruaje sobre las ruedas traseras: pero

antes de que se levanten las delanteras se romperá la lanza por ser la parte mas débil.

Si consideramos ahora que se sube por un repecho (figura 22) para bajar enseguida, tendrán los dos trenes que formar un ángulo casi igual al B C D del terreno, pero la lanza al descender dejará de ser paralela á este cuando las primeras ruedas estén en C. Si el carruaje no goza de esta flexibilidad al llegar las primeras ruedas á C la lanza formará con C D un cierto ángulo hasta que las segundas ruedas lleguen á C pero como el ganado sigue bajando y separándose de la direccion de la lanza, cuando los cejaderos ciertos estén tendidos podrá romperse aquella.

Tanto en uno como en otro caso cuanto mayor sea el número de parejas con mas facilidad se verificará dicho accidente y en particular si se engancha alguna á la bolea de la lanza. En el caso de ser varias las parejas puede suceder que el terreno sea tan accidentado (figura 23) que las de delante marchen por ejemplo sobre G H y el tronco y el primer tren descienda por F G mientras que el segundo sube aun por E F. Entonces las primeras parejas ayudan á los efectos perjudiciales del tronco y será preciso para que este no padezca escesivamente, no solo que la lanza gire segun se ha indicado, sino tambien que los cejaderos ciertos tengan una longitud suficiente para no impedir el nuevo movimiento de la lanza interin el tronco continúa aun haciendo su efecto.

De lo dicho deduciremos, que para marchar por terrenos quebrados, debe la articulacion del carruaje permitir que los dos trenes formen ángulos iguales á

los del terreno. Es pues muy importante conocer los límites de dichos ángulos. Como la mayor pendiente que puede subir el ganado se considera ser la de 30° el barranco ó cresta continuará un ángulo de 120° y este será el que ha de formar la lanza entre ambas posiciones, superior ó inferior, ó sea 60° en cada lado.

Independencia de los dos trenes.—Además del juego de la lanza será preciso que los dos trenes posean tal independencia que sus ejes puedan tomar la inclinacion que exija la forma del terreno.

Con frecuencia, prominencias ú hoyos, no colocados simétricamente con las líneas del carril, ocasionarán que un eje se incline hácia un lado, al mismo tiempo que el otro hácia el opuesto y si la union de los trenes no dá lugar á estos movimientos inversos resultarán choques violentos; atormentando ó destruyendo la máquina y aun dañando al motor.

La independencia entre los dos trenes en ambos sentidos vertical y horizontal, facilitará la movilidad del carruaje y deberá ser mayor cuanto peores sean los terrenos ó mas accidentados. Esto nos indica lo poco apropiado que son los carruajes de contra-apoyo para marchar por terrenos muy irregulares pues la independencia de sus trenes es limitada y esplica la razon de nuestros actuales carruajes de campaña ó de lanza suspendida.

Límite de los brancales.—Con el mismo objeto es necesario que no sea exagerada la longitud de los brancales.

Si sobresaliesen escesivamente por detrás, al pasar una hondonada, sus extremos tocarían en el suelo de la pendiente de bajada, mientras que el primer tren subiese por la otra rampa. La fuerza tractiva tenderá á levantar el tren posterior sobre el punto de apoyo que forman los brancales con el terreno y como á ello se opondrá el peso, pudiera ocasionar una rotura. Así pues; la longitud de los brancales, dependerá en el mismo sentido que su elevacion, mayor abertura del ángulo de las hondonadas y menor inclinacion de las rampas.

Es evidente que nunca sucederá el accidente espresado si los brancales no esceden por su parte posterior de la superficie convexa de las ruedas de detrás. Esta regla es aplicable á toda clase de carruajes: en los de lanza suspendida, se necesita por lo accidentado del terreno donde han de operar y en los de contra-apoyo por que si escudiesen de dicho límite (con arreglo á la resistencia de materiales) habria que aumentar sus dimensiones para que pudiesen soportar la misma carga, siendo por el contrario conveniente disminuir aquellas y aumentar la separacion entre ellas, hasta donde sea posible, para reducir el peso sin que lo ejecute la resistencia que ofrezcan.

Deberá colocarse en la anterior regla á todos los cuerpos que los carruajes conduzcan en el segundo tren.

De esta manera se establecerá la rueda de *respeto* colocada á la estremidad posterior del segundo tren; pues si la parte mas baja de ella sobresaliese de la

superficie convexa de la rueda, podria alguna vez tocar en el terreno y se romperia el *perno porta-ruedas* ó se saldría á lo largo de él.

Límite de la distancia entre los ejes.—La distancia horizontal entre los dos ejes tiene límites que no han de pasarse. El superior está determinado por la condicion de que pueda salvar las crestas de terrenos muy accidentados. Para fijar este límite observaremos (fig. 24) que si los dos ejes están sobre la rampa A B la distancia de la cresta B al plano en que descansan las ruedas es nula; que empieza á aumentar cuando el primer eje pasa al lado B C; llegando al máximo en el caso en que el plano sobre que se apoyan las cuatro ruedas sea horizontal, pues desde dicho instante empezará á disminuir; luego la espresada distancia será máxima cuando el plano de los broncales sea horizontal. Como no es posible continuar la marcha, si el vértice B toca á los broncales por debajo; dicho máximo no podrá exceder del radio R'' de las ruedas mayores, aumentado de la distancia h'' de su eje á los broncales, es decir $BK = R'' + h''$. El límite de la longitud de los broncales será pues E D, por que si se alargasen estos no podrán ya tocar las cuatro ruedas en las dos rampas sin que se bajase el plano $s s'$.

Para determinar la longitud E D tenemos

$$ED = MD + BM + BN + NE$$

Una de las fuerzas que se oponen á este desvío y como

$$MD = \frac{R'}{\text{sen. } 30^\circ} \quad BM = \frac{R'' + h'' - R'}{\text{tg. } 30^\circ}$$

$$BN = \frac{h''}{\text{tg. } 30^\circ} \text{ y } NE = \frac{R''}{\text{sen. } 30^\circ}$$

será

$$ED = \frac{R' + R''}{\text{sen. } 30^\circ} + \frac{R'' - R' + 2 h''}{\text{tg. } 30^\circ}$$

Si las cuatro ruedas fuesen iguales como en los actuales carruajes de artillería será

$$R' = R'' = R \text{ y } R'' - R' = 0$$

de donde

$$ED = \frac{2R}{\text{sen. } 30^\circ} + \frac{2h''}{\text{tg. } 30^\circ}$$

Este valor de ED, es un máximo pues otras razones persuaden de la conveniència de acortar la separacion entre los ejes. En algunos casos las ruedas pueden sufrir resistencias desiguales y entonces las perpendiculares á la mitad del eje en cada uno de los trenes no estarán en línea recta sino que formarán cierto ángulo en el punto de union. La fuerza tractiva T sufrirá una descomposicion perdiéndose parte de ella y el motor necesitará ejercer mas esfuerzo; el que será mayor si por la clase de terreno tienen las ruedas traseras que abrir sus rodadas.

Una de las fuerzas que se oponen á este desvio del tren posterior es el rozamiento de sus puntos de apoyo con el tren delantero y este rozamiento será vencido con mas facilidad cuanto mayor sea el brazo

de palanca de la fuerza que ocasiona el desvio; es decir, la distancia entre los ejes; conviniendo entonces que esta estuviese disminuida.

Así pues, en algunos casos convendrá (si la carga lo consiente y para otras será un límite inferior) que la distancia entre los ejes se reduzca á la precisa para dejar paso á un hombre entre las ruedas de cada lado.

Otras condiciones hay mas importantes para fijar el intervalo entre los ejes, pues segun dijimos al tratar de su influencia, debe estar entre límites que den presiones convenientes sobre los ejes. De aquí, que segun como haya de estar dispuesta la carga y la estension que ocupe se determine dicho intervalo. El centro de gravedad total se sitúa de tal manera que dé cargas sobre los ejes en cierta relacion y de la longitud que para ello necesite el carruaje, dependerá el intervalo de los ejes; pues los brancales no pueden sobresalir de la circunferencia de las ruedas de detrás. Sin embargo si el centro de gravedad total tuviese una elevacion tal que en las cuestas la vertical del peso total se aproximase demasiado á uno de los ejes, habrá que dar la longitud mayor posible á la espresada distancia, á fin de atenuar las variaciones de la carga sobre los ejes. Por esta razon la referida separacion que se adopte se diferenciará (en la generalidad de los casos) casi igualmente de los límites antes hallados por las otras consideraciones,

de palanca de la fuerza que ocasiona el desvío; es decir, la distancia entre los ejes; conviniendo entonces que esta estuviese disminuida.

Así pues, en algunos casos convenientes (si la carga lo consiente) y para otras será un límite inferior) que la distancia entre los ejes se reduce á la precisa para dejar paso á un hombre entre las ruedas de cada lado. Otras condiciones hay, más importantes para fijar el intervalo entre los ejes, pues según dijimos al tratar de su influencia, debe estar entre límites que den presiones convenientes sobre los ejes. De aquí, que según como haya de estar dispuesta la carga y la estension que ocupe se determina dicho intervalo. El centro de gravedad total se sitúa de tal manera que de cargas sobre los ejes en cierta relación y de la longitud que para ello necesita el carruaje, dependiera el intervalo de los ejes; pues los fuerzales no pueden sobrepasar de la circunferencia de las ruedas de detrás. Sin embargo si el centro de gravedad total tuviese una elevación tal que en las curvas la vertical del peso total se aproximase demasiado á uno de los ejes, habrá que dar la longitud mayor posible á la espesura de la distancia, á fin de atenuar las variaciones de la carga sobre los ejes. Por esta razón la referida separación que se adopte convenientemente (en la generalidad de los casos) casi igualmente de los límites antes habidos por las otras consideraciones.

empezando ya, con la primera parte haremos presente que su objeto es examinar aquellas condiciones que han de proporcionar el mejor servicio del carruaje; tales son; el *carroy*, la determinación de la vuelta y el sistema de tracción ó modo de aumentar el rozamiento cuando en esta basta-

CAPÍTULO 4.º

PRINCIPIOS COMUNES DE LOS CARRUAJES.

Estudios que corresponden á los principios comunes del trazado.—Los principios en que ha de estar fundado el trazado de los carruajes los hemos dividido en dos secciones: estudiada ya la primera nos ocuparemos de la segunda que contiene aquellos que lo mismo necesitan los de dos ruedas que los de cuatro.

Como las ruedas y los ejes (además de emplearse en todos los carruajes y de tener sus elementos y formas de ordinario iguales) no cabe duda que son unas partes tan importantes que su trazado ha de influir en la tracción y propiedades del carruaje, los consideraremos como segunda parte de esta segunda seccion aunque su trazado corresponde al de detalles; del cual en general, no trataremos en estas lecciones por pertenecer á la teoría de la construcción de los carruajes.

Empezando ya, con la primera parte haremos presente que su objeto es examinar aquellas condiciones que han de proporcionar el mejor servicio del carruaje: tales son; el *carril*, la determinacion de la vuelta y el sistema de retencion ó modo de aumentar el rozamiento cuando descienda por una cuesta bastante pendiente.

Carril del carruaje.—Se llama *carril* á la distancia que hay entre las dos ruedas de un mismo tren, medida en el terreno desde la mitad de la anchura de una llanta á la mitad del ancho de la otra ó lo que es igual desde la cara interior de la llanta de una rueda, á la de la exterior de la otra llanta opuesta. Si el carruaje es de dos trenes, el carril del segundo será el mismo que el del primero para que las ruedas de aquel entren en las rodadas abiertas por las de este: así se evitan choques al tren posterior; se impide la dislocacion y se facilita la traccion. Por la misma razon se debe dar tambien el mismo á todos los carrajes destinados á componer una sola columna.

La determinacion de dicha medida, nos es precisa por varios conceptos. 1.º Fija la anchura necesaria del camino por donde puede pasar el carruaje, lo cual es de la mayor importancia para nuestra Artillería, por ser muy frecuentes los caminos estrechos y encajonados. 2.º Que el mayor ó menor carril, hará al carruaje mas ó menos propenso á volcar. En efecto: ya hemos visto que si tiene que atravesar por un terreno inclinado $\bar{\psi}$ (fig. 19) siendo G la posicion del centro de gravedad, estará el carruaje próximo á

volcar cuando la vertical que pasa por el centro de gravedad pase por el punto A y que entonces $\text{tg. } \bar{\psi} = \frac{B A}{B G}$: por consiguiente el eje podrá tomar mayor inclinacion cuanto mayor sea el carril 2 B A, y 3.º Que disminuyéndole se acortará el espacio necesario para dar media vuelta, segun ya veremos.

Griveaubal admitiendo dos sistemas de ruedas, estableció un carril único para los carruajes de Artillería dándole 1,^m525 que era el habitual de los del comercio, pues por el mal estado de los caminos de su tiempo las columnas de Artillería debian seguir las rodadas trazadas por los citados carruajes del comercio, siendo además conveniente dicha igualdad, pues en los trenes de sitio van tambien carruajes de campaña. Hoy dia que los caminos están ya en mejor estado se puede variar el carril segun las necesidades del servicio; pero admitiendo como principios de construccion: 1.º que generalmente debe ser igual al diámetro de la rueda para que el sistema tenga la debida estabilidad; y 2.º que el adoptado por Griveaubal no puede variarse mucho, pues si se aumenta, se disminuye el número de pasos practicables y si se acorta, se perjudica á la estabilidad.

Por estas razones, en nuestro material se ha dado á cada modelo el carril que se ha creido mas apropiado; pero siempre aproximándole á los principios y consideraciones anteriores, como no se opusieran otras del servicio ó de simplificacion del material. Así el carruaje de sitio, que generalmente está mas cargado,

y dicho peso mas elevado, tiene mayor carril, mientras que además de los varios modelos que sucesivamente se han usado para campaña en los que las ruedas han tenido diferentes alturas, se ha tratado en algunas piezas de reducir considerablemente el carril y para conservar la estabilidad se tuvo que acercar el centro de gravedad al terreno, siguiendo con la disminucion de aquel la razon que indica la espresion de $\text{tg. } \bar{\psi}$: pero resultando así muy considerable la disminucion de las ruedas, se perjudicaba al motor (tabla número 13.)

Vuelta del carruaje.—Llámase *vuelta* de un carruaje el espacio estrictamente necesario para que pueda dar media vuelta. Quanto mas pequeño sea este, menos sitios habrá en que no se pueda cambiar de direccion y mas fáciles serán las maniobras: por consiguiente, debe procurarse que dicha vuelta sea lo menor posible.

Al girar un carruaje, el movimiento se efectua volviendo las ruedas sin arrastrar y tendiendo los ejes á situarse perpendicularmente al movimiento. En efecto: en cuanto la fuerza tractiva es oblicua al eje, se descompone en dos; una de las componentes trata de que el mismo eje resbale á lo largo del buje y que las ruedas lo hagan lateralmente contra el terreno; de este modo se producirá una gran resistencia que restablecerá instantáneamente la direccion perpendicular de la fuerza tractiva.

Así pues, en el carruaje de dos ruedas, el eje en cada una de sus posiciones estará en direccion de la

normal de la curva que forman las huellas dejadas sobre el suelo por las ruedas. Estas normales en dos posiciones infinitamente próximas, de una de las curvas semejantes trazadas por las dos ruedas, van á cortarse en cierto punto que es el centro instantáneo de rotacion del sistema. Dicho punto, variable en cada instante, se fija segun la naturaleza del movimiento y se llama *centro de la vuelta* así como *rádío de la vuelta* á la distancia que hay del centro al punto mas lejano del eje. Si las ruedas describen curvas cualesquiera, (pero definidas), como el eje es constantemente la normal comun á las curvas semejantes, el lugar geométrico de los centros instantáneos de vuelta será la envolvente de las normales. En el caso que las ruedas marchen en arcos de círculo concéntricos, dicho centro será el de estos y cuando el carruaje gire sobre sí mismo el centro estará fijo y en la mitad del eje.

En el carruaje de dos trenes, el de atrás va conducido por el delantero y al girar dejan los ejes de estar paralelos. Tomarán así posiciones relativas formando un ángulo variable en límites estensos, y cuya graduacion dependerá de la disposicion general del carruaje, de las dimensiones de las diversas partes y del diámetro de la rueda. De esta manera, al conversar un carruaje de esta clase cada tren volverá sobre un punto de la direccion de su eje, y el sistema girará alrededor de la interseccion de los dos ejes que será el centro de la vuelta: el rádío de la vuelta en un instante dado lo constituirá tambien la distancia desde

:

el centro al punto más lejano. Si el ángulo de los ejes no cambia en el movimiento, las ruedas describen círculos concéntricos, cuyo centro será el de la vuelta; pero variando el ángulo, el centro de la vuelta cambiará instantáneamente y las ruedas trazarán una curva.

El ángulo que los ejes pueden formar (que representaremos por γ) se llama *ángulo de vuelta* y será limitado ó ilimitado: lo primero cuando las ruedas del primer tren vienen á chocar contra el cuerpo del carruaje, y lo segundo si las referidas primeras ruedas pasan bajo el espresado cuerpo.

Esto sabido vamos á encontrar la vuelta para un carruaje. Como el que sea mínima dependerá del rádio de giro, es evidente que necesitaremos hallar antes el valor de estos y deducir de ellos en cada uno la vuelta correspondiente.

Rádio de giro y vuelta en el carruaje de dos ruedas.—En el carruaje de dos ruedas, supongamos que se elije por centro de giro constante un punto cualquiera C (figura 25); segun lo dicho, todos los puntos de aquel, tales como A, describirán arcos concéntricos, variando continuamente de direccion, siguiendo la de la tangente respectiva y el eje (que tomará la de la normal) pasará siempre por C. Si representamos por b (figura 26) la distancia C E del centro á la mitad del eje A D y por d'' la que haya desde E á la cabeza B de la mula de varas; el rádio \bar{r} de la vuelta será

$$\bar{r} = \sqrt{b^2 + d''^2}$$

La cantidad d'' está fijada para un carruaje dado:

luego será $\bar{\varphi}$ mínimo cuando lo sea b ; es decir si
 $b=0$ y entonces..... $\bar{\varphi}=d''$

el punto G caerá en E y el carruaje girará alrededor del punto medio del eje.

La vuelta consistirá pues en el círculo cuyo diámetro es $2 d''$; el cual será tanto menor cuanto mas cortas sean la varas. Esta vuelta tan pequeña ha sido la causa de la adopción del carro de trincheras para el servicio de ellas.

Generalmente, para volver en un espacio muy reducido, se hace girar el carruaje sobre una de sus ruedas pero así no se obtiene la vuelta mínima y la rueda que gira como recibe una acción oblicua, abre en el suelo una especie de embudo que además de consumir fuerza, tiende contra la solidez de la rueda.

Rádío de giro y vuelta en el carruaje de dos trenes.—Cuando el carruaje es de cuatro ruedas distinguiremos los dos casos de que el ángulo de vuelta γ sea limitado ó ilimitado. A los primeros corresponden nuestros carruajes de artillería, siéndolo á los segundos algunos del comercio y del tren de puentes.

Rádío de giro y vuelta cuando en dichos carruajes de ángulo de vuelta es limitado.—En los del ángulo limitado para que la vuelta sea lo menor posible se hará girar el primer tren alrededor de la articulación y en el sentido de la vuelta hasta que la rueda de dicho tren venga á chocar contra la caja (figura 27). La prolongación de los ejes se cortará en C que será el centro de giro y C D el rádío de giro

cuyo valor vamos á encontrar, que variará segun que la distancia c de la articulacion al primer eje sea mayor ó menor. Esto nos obliga á considerar dos casos diferentes: 1.º Que cual sucede en nuestros actuales carruajes, la articulacion O esté entre los dos ejes que distan la cantidad \bar{l} y 2.º Que dicha articulacion se halle sobre el primer eje como en algunos modelos antiguos.

Para los primeros siendo $l = BD$; tendremos que

$$\bar{p} = CD \text{ y}$$

$$CD^2 = BD^2 + CB^2 \quad CB = OR + SC =$$

$$\frac{\bar{l} - c}{\text{sen. } \gamma} + \frac{c}{\text{tg. } \gamma} = \frac{\bar{l} - c}{\text{sen. } \gamma} + \frac{c \cdot \cos. \gamma}{\text{sen. } \gamma} = \frac{\bar{l} - c(1 - \cos. \gamma)}{\text{sen. } \gamma}$$

$$\bar{p} = \sqrt{l^2 + \frac{\{\bar{l} - c(1 - \cos. \gamma)\}^2}{\text{sen.}^2 \gamma}}$$

En los segundos la expresion de \bar{p} (que deduciremos análogamente) será la que resulte haciendo $c=0$ en la anterior fórmula ó sea

$$\bar{p} = \sqrt{l^2 + \frac{\bar{l}^2}{\text{sen.}^2 \gamma}}$$

Determinados los radios de giro podemos fácilmente hallar la vuelta, ya sea que conozcamos el carruaje por sus dimensiones ó que le tengamos á nuestra disposicion.

En efecto dicha vuelta la fija el punto mas lejano de C, que generalmente será la estremidad de la lanza, pero habrá que añadir $DD' = 0^m,80$ por causa de la mula de tronco y el espacio $MN = T$ será el necesario para dar la media vuelta. Si representamos por $AM = e$ la mitad del largo del eje y á AC la espesaremos por m , será

$$T = e + m + \bar{p} + 0,80.$$

Si disponemos del carruaje mediremos sobre el terreno dichas e , m y \bar{p} pero si se nos dá por sus dimensiones necesitaremos hallar el valor de m para sustituirle al mismo tiempo que lo ejecutemos con el de \bar{p} .

Como este viene en funcion de γ haremos tambien que m dependa de este ángulo, y para ello

$$\left. \begin{array}{l} PA = m \operatorname{tg} \gamma \\ PA = AO + OP \end{array} \right\} \text{de donde..... } m \operatorname{tg} \gamma = (\bar{l} - c) + OP$$

$$\text{pero } POB = \gamma \text{.....y..... } OP = \frac{OB}{\cos \gamma} = \frac{c}{\cos \gamma}$$

$$\text{con lo que..... } m \operatorname{tg} \gamma = (\bar{l} - c) + \frac{c}{\cos \gamma}$$

$$\text{y..... } m = \frac{\bar{l} - c}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{c}{\operatorname{sen} \gamma}$$

Tanto m como \bar{p} disminuyen creciendo γ hasta 90° , luego la vuelta *mínima corresponde al mayor ángulo*

de vuelta que será el de la figura pues siendo γ limitado no podrá llegar á 90° .

Las fórmulas de las vueltas nos resultan que son

$$T = e + \frac{(\bar{l} - c) \cos. \gamma + c + \sqrt{l^2 \text{sen.}^2 \gamma + \{\bar{l} - c(1 - \cos. \gamma)\}^2}}{\text{sen. } \gamma} +$$

0,80. {La articulacion entre los ejes

$$T = e + \frac{\bar{l} \cos. \gamma + \sqrt{\bar{l}^2 \text{sen.}^2 \gamma + l^2}}{\text{sen. } \gamma} + 0,80 \dots \dots \text{ {Idem$$

sobre el primer eje.

Las cuales servirán si se marcha al paso, pues al trote (en la práctica) debe ser la vuelta algo mayor.

Determinacion del ángulo de vuelta de un carruaje cuando aquel es limitado.—Para que dicha vuelta sea completamente conocida, es preciso encontrar γ en funcion del cual viene, y habrá que determinarlo de tal modo que solo dependa de las líneas del trazado.

Para ello, como γ es el ángulo $A'CB'$ le podremos reemplazar por su igual KOK' , siendo K , en el movimiento rectilíneo, la posicion que tenia el punto K' de la rueda que ha venido á chocar contra la caja. En efecto, dichos ángulos deben ser iguales, pues las inflexiones son las mismas para todas las líneas y lo comprobaremos observando (fig. 28) que $HOL = A'CB'$, por tener sus lados perpendiculares y como HOK es invariable

$$HOK - LOK = LOK' - LOK \dots HOL = KOK' \dots \text{ y } KOK' = \gamma$$

Sea pues, (fig. 29) $AM = e$ el semi-eje, $AF = n$ la mitad del ancho de la caja y $MK = h''$ la distancia horizontal del eje al punto de la rueda que viene á chocar con el cuerpo del carruaje. Como $OK = OK' = \bar{\rho}$ es el radio del círculo descrito por K en la conversion

$$\bar{\rho} = \sqrt{KY^2 + OY^2} = \sqrt{e^2 + (h'' - c)^2}$$

Así γ será..... $\gamma = KOK' = KOY - K'OY'$

y..... $\text{sen. } \gamma = \text{sen. } KOY \cos. K'OY' - \text{sen. } K'OY' \cos. KOY$

pero... $\text{sen. } KOY = \frac{e}{\bar{\rho}}$ $\cos. KOY = \frac{h'' - c}{\bar{\rho}}$ $\text{sen. } K'OY' = \frac{n}{\bar{\rho}}$

y $\cos. K'OY' = \sqrt{\frac{\bar{\rho}'^2 - n^2}{\bar{\rho}^2}}$

luego.... $\text{sen. } \gamma = \frac{1}{\bar{\rho}^2} \left\{ e \left(\sqrt{\bar{\rho}'^2 - n^2} \right) - n(h'' - c) \right\}$

$$= \frac{1}{e^2 + (h'' - c)^2} \left\{ e \left(\sqrt{e^2 + (h'' - c)^2 - n^2} \right) - n \times (h'' - c) \right\} \dots \dots (1)$$

El valor de γ que resulte, tendremos que sustituirle en el primero de T y el que encontremos haciendo $c = 0$ en el segundo. Con los resultados que así obtendremos, están acordes las esperiencias ejecutadas

(1) Si alguna vez conviene determinar el ángulo de vuelta en un carruaje dado no habrá necesidad de aplicar esta fórmula pues bastará (fig. 28) con proyectar el triángulo $A'B'D$ formado por el centro del giro y los extremos de las mangas y medir los tres lados, deduciendo por una construcción gráfica ó por el cálculo trigonométrico el valor del ángulo en C.

en Tolosa (Francia) con diferentes carruajes de su artillería; pero admitiendo que la rueda del primer tren se aproxima cuanto es posible, pero sin tocarle, al rozadero del mástil.

Vuelta y ángulo de vuelta cuando es ilimitado.

—Si las ruedas delanteras pasasen bajo el cuerpo del carruaje, el ángulo de vuelta llega á ser ilimitado. El menor espacio para esta, no corresponde ya al máximo de dicho ángulo que podrá hasta exceder de 90°, sino el valor de γ que anule m . Tendremos para determinarle

$$m=0 = \frac{\bar{l}-c}{\operatorname{tg}.\gamma} + \frac{c}{\operatorname{sen}.\gamma} \quad (\bar{l}-c) \cos.\gamma + c = 0 \quad \cos.\gamma = \frac{c}{\bar{l}-c}$$

y la prolongacion del eje del primer tren cortará por medio al del segundo eje. En efecto, considerando un carruaje en dicha posicion (fig. 30), en el triángulo A O B será

$$OB = c = (\bar{l} - c) \operatorname{sen}.\beta = (\bar{l} - c) \times \operatorname{sen}.\gamma = 90^\circ =$$

$$-(\bar{l} - c) \cos.\gamma \dots \cos.\gamma = -\frac{c}{\bar{l} - c}$$

El ángulo γ no es el máximo que formarán los ejes, pues podíamos haber llevado el tren B Q hasta el contacto de la rueda primera.

Si además la articulación estuviese sobre el eje será entonces,

$$c = 0 \text{ y } \cos.\gamma = 0: \gamma = 90^\circ$$

y en este caso (figura 31) la prolongación del eje del primer tren pasa por medio del segundo.

Las fórmulas de la vuelta en uno y otro caso se

deducirá de las dos halladas antes, haciendo $m=0$.

Principios del trazado para que resulte la vuelta mínima.—Influencia del ángulo de vuelta.—

Entre las cantidades que influyen en la vuelta de los carruajes hay algunas que se determinan por consideraciones estrañas al cambio de direccion y de las cuales no se dispone para disminuir el espresado espacio. Tales son las longitudes l y \bar{l} : y por consiguiente solo construyendo los carruajes para que aumente el ángulo γ se llegará al mínimo de vuelta.

En efecto: dicho ángulo, conviene que sea de 90° y cuando la composicion del carruaje no lo permita debe tenderse, hácia este límite; pues la esperiencia ha probado que aun siendo de 40° , si los ejes están separados $2^m,5$ á 3^m , (como en nuestros carruajes) se necesita un camino de 9^m de ancho para dar la media vuelta, por consiguiente el ángulo de vuelta de 40° debe ser un límite inferior para nuestros carruajes.

Aun disponiendo los carruajes para este límite, á fin de dar la vuelta en el menor espacio posible; habrá que llevar la rueda delantera al contacto del cuerpo del carruaje.

De este modo, cuando la vuelta sea rápida, chocará y se detendrá bruscamente dicha rueda y sobre el punto de choque como apoyo, tenderá á volcar el sistema, si la lanza no se parte: cuyo efecto será tanto mas sensible cuanto dicha rueda tenga menos camino que recorrer es decir que los dos ejes estén mas aproximados. Así pues, para atenuar este inconveniente será preciso separar los ejes; pero entonces se aumentaría la vuelta.

De lo dicho deduciremos lo que ya habíamos expresado; que es preferible disponer el trazado de tal manera que disminuya la vuelta por el aumento del ángulo γ y no por la disminución de \bar{l} : el cual, lo mismo que l , se determina por otras consideraciones.

Medios de aumentar el ángulo de vuelta.—

Siendo necesario procurar el mayor valor posible de $\gamma = K O K'$ (figura 29) para que escediendo de 40° se aproxime al de 90° observaremos que dicho ángulo γ puede crecer por cuatro procedimientos.

- 1.º Elevando el cuerpo del carruaje.
- 2.º Separando el punto de apoyo de la rueda sobre el carruaje del radio horizontal y aproximándolo á la vertical del eje.
- 3.º Disminuyendo la anchura del cuerpo del carruaje.
- 4.º Aumentando el carril.
- Y 5.º Alargando la distancia entre la articulación de los trenes y el primer eje.

Los cuales vamos á considerar.

1.º Elevando el cuerpo del carruaje, quedando el mismo el diámetro de las ruedas; entrarán mas, bajo el referido cuerpo y crecerá γ . Esta elevación está limitada por la carga y descarga y por la condición de que no resulte fácil el vuelco del carruaje. (1)

2.º Si la rueda encuentra á la caja por la estrechidad de su radio horizontal, el ángulo γ tiene su menor

(1) En el cajon de municiones de Gribeauval, la altura de los brancales se aproxima á la de las ruedas delanteras y en cambio de las ventajas de esta disposición, es fácil se rompa la articulación ó vuelque el carruaje al chocar una rueda delantera con los brancales.

valor. Así pues, siendo todas las demás condiciones iguales, crecerá dicho ángulo, aumentando ó disminuyendo el radio de la rueda, en disposicion de hacer pasar el punto de apoyo K por debajo ó por encima del radio horizontal y tanto mas, cuanto mas se aproxime al vertical. Si se aumentase escesivamente el radio de la rueda, el punto de reunion de los trenes llegaría á estar mas bajo que el eje delantero y no es esta la disposicion adoptada para el mejor servicio y si se disminuye dicho radio, se aumentaría el esfuerzo motor. Como en ambos casos la desigualdad de las ruedas del primero y segundo tren perjudica al tiro, se desecha este procedimiento de una manera casi absoluta.

3.º Disminuyendo la anchura de la caja, el punto K estará mas alejado circularmente del K' y crecerá el ángulo γ . Este procedimiento se emplea tan frecuentemente como se pueda, pues se opone á su aplicacion la carga del carruaje que no siempre podrá reducirse en latitud de una manera conveniente.

La sustitucion de las antiguas gualderas de las cureñas del sistema de Gribeauval, por el actual mástil de las de cola de pato (1) y el reemplazar los brancales por una disposicion análoga en casi todos los demás carruajes; unido al aumento en la separacion de los ejes, han permitido tener un ángulo de vuelta suficientemente grande, aun dando á las ruedas de

(1) Llámase á la Inglesa por habernos servido de modelo las traídas por los Ingleses en la guerra de la Independencia, los que la habian adoptado en 1807. Pero segun Piobert este sistema de montajes *blocs* fué ya ensayado en Francia en 1691, probado de nuevo en el norte en 1792 y en Egipto en 1798.

primer tren igual diámetro que á las del segundo, para facilitar el movimiento.

Como la ventaja de que las ruedas sean iguales es muy considerable, indicaremos el medio de reconocer si la carga de un carruaje permite ó nó que este sea de mástil. Para ello, habrá que ver si dicha carga estorbá en el espacio en que se han de mover una ú otra de las ruedas, para venir á tomar la posicion necesaria para la menor vuelta y nos bastará determinar la posicion que toma el eje cuando la rueda venga á tocar al mástil suponiendo ya que este existe.

Para ello; en el carruaje que se proyecte, sea $K H$ (fig. 32) la situacion del primer eje antes del giro; $H F$, la de la rueda que tropieza; admitiendo que la articulacion esté en O entre los ejes y que al girar sea $A G A' = \gamma$ para que la vuelta resulte la mínima que se calculó: se verificará que $A' H'$ es la segunda colocacion del eje y $H' F'$, la de la rueda que tocará en F' al mástil, sucediendo que

$$A F' = A C + C F'$$

$$\text{pero..... } C F' = \sqrt{C D^2 + D F'^2}$$

siendo..... $D F' = H' F' - D H'$ y..... $D H' = C A' = O H - O C$.

El valor de $O C$ podemos admitir que sea igual á $m n = q$ mitad del ancho del mástil, pues si bien resultará que $D H'$ será algo mayor que lo verdadero y $D F'$ un poco menor y lo mismo $C F'$; si al mismo tiempo suponemos que $A C$ sea igual á $O K$ el valor de $A F'$ resultará próximamente el mismo; pues un su-

mando casi habrá aumentado lo que el otro disminuido y

$$A F' O K + \sqrt{C D^2 + (H F' - (O K - q))^2}$$

pero como $c D = A H$ le hemos llamado e , si á $H F'$ que deduciremos por la altura de los brancales lo representamos por t será

$$A F' = c + \sqrt{c^2 + (t - c + q)^2}$$

El caso en que la articulacion estuviese sobre el primer eje sería tan sencillo que no merece nos detengamos en él.

Si el carruaje se nos diese ya construido, no necesitaremos este cálculo; pues la distancia $A F'$ la marcará la placa de apoyo ó *rozadero*.

4.º Aumentando el carril crecerá el ángulo de vuelta, pero ya hemos visto que otras consideraciones han fijado sus dimensiones.

Y 5.º El valor de γ crece cuando lo ejecuta c . En efecto: supongamos (fig. 33) que la union de los trenes está en O sobre el primer eje y que sea K el punto de la rueda que viene á chocar en K' el ángulo de vuelta será $K O K'$.

Transportemos ahora el punto de union á O' entre el O y el pie de la perpendicular bajada desde K sobre el eje $A B$ del carruaje y el ángulo de vuelta le habremos convertido en el $K O' K''$. Comparándolos entre si tenemos que $K O' < K O$ por oblicuas que se apartan desigualmente; además los arcos KK' y KK'' se cortan

en K y no podrán volverse á cortar sino al otro lado de la línea de los centros y como

$$O O' + O' K = O Y > O K$$

que es igual á $O Y$ deduciremos que el arco KK'' encontrará á la recta AB , en punto Y , mas lejano de P que el Y en que lo corta el KK' y por consiguiente tambien será la oblicua $KK' < KK''$. Como en el segundo caso el ángulo de vuelta está medido por un arco mas grande en un círculo de radio menor que el primer caso será $K O' K'' > K O K'$.

Llevemos en seguida el enganche al punto O'' mas allá del P (figura 34) y entonces el K irá á chocar en K'' . Si la articulacion estuviese en P , el punto K vendria á K'' y evidentemente seria

$$\alpha + \gamma + \beta = \alpha' + \gamma' + \beta'. \text{ Pero } \alpha = 90^\circ \text{ y } \alpha' < 90^\circ$$

y tanto mas pequeño cuanto O'' esté mas lejos de P : ademas la transversal $O'' K'' > P K''$ por estar inclinada luego $\beta' < \beta$ y tanto menor cuanto mas se aleje el punto O'' . Siendo simultaneamente $\alpha' < \alpha$ y $\beta' < \beta$ será necesariamente $\gamma' > \gamma$.

Vemos pues que en todos los casos á medida que la articulacion de los trenes se aproxime al segundo eje ó sea que se aumente c va creciendo el ángulo de vuelta.

Esta propiedad debe aprovecharse para disminuir la vuelta si las circunstancias del carruaje lo permiten.

Pero hay un límite, debido á la rueda que marcha hácia adelante, pues segun el valor de c puede en-

contrar al cuerpo del carruaje antes de que su opuesta forme el máximo ángulo de vuelta.

En efecto: si la articulacion de los trenes está sobre el eje, cualquiera que sea la longitud de los brancales, tocarán á un tiempo las dos ruedas y podrá el carruaje alcanzar el ángulo de vuelta calculado. Pero si la articulacion la situamos en O (figura 35) cuando el punto C de la rueda choque en el D del carruaje, el C' (que diste de O igual cantidad) tocará al mismo tiempo en D' y cualquiera otro situado entre C' y F' tal como el C'' (que estuviese á la misma altura que el C') encontrará antes al carruaje por ser mayor el radio O D'' del arco C'' D'' que el O D' del C' D' (1), á no ser que los brancales se limitasen en el punto D'.

Así pues, si la articulacion la colocamos en O debemos limitar los brancales en D' y si estos llegan á D'' para que el ángulo C'' O D'', sea igual al C O D tendremos que establecer la articulacion en el punto O' interseccion de A K con la perpendicular levantada en el medio C D'' (2). Si queremos obtener el valor de c por el cálculo, supongamos sea D' (por ejemplo) donde se han limitado los brancales, C el punto de la rueda que se desea choque con el cuerpo del carruaje. La construccion indicada nos dará el punto O y se verificará que

$$c^2 = \overline{O A}^2 = \overline{O D'}^2 - \overline{A D'}^2 = \overline{O C}^2 - \overline{A L}^2 = (\overline{O M}^2 + \overline{M C}^2) - \overline{A L}^2$$

(1) Dicha circunstancia no se presenta en el material existente de Artillería.

(2) La rueda anterior pasa entonces delante del cuerpo del carruaje rasándole: tal se verifica en el carro de parque francés.

y poniendo por OM, MC y AL las cantidades c , $h''-c$ y n que antes hemos visto las representan, quedará

$$c^2 = e^2 + (h'' - c)^2 - n^2 \dots \dots \dots y \dots \dots \dots c = \frac{e^2 + h''^2 - n^2}{2 h''}$$

que será la máxima distancia del primer eje á que se puede llevar la articulación.

Sistemas de retencion ó modos de aumentar el rozamiento en las bajadas.—Al bajar las cuestas muy pendientes, la componente del peso paralela al camino, actúa en sentido del movimiento y puede llegar á precipitar el carruaje, despues de vencer todas las resistencias incluso el esfuerzo que para contenerle haga el ganado de tronco ó varas; pues este esfuerzo actúa oblicuamente y es muy incómodo para el ganado. Ha sido preciso buscar un *sistema de retencion* ó medio de aumentar la resistencia del carruaje al movimiento y para que sea perfecto debe cumplir al aplicarlo á los carruajes de la artillería con las siguientes condiciones.

- 1.^a Variar la resistencia segun lo exijan la inclinacion y naturaleza del terreno.
- 2.^a Dejar independiencia en los trenes del carruaje.
- 3.^a Que las operaciones sean fáciles y prontas.
- 4.^a No perjudicar á la duracion de las partes que trabajan.
- 5.^a Que el mecanismo sea sencillo y resistente.
- Y 6.^a Que no estorbe para el servicio á que se destina el carruaje.

El medio hasta ahora más ventajoso, es el usado

por las diligencias públicas y otros carruajes de cuatro ruedas del comercio. Consiste en una pieza de madera colocada transversalmente, que tiene en sus estremidades dos planchas de hierro, que han de rozar con las llantas de las ruedas posteriores, apretándolas más ó menos por medio de un tornillo de tuerca fija que atraviesa la pieza: generalmente se coloca la vara detras del segundo tren, valiéndose de una cadena; quedando el mecanismo bajo el cuerpo del carruaje y pudiendo el conductor operar desde su asiento.

De este modo, cumple con las condiciones 1.^a, 2.^a y 3.^a; en cuanto á la 4.^a es cierto que hay rozamiento de las planchas en las llantas; pero si (como sucede generalmente) las ruedas siguen girando, no será muy perjudicial pues se reparte en toda la anchura de las llantas y estas se desgastarán uniformemente. Si fuese necesario impedir completamente el que rodasen las ruedas traseras, se hará variar entonces, de tiempo en tiempo los puntos de contacto con las planchas y terreno. Para ello basta con disminuir interinamente la presión lo suficiente para que las ruedas giren un poco.

Pero no ha sido en general adoptado en la Artillería por que tiene para nosotros los gravísimos inconvenientes de no cumplir con las condiciones 5.^a y 6.^a: pues es algo complicado y sujeto á descomposiciones y sobre todo que el sitio que ocupa es incompatible algunas veces con el destino del carruaje.

Además aun las mismas diligencias, correos etc., cuando la cuesta es muy pendiente emplean tam-

bien la rastra por cuyo medio se detiene el movimiento de la rueda substituyendo al rozamiento de primera especie, el de segunda de aquella con el terreno. Para ello, se la une á la parte izquierda del tren posterior por medio de una cadena que debe estar colocada de tal manera que, situando dicha rastra delante de la rueda descansando sobre el suelo, quede su parte media en contacto con la llanta; si entonces avanza el carruaje la rueda montará á la rastra y cuando llegue á su medio queda tendida la cadena y se suprime el movimiento de rotacion por llevar todo el sistema la misma velocidad.

De lo dicho deduciremos que la rastra debe ser de hierro teniendo una plancha de piso (de trazado circular) en la que se apoya la rueda y con dos orejas para que esta quede encastrada y los choques laterales no la saquen de ella.

El sistema cumple con la condicion segunda así como con la cuarta, y no solo no desgasta parte ninguna de las ruedas sino que tambien disminuye las vibraciones que la comuniquen los choques; lo mismo sucede con la sesta, pues cuando no se la emplea va colgada de su gancho. En cambio no satisface á las demás: la intensidad opuesta á la marcha, varía á la inversa de la inclinacion y dureza del suelo: la operacion de ponerla es lenta ocasionando detenciones: y finalmente como la cadena obra oblicuamente al plano de la rueda se descompondrá su tension en dos; una en dicho plano, la que detiene á la rueda y otra perpendicular que tiende á aproximar la rastra al eje del carruaje y comprime la oreja interior; la cual

puede romperse quedando entonces libre la rueda.

Los inconvenientes de estos medios han sido causa de que la Artillería francesa haya preferido por largo tiempo el sistema de Gribeauval que estaba reducido á enrayar una rueda, la última de la izquierda (porestar á este lado el conductor encargado de esta operacion) valiéndose en la Artillería de sitio de una cuerda ó enrayadura y de una cadena de enrayar para la de campaña.

La cadena de enrayar se compone de dos partes ligadas aisladamente á una anilla fijada por una grapa al cuerpo del carruaje, de las cuales la mas larga está colocada al lado de la rueda de atrás y lleva una anilla redonda, terminando la otra en una llave. Para enrayar se pasa la cadena larga entre el cubo y una pina abrazando á un rayo; se trae adelante el anillo, se engancha la llave y se repliega y fija en su anillo, colocado convenientemente hácia la medianía de la cadena corta.

Este método de Gribeauval reúne las condiciones 2.^a, 5.^a y 6.^a: pero no cumple satisfactoriamente con las otras; la resistencia es inversa de la inclinacion y dureza del terreno; se necesita tambien detener el carruaje para enrayarlo y que retroceda algo para deshacer la operacion por estar muy tirante la cadena; y finalmente no solo desgasta mucho la parte dellanta que roza en el suelo durante toda la bajada, sino que la componente de la tension de la cadena que obra perpendicularmente al plano de la rueda estropea considerablemente el rayo, siendo preciso variar á menudo las ruedas y detenerse además en las

bajadas para cambiar el sitio de la enrayadura.

Como este último defecto es el mas considerable procuraron atenuarlo fijando el punto de enrayadura de la cadena, lo mas cerca posible de los rozaderos del mástil y haciendo la cadena bastante larga para que abrace al rayo vertical. Así, se apoyará en un punto de la llanta muy próximo al lugar en que toque al suelo, y la cadena sin estar espuesta á encontrarse con la rueda de delante, formará con el plano de las llantas un ángulo mínimo. Entonces será mínima la componente que trabaja contra la solidez de la rueda y máxima la que produce el enrayamiento: las mallas trabajarán menos pero no por eso dejarán de chocar contra el rayo y de destruir la rueda, sobre todo si el carruaje es de sitio.

Por dicha causa para la referida Artillería la enrayadura consistia en una cuerda terminada por dos hebillas, la cual se fijaba en el carruaje y abrazaba un rayo pasando una hebilla á la otra y deteniéndola con una muletilla.

Este método continuó usándose en Francia en el material de 1827 si bien la cadena no estaba doble sino sobre una parte de su longitud reforzándola en la union con el carruaje; en el de sitio se empleó tambien cadena [pero reemplazada por un trozo de cuerda donde abrazaba el rayo.

Como los defectos continuaban existiendo casi todos, trataron de reemplazar la cadena de enrayar por la rastra, pues si se inutilizaba esta, podia su cadena servir para enrayar. Atendiendo á lo ligero de sus carruajes (md. 1858) creyeron que no necesitarian

emplear la rastra, pero la experiencia del paso de los Alpes en 1859, les demostró su necesidad así como la conveniencia de que dicha rastra sea de acero ó hierro acerado. Solamente á el carro de trincherá es al que han dejado de proveerle de un sistema de retencion por ser muy ligero y generalmente poco cargado, pero cuando es absolutamente preciso, prefieren desunir la mula de silla y que contenga en la parte posterior del carro, á actuar sobre una sola rueda.

Los sistemas de retencion ó medios de aumentar el rozamiento, usados en nuestra Artillería estan acordados con el análisis que hemos hecho (1).

Usase la rastra colocada de la manera siguiente. Debajo del asa del mástil existe el *gancho de la cadena de la rastra*, de la cual parte dicha cadena sosteniéndose en el *gancho de sosten* situado en el mismo mástil y viniendo á parar á la gualdera derecha en donde está el *gancho de rastra* para colgar esta por su *anillo de cola* que lo tiene en la plancha de piso á el extremo opuesto al *cuello con anillo* por donde se une á la espresada cadena.

En el carruaje de sitio (modelo 1846) se agrega ademas una *barra de retenida* que está reducida á una vigueta, sujeta al cuerpo del carruaje y establecida por delante de las ruedas traseras. La barra tiene dos dobles orejeras de metal en las que se introducen

(1) Algunas veces se emplea la enrayadura para oponerse al retroceso demasiado considerable de la cureña de montaña, transformando el rozamiento de rodar en el de resbalar por medio de una cuerda que liga las dos ruedas. Cuando la pieza hace fuego, la cuerda, bajo la accion del rápido movimiento de rotacion de las ruedas, toma otro que la hace ir á parar sobre el mástil sujetando la ruedas que quedan entonces enrayadas.

dos gruesas cuñas de madera con una de sus caras metálica y encorbada para que se ajuste á la rueda: llévanse de ordinario dichas cuñas en otra posición, unidas al carruaje por unas cadenillas que permiten pasarlas de una á otra situación.

A el carro de trinchera (modelo 1863) se le ha dotado detras de su rueda izquierda de un freno que consta de un tornillo de tuerca fija que moviéndose por medio de una manivela aprieta sobre la rueda una plancha que lleva á su extremo y que tiene la forma de la llanta.

En los carros catalanés de las secciones, se usa el sistema empleado en sus congéneres del comercio que consisté en dos galgas ó sean dos troncos de árbol sujetos por sus extremos y por medio de cuerdas á unos rodillos que están situados en los extremos de los brancales: llevándose de ordinario por encima de las ruedas y en las bajadas se colocan por debajo y se aprieta para contener el movimiento de rodar. Las galgas deben ser dos, para evitar los choques y oscilaciones laterales sobre la mula de varas.

Trazado de los ejes y ruedas.—Estudiada ya esta parte pasemos á la de ejes y ruedas, si bien solo los examinemos bajo el punto de vista de la influencia que su trazado puede tener en el movimiento.

Principios para el trazado de los ejes.—Los ejes constan de tres partes que son: una *cuadra* que sostiene el cuerpo del carruaje y dos *mangas* que se introducen en las ruedas para que estas giren en ellas.

La espresion de la potencia que vence á las resistencias (fórmula (K) cap. 1.º) nos hizo ver que la

traccion era tanto mas fácil. 1.° Cuanto menor sea el rádio medio del buje. 2.° Disminuyendo su rozamiento con la manga ó sea engrasando mas aquél; y 3.° A medida que sea mayor la altura de las ruedas.

Estas consecuencias teóricas, comprobadas por la esperiencia, han obligado á buscar una materia que con un pequeño diámetro de suficiente resistencia y se ha elegido el hierro forjado que es además de fabricacion fácil y poco dispendiosa.

En cuanto á la forma; como el eje, en el servicio, se encuentra en el caso de una barra sostenida por dos puntos próximos á sus estremidades y sometida á una presion intermedia, para que todos sus puntos tuviesen igual resistencia, deberia dársele la figura de los sólidos de esta clase; es decir de perfil parabólico por encima y en línea recta por debajo; pero se facilita el trazado supliendo la curva superior con una série de líneas rectas y aun haciendo las mangas cónicas las estremidades de las cuadras tronco piramidales y el centro prismático, aunque lo mas general es construir toda la cuadra prismática.

La forma cónica de las mangas es conveniente por lo siguiente: 1.° Que con menos masa, que si fuese cilíndrica, tiene igual resistencia, pues en uno y otro caso la seccion peligrosa será la union con la cuadra. 2.° Facilita la maniobra de cambiar una rueda y 3.° Disminuye la resistencia de rozamiento en el buje, pues tiene por brazo de palanca en la cónica su rádio medio mientras que en la cilíndrica sería el de la seccion recta de dicho buje.

En los antiguos ejes de madera, el eje matemático del cono de la manga y el del prisma estaban situados en un plano vertical, con sus aristas inferiores en prolongacion: como la manga quedaba así inclinada en la diferencia de radios, se debilitaba la madera todo lo menos posible. Pero esta disposicion nos es apropósito para los de hierro, que á causa de la carga que soportan y de las sacudidas verticales que experimentan, sufren una ligera flexion que trata de disminuir la inclinacion y cuyo efecto estaba contrarrestado en los otros por la elasticidad de la madera. Mas como la inclinacion espresada es ventajosa (segun ya veremos), se construyen los ejes de tal modo que los matemáticos estén en un plano y que formen un ángulo con la abertura hácia el suelo: es decir que la generatriz inferior de la manga esté en contrapendiente.

De este modo resultan las ruedas mas separadas por arriba que por abajo, lo que procede las ventajas que vamos á espresar, 1.° Da mas sitio para colocar el cargamento. 2.° Que los rayos quedan menos espuestos á rozar contra las paredes de los surcos profundos en que entren las ruedas y 3.° La contrapendiente de la manga, corrige los defectos del copero, de los que hablaremos á su tiempo.

Dicho trazado modifica el efecto de la traccion, pues el esfuerzo de esta no se verifica ya en el plano del círculo de la rueda segun habiamos supuesto. En efecto: la direccion de la traccion seria evidentemente perpendicular á la generatriz de contacto del buje y de la manga, si el eje matemático de esta estuviese en

prolongacion del de la cuadra: pero por la forma de ambos la generatriz de contacto se inclinará hácia atrás en el plano de simetría y como además está por debajo de la generatriz horizontal se remontará tambien hácia el plano horizontal que tratarán de formar los dos ejes. Esto último casi se anula con lo que ha descendido el *pezon* por el trazado dado y solo habrá que considerar lo primero.

Sea (figura 36) A B una perpendicular al plano de simetría, cuya traza horizontal representamos por M N', y que las horizontales A A' y B B' nos marquen las generatrices de contacto que forman el ángulo Δ con la A B. La traccion Q, en los puntos H y K medios de A A' y B B', producirá dos presiones Q' y Q'' iguales por la simetría de la figura, que trasportadas al punto M y componiéndolas; si desde D se baja la perpendicular D P; serán

$$DN = \frac{DP}{\text{sen. } \angle N P} = \frac{DM \text{ sen. } \Delta}{\text{sen. } 2 \Delta} \dots\dots$$

$$\text{ó... } Q' = Q'' = \frac{Q \text{ sen. } \Delta}{2 \text{ sen. } \Delta \cos. \Delta} = \frac{Q}{2 \cos. \Delta}$$

Cada una de estas Q' y Q'' producen las componentes Q'_1 ó Q''_1, paralelas á la Q y otras Q'_2 ó Q''_2, perpendiculares, las que tendrán por valores

$$Q'_1 = Q' \cos. \Delta = \frac{Q}{2} \dots\dots\dots Q'_2 = \frac{Q}{2} \text{ tg. } \Delta$$

$$Q''_1 = Q'' \cos. \Delta = \frac{Q}{2} \dots\dots\dots Q''_2 = \frac{Q}{2} \text{ tg. } \Delta$$

:

Las Q'_1 y Q''_2 llevan la rueda hácia adelante con la misma intensidad del esfuerzo motor y las Q'_2 y Q'_3 se destruirían si el sistema fuese invariable, mas no siéndolo tenderán á sacar la rueda del eje.

Segun esperiencias verificadas por Edgewerth es ventajoso para la traccion, inclinar ligeramente los ejes de las mangas hácia el suelo, pero es perjudicial cuando la inclinacion es grande.

En nuestros carruajes el espresado ángulo es próximamente de $2^{\circ},50$ y se determina por la condicion que la recta que une los *agujeros de los sotrosos* sea paralela á la generatriz inferior de la cuadra y de 4 á 5 milímetros por debajo.

En los pezones de los ejes se hace un agujero ó taladro rectangular donde entra el *sotroso* que impide se salga la rueda, pues además de los choques accidentales, hay dos causas que tienden á alejar la rueda del carruaje, las cuales son: la debida á la forma cónica de la manga y el *copero* de la rueda del que ya trataremos. La distancia del taladro al pezon será lo menor posible para que el carruaje no quede espuesto á entorpecimientos en su marcha (1).

Para que las ruedas puedan evitar muchos choques contra los obstáculos del terreno, no debe el *sotroso* ajustarse exactamente á la cabeza *menor del cubo* ni la mayor tocar á la cuadra, sino que han de dejar cierta holgura y así la longitud de la manga desde el agujero del *sotroso* al codillo será algo mayor que la

(1) Sin embargo la mayor resistencia de sus paredes debe ser en sentido perpendicular al que consideramos.

del buje aumentada de las dos *volanderas exterior é interior* que se colocan para defenderle contra las percusiones.

Principios para el trazado de las ruedas.—

Las ruedas están espuestas á choques mas ó menos violentos así como á continuas sacudidas que provendrán de las desigualdades del terreno, todo lo cual exige sean sólidas y resistentes. Parecía natural construir las de una pieza para darles dichas condiciones, pero tenemos que observar que para vencer un obstáculo lleva la rueda cierta fuerza viva que si se destruyese casi instantáneamente la inutilizaría muy pronto; siendo preciso que ceda algo, bajo la influencia del choque y que despues de la caída sea restituida por la reaccion del terreno recobrando la rueda su forma primitiva, es decir, que ha de tener cierta flexibilidad que solo podrá conseguirse componiéndola de diferentes partes.

Las principales de que consta son tres; el *cubo*, los *rayos* y las *pinas con su llanta*. En el buje situado en el hueco longitudinal que atraviesa el cubo se introduce la manga del eje y en escopladuras abiertas en el mismo cubo entran los rayos: cada dos de estos están fijos por sus otros extremos á una pina; las que ensambladas forman un anillo circular que está cercado por una llanta de hierro, ya en forma de aro, yá partida.

Cubo y buje.—El cubo es de madera con cercos de hierro; sus dos *cabezas menor y mayor* tienen la forma tronco-cónica que afecta el buje y por la parte central elipsoidal para que resulte con la solidez necesaria

para el encastre de los rayos y así, con los resaltes del trazado queda tal como indica la (figura 37) (1).

El hueco interior del cubo, es preciso revestirle con el buje, para disminuir el rozamiento que proveniría del contacto directo de la manga contra la madera del cubo que le desgastaría rápidamente. Se construye dicho buje de bronce por que así es menor el rozamiento y no se desgasta tan pronto como lo ejecutaría si fuese de hierro fundido; sobre todo cuando falte la lubricación y arena ó polvo se interponga entre las dos partes.

La forma del buje es tronco-cónica por exigirlo la de la manga, pero debe dejar alguna holgura para poder introducir y sacar la rueda. Dicho juego es pequeño, generalmente de $2^m/m$ para evitar en los malos caminos los choques violentos que el cubo causaría en la manga. En la mitad de su longitud hay un hueco ó rebajo donde se conserva el sebo con que se engrasa la manga para disminuir el rozamiento, y en su base mayor lleva dos *orejetas* para formar su asiento.

La longitud del buje ó sea la del cubo es de gran influencia para la disminución de la resistencia y por consiguiente para el tiro en terrenos inclinados.

En efecto: el peso P del carruaje se descompone en dos P_1 y P_2 que actúan sobre los puntos de apoyo de las ruedas y si el terreno fuese inclinado (figura 38) el D estaría mas elevado que el C .

(1) No detallamos la construcción que expresa la figura 37 por corresponder á la teoría de construcción.

Considerando la rueda C tenemos que mientras el peso P_1 corte al cubo se repartirá toda la presión á lo largo de la generatriz de contacto y el rozamiento dependerá de la presión y radio medio del buje; pero si como sucede en la figura la dirección del peso P_1 no corta el buje, podemos trasportarla al punto mas próximo de este que será la cabeza mayor, lo cual introducirá un par $(P_1 - P_2) \times A E$, que tiende á que el contacto se verifique en el punto inferior de la generatriz de la cabeza mayor y por el superior en la menor: cuyo par se destruirá por la reacción de la rueda y rigidez del cubo: pero como la fuerza P_1 actúa entonces en la cabeza mayor, su brazo de palanca en el rozamiento sería mayor que el radio medio del buje, lo que es desventajoso para la tracción.

Con respecto á la rueda mas alta se verifica tambien todo lo dicho, si bien en sentido contrario. Si las presiones P_1 y P_2 fuesen iguales, habria cierta compensación, pero como en terreno inclinado el peso carga mas sobre la rueda inferior, el trabajo de rozamiento estará mas desarrollado en esta que en la mas elevada; resultando por consiguiente desventaja para la tracción.

Remédíase empleando dos procedimientos; 1.º Aumentando el copero, es decir la inclinación de los rayos con respecto al plano normal del cubo. Esta inclinación que obliga á la cabeza menor del cubo á entrar hácia adentro de la corona, se determina por otras consideraciones segun ya veremos, y 2.º Aumentando la longitud del cubo, con lo que tambien será mayor la resistencia contra los esfuerzos de los

rayos pero, en cambio crecerá el peso y teniendo además que alargar el eje el carruaje podrá pasar por menos sitios.

La necesidad de dar gran longitud al cubo se ha exagerado por largo tiempo hasta el punto que todos los antiguos carruajes, especialmente los del comercio, tenían tan salientes sus mangas que empezonaban muy frecuentemente: pero al presente los cubos son ya mas pequeños, tanto en los carruajes de transporte como en los últimos modelos de la Artillería.

Rayos.—Los rayos constan de tres partes *talon* por donde entran en el cubo, *peto ó rayo* propiamente dicho y *espiga* que se introduce en las pinas.

Los rayos cuando el terreno es desigual y el peso oscila se encuentran en la situación de unas palancas en las que por consecuencia de la carga se verifica: 1.º Una flexion en sentido perpendicular al movimiento del carruaje: 2.º Tendencia á romperse por el encastre con el cubo; y 3.º Propension á salirse de la pina ó á romperse. Así pues, para que con la menor cantidad de madera tenga la resistencia necesaria, preciso es que se corte la madera, siguiendo la dirección de las fibras, haciéndole mas grueso por el talon que por la espiga, con una seccion recta mas ancha por detrás que por delante y mas en sentido paralelo al eje del cubo que en el perpendicular, y finalmente que en la seccion que dé por un plano que contenga al eje del rayo y al del cubo, la recta de atrás sea paralela á las fibras y por consiguiente al eje del rayo y la otra una oblicua que se separe mas hácia el talon que por la espiga.

De este modo la forma del rayo resultará según espresa la (fig. 39) y cuyo corte por ab ó sección recta será la que indica la (fig. 40) que es al interior una semicircunferencia con su convexidad hácia dicha parte y terminada en un óvalo cortado por una recta paralela al grueso del rayo (1).

Como el plano de apoyo de la espiga es paralelo al eje del cubo, la parte delantera del peto forma con este plano un ángulo diedro bastante agudo del que desaparecía una parte (por los choques) sino se suprimiera de antemano. Los *chaflanes* que con este objeto se hacen á la cara delantera del peto deben ser perpendiculares al plano de apoyo é igualados con el frente y así dejan suficiente ancho al referido peto hácia la espiga, para que pueda considerarse como si no estuviese cortada la veta.

Copero.— Los ejes de los rayos no deben situarse normales al cubo, pues cuando el terreno esté inclinado, el rayo normal no se opondrá entonces directamente á la presión, y si el suelo fuese desigual, pedregoso ó surcados de rodadas el traqueteo violento ocasionaría choques contra las pinas que destruirán pronto toda la rueda.

Para evitar esta rápida destrucción, se inclinan los rayos con respecto al eje del cubo de tal modo que formen una superficie cónica.

Esta disposición hace que el rádio inferior quede oblicuo al suelo horizontal, lo que presenta varias ventajas.

(1) No damos mas detalles de la construcción que se marca en dichas figuras por corresponder á teoría de construcción.

1.^a El anillo que forman las pinas se apuntala contra el cubo y los rayos resultan solidarios no pudiendo moverse uno sin que los demás se opusieran y la rueda se rompería según su diámetro.

2.^a La rueda resiste mejor á las presiones laterales de fuera á dentro, pues el choque que reciba la pina inferior tenderá á que los rayos se acerquen al plano normal ó sea á aumentar el diámetro de la rueda, á lo cual se opone la presión de la carga y la rigidez circular de las pinas y por consiguiente semejante choque aumentará la union entre las partes.

3.^a Aunque por la disposición de las pinas el choque en sentido contrario al anteriormente considerado actuará como si el rayo fuese perpendicular; no teniendo que sufrir las ensambladuras sino por los choques en este sentido, resistirán mejor que si fuesen encontrados.

4.^a El sistema es mas elástico y los choques menos sensibles, pues si el camino es áspero ó mal conservado las ruedas caen sucesivamente en hoyos ó cavidades ó se elevan desigualmente las de cada tren, tomando al mismo tiempo el eje posiciones análogas; luego el rayo inferior caerá casi siempre verticalmente, recibiendo en este sentido el golpe contra el terreno cuando tiene la oblicuidad que le proporciona el copero; mientras que si fuese perpendicular al eje del cubo sufrirá un choque oblicuo destruyéndose pronto la rueda.

Pero en cambio de estas notables ventajas tiene algunos inconvenientes.

1.° El rozamiento entre la cabeza mayor del cubo y la *volandera interior* es mas considerable.

2.° Si el eje está horizontal, el rayo inferior quedará inclinado, con relacion al terreno, en una posicion poco favorable para resistir la presion y mas si el camino es arqueado y se marcha por su medianía ó directriz.

En efecto: sea AB (fig. 41) la posicion horizontal del eje, AM y BN la que tomarán los rayos inferiores, Δ' el ángulo que dicho rayo BN forme en su extremo N con la vertical y P la presion de la carga que actúa en α punto medio de AB. Las componentes del peso P en sentido de BC y AC serán iguales y concurrirán en C con la direccion del peso, formando ángulos iguales á Δ' y representando el peso P por CD, si bajamos desde D la perpendicular DR á CM, será:

$$\begin{aligned} ED=CF=P_1=P_2 &= \frac{RD}{\text{sen. } 2\Delta'} = \frac{CD \text{ sen. } \Delta'}{\text{sen. } 2\Delta'} \\ &= \frac{P \text{ sen. } \Delta'}{2 \text{ sen. } \Delta' \cos. \Delta'} = \frac{P}{2 \cos. \Delta'} \end{aligned}$$

Estas presiones contra cada rayo inferior son oblicuas al terreno y descomponiéndolas en sus componentes horizontales y verticales darán

$$\bar{P}_1 = \frac{P}{2} \quad \bar{P}_2 = \frac{P}{2}$$

$$\bar{\bar{P}}_1 = \frac{P}{2} \operatorname{tg} \Delta' \quad \bar{\bar{P}}_2 = \frac{P}{2} \operatorname{tg} \Delta'$$

Las componentes horizontales tenderán á que resbale la pina y serán la segunda causa de que la rueda se aleje del carruaje, y las verticales \bar{P}_1 y \bar{P}_2 actuarán á romper el rayo en su union con el cubo con un brazo de palanca $LB = BN \operatorname{sen} \Delta'$; por consiguiente el rayo está mas espuesto á romperse por su union con el cubo cuanto mas copero tenga.

Y 3.º El rayo por su inclinacion alarga las rodadas profundas y aumenta por consiguiente el trabajo de la traccion.

Para evitar este roce del rayo contra las rodadas dió Gribeauval á los petos de sus rayos una curvatura bastante grande (fig. 42) para que hiciese por detrás un ángulo con el suelo muy abierto, pero esta disposicion fué abandonada por que los chaflanes de las caras disminuian mucho el rayo hácia la pina, lo que facilitaba la formacion de endiduras á lo largo de las fibras: y se ha preferido impedir dicho roce combinando la inclinacion de los rayos y el trazado de las pinas segun ya veremos.

Los inconvenientes espresados están contrabalanceados en parte por la inclinacion de las mangas, la cual deja el rayo inferior en una posicion casi vertical: así los carruajes resultan con menos separacion de las llantas hácia la parte del terreno.

La inclinación de los rayos con respecto al eje del cubo se llama *copero* y se mide en Artillería por la distancia al plano exterior de las llantas, desde el punto en que uno de los rayos encuentra al cubo por su cabeza menor, medida en *blanco*; es decir, con la rueda aun no herrada.

Dicho copero debe ser bastante grande pues si es muy pequeño, la experiencia prueba que se pierde con el uso y quedando los rayos perpendiculares se destruye rápidamente la rueda. Gribeauval adoptó un copero muy fuerte ($6\frac{1}{2}$ pulgadas) para todas las ruedas, lo que era excesivo en las pequeñas. Debe arreglarse la referida inclinación según los terrenos por donde se marche ordinariamente y podrá variar entre 6° á 14° . Deberá pues ser menor en la artillería de sitio que en la de campaña; pero para simplificar y que resulten apropósito para todos los terrenos se acostumbra á darles de 7 á 8° .

Pinas y llantas.—Las pinas están construidas de trozos de encina y forman la corona circular exterior de la rueda; ensamblándose unas á otras con torillos.

Cércanse dichas pinas con una llanta que puede ser partida ó de aro. Las partidas ó de *bandas* han sido abandonadas y reemplazadas por las de aro que conservan mejor la forma circular de la rueda, lo cual es importantísimo para la tracción, pues el motor está obligado á elevar la carga cada vez que una rueda que no sea exactamente circular se apoye en el suelo por un punto mas alejado del eje que el anterior.

La superficie convexa de las pinas y llantas no

puede ser cilíndrica, por que entonces descansaría en el terreno solamente por el punto A (fig. 43) si suponemos en la sección vertical que pasa por el eje que sea AB (paralela al eje del cubo) la generatriz del cilindro. Para que toda la llanta se apoye será preciso que la generatriz sea tal como la AC que forma el mismo ángulo con el eje del cubo que el terreno con el eje de la manga. Para facilitar la construcción se dá por regla general algo mas de 90° al ángulo que dicha generatriz AC forme con el plano perpendicular al eje del cubo y la forma de la pina resulta según la espesa dicha figura (1).

Con esta disposición cada punto de la generatriz AC al girar la rueda está animado de una velocidad tanto mayor cuanto mas se aparte del eje de la superficie cónica y solo la estremidad C que llevará igual velocidad que la de traslación del sistema, será la que rueda sin resbalar. De este modo el rozamiento de las llantas contra el terreno no será rigurosamente de segunda especie, pero no variarán por esto las consecuencias hasta aquí deducidas, pues el ángulo de la generatriz AC con el eje del cubo es comunmente de 2° á 3° .

Ya hemos visto que generalmente conviene que las llantas sean anchas, para disminuir la profundidad de las rodadas, pero tambien sabemos que con el aumento de su tamaño lo verifica el peso y por con-

(1) No nos detenemos en la construcción de la figura 43 por corresponder á la teoría de construcción.

siguiente la resistencia de la rueda al movimiento. Esto obliga á disminuir su altura todo lo que consienta la resistencia de la madera y ensamblés, para que con el mismo peso resulte la llanta tan ancha que haciendo rectilíneos los rayos no queden mas espuestos á rozar con las rodadas que lo estaban los rayos curvos del sistema de Gribeauval, pudiendo dichas anchuras variar proporcionalmente á la carga que ordinariamente hayan de sufrir los carruajes.

Altura de las ruedas.—Segun hemos visto en el movimiento de los carruajes las ruedas grandes favorecen la tracción, pues así lo comprobaba el valor de Q necesario para vencer las resistencias pasivas (fórmula (K) capítulo primero). También es ventajosa la igualdad de ruedas en los dos trenes, por que además de simplificar el material, el aumento de las delanteras disminuye el esfuerzo de tracción.

La elevación de las ruedas, no podrá escocer de cierta dimension tanto por que con su tamaño crece su peso y por consiguiente las resistencias al movimiento, cuanto por que así lo exige la estabilidad de cargar y descargar y el aumento de precio que no es desatendible, pues cada boca de fuego exige varios carruajes para su servicio. Así es, que las necesidades de este, fijarán la altura de las ruedas.

Por consiguiente, admitida la igualdad de ruedas no solo en cada carruaje, sino para los de una misma clase de Artillería (por ser poco diferente el peso de ellos) se limitará la altura de aquellas por la consideracion de que las traseras no eleven demasiado el eje de la cureña (ya se trató de una de sitio ó de campaña) y

no dé á las ruedas tal inercia que comprometa el eje en el acto del retroceso de la pieza. Si de este modo se disminuyese algo la rueda con respecto á los antiguos materiales, quedaria subsanado el aumento en la tracción con la disminucion que le correspondería por el mayor rádio dado á las delanteras.

Ruedas con cubo metálico — Finalmente: desde 1864 la artillería Prusiana usa un sistema de ruedas con cubo metálico (1) que por decisiones de 20 de Diciembre de 1873 (2) de 24 de Febrero (3) y 22 de Julio de 1874 (4) ha adoptado provisionalmente la Artillería Francesa para ensayarlas en comparacion con las actuales.

Se compone el cubo (figura 44) de una caja de bronce en la que está practicado un hueco hácia la mitad del espacio ocupado por el eje para conservar en él la grasa. Exteriormente presenta un disco fijo (fundido con el cubo) y una parte cilíndrica sobre la que se ajusta otro disco movable igualmente de bronce. Entre estos dos discos, se sujetan los rayos cuyos talones están cortados en círculo. Después de colocados, el extremo de los rayos llega á 3 ó 4^m/_m de la superficie exterior de la caja cuyo vacío se llena en un número de cuñas igual al de rayos. Estos se sujetan con los discos por medio de tornillos cuyos agujeros se practican de dos en dos sobre el disco hácia las junturas

(1) En su material de á 4 (8 centímetros.)

(2) Para su material de á 12.

(3) Para su material de á 4 (modelo 1858) 8 centímetros.

(4) Para las llamadas número 3 destinadas para los carros del parque.

de los rayos. Se las pinta como las otras partes del material, pero el cubo de bronce no está cubierto de ninguna pintura y solo los tornillos de ensamble y su asiento lo están de negro.

Como deduciremos de la anterior descripción aunque llegasen á reemplazar completamente á las actuales en toda clase de carruajes, no por eso modificarán las teorías establecidas en estas lecciones pues solo causarán efecto sobre la nomenclatura y en la construcción.

de los rayos. Se las pinta como las otras partes del material, pero el tubo de bronce no está cubierto de ninguna pintura y solo los tornillos de casachula y sus arandelas están pintados de negro.

Como deducimos de la anterior descripción anterior que llegasen á reemplazar completamente á las actua- les en toda clase de aparatos, no por eso modificarían las teorías establecidas en estas lecciones pues solo se cambiarían el nombre sobre la nomenclatura y en la cons- trucción.

APLICACION NÚM. 1.

Para probar la certeza de la espresada reparticion, daremos un ejemplo, en carruajes conocidos, del modo de repartir el peso entre los dos trenes. Ejecutémoslo con el de á 12 centims. G. R. cuyo peso total sin ruedas es de 1790. kgrs.

Armon cargado (sin ruedas).....	585	}	$\frac{P'}{P} = 0,37$
Presion del tren de atrás sobre el perno.....	69		
		}	$\frac{P''}{P} = 0,63$
$P' =$	654		
$P'' =$	1136		
$P =$	1790		

Vamos á hacer aplicacion al cañon de reserva de 12 centims. G. R. ó al de campaña de 8 centims. G. R.

G. R.	G. R.	G. R.	G. R.	G. R.	G. R.	G. R.	G. R.
12 centims. G. R.	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
8 centims. G. R.	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031

:

APLICACION NÚM. 2.

Para demostrar la poca importancia del rozamiento de la manga en el buje consideraremos los dos casos de que el terreno sea horizontal incomprensible y perfectamente igual y que el suelo sea de cualquiera clase.

En el primero la resistencia está expresada por

$$Q = f' P \frac{\rho}{R} \text{ y en el segundo por } f' S = f' \sqrt{P^2 + Q^2}$$

y como debe ser $Q' < P$ es evidente que $f' S < 2 f' P$ y como la ecuacion de trabajos será.....

$$Q' \times 2 \pi R = 2 \pi \rho \times f' S \text{ se tendrá}$$

$$Q' \times 2 \pi R < 2 \pi \rho \times 2 f' P \text{ ó } Q' R < 2 f' P \rho \text{ de donde}$$

$$Q' < 2 f' \frac{\rho}{R} P.$$

Vamos á hacer aplicacion al cañon de reserva de á 12 centíms. C. R. ó al de campaña de 8 centíms. C. R.

	ρ	R	P.	Cañon y cureña sin rueda.	f'	$\frac{\rho}{R}$	Q	$\frac{Q}{P}$	Q'	$\frac{Q'}{P}$
12 centíms. C. R.	0 ^m ,031	0,70	4.310 kgrs.		0,17	0,043	9,87	$\frac{1}{137}$	< 19,14	$\frac{1}{68}$
8 centíms. C. R.	0 ^m ,031	0,63	860		0,17	0,043	6,88	$\frac{1}{131}$	< 13,16	$\frac{1}{65}$

Como la relacion $\frac{Q'}{P}$ para los carruajes de reserva

es de $\frac{1}{137}$ y el peso que cada motor puede conducir es de 330^{kg.}, resulta que el esfuerzo que consume para vencer solo la resistencia de la manga en el buje en terreno duro y horizontal es de $\frac{330}{137} = 2^{\text{kg.}},4$ y si el terreno es cualquiera, será menor que $\frac{330}{68} = 4^{\text{kg.}},8$.

De este modo vemos que de los 40^{kg.} de esfuerzo en dicha resistencia solo gasta de 2 á 5^{kg.} necesitando el resto para las otras resistencias.

APLICACION NÚM. 3.

Para ver que la desigualdad de las ruedas produce con respecto á las ruedas iguales, una variacion insignificante en las presiones; tomaremos por ejemplo un carruaje de campaña (md. 1792) que son de contrapoyo y ruedas desiguales tirados por seis caballos.

En ellos las presiones sobre los ejes son como dos á cinco y por consiguiente cuatro caballos corresponden á T; su esfuerzo será

$$4 \times 50 = 200^{\text{ks.}} \text{ y como } \frac{R' - R}{\bar{l}} = 0,054;$$

lo que variarán las cargas de los ejes por la desigualdad de las ruedas serán

$$T \times \frac{d' - \bar{d}}{\bar{l}} = 200 \times 0,054 = 10^{\text{ks.}}, 8$$

que no merece lo tomemos en consideracion.

TABLA NÚM. 2.

El General Poncelet ha dado para A los siguientes valores, espresando los pesos P y p en kilogramos suponiendo las llantas ó aros de hierro y que el terreno es horizontal.

Clase de ruedas.	Terreno sobre que se marcha.	Valor de A para $R=1^m$.
Rueda de carruaje.	Camino recién enguijarrado y con arena	0,0634
	Id. empedrado en el estado ordinario	0,0414
	En perfecto estado	0,0150
	Empedrado bien cuidado al paso	0,0185
	Idem trote	0,0238
Ruedas fundidas.	En tablas de encina en bruto	0,0102
	Carriles de madera rectilíneos y salientes	0,0023 Guester.
	Escorias viejas de hierro	0,0038
	Carriles planos de hierro salientes ordinariamente y engrasados. continuo	0,0012 0,0010
Rodillo.	De olmo sobre empedrado unido	0,0094 Regnier.
	Id. sobre encina perfectamente igualada	0,0016 Culomb.
	Id. sobre guayacán	0,0010
	Fundido sobre granito igual	0,0010
	De encina sobre empedrado seco	0,0009 Velter.
	Id. sobre embaldosado	0,0007 Velter.
	Id. con el afuste de un mortero = A'	0,0007 Velter.

TABLA NÚM. 3.

El General Morin teniendo en cuenta el ancho de la llanta y la velocidad partiendo de $l=0,0^m 28$ y $V=1^m$ ha dado para $A=a+\gamma(l'-l)+\delta(V-1)$ los valores siguientes:

Clase de terreno.	a	γ	δ
Arena mezclada de casquijo fino (espesor $0^m,10$ á $0^m,15$).....	0,0510	0,1423	0,0787
Prado de cespede, tierra blanda y húmeda.....	0,0380	0,0710	0,0518
Cespede seco é igual.....	0,0242	0,0453	0,0330
Camino en guijo igual, húmedo y poco frecuentado.....	0,0308	0,0072	0,0322
Id. empedrado fino, seco, en muy buen estado.....	0,0092	0,0061	0,0104
Id. cubierto de barro líquido.....	»	»	0,0150
Id. muy frecuentado, barro espeso...	»	»	0,0300
Id. cubierto de nieve sin tocar.....	»	»	0,0400
Id. empedrado en mal estado, barro espeso.....	»	»	0,0450
Calzada de greda de Fontainebleau..	0,0104	»	0,0104
Id., id, de Sierck.....	0,0076	»	0,0076
Piso de maderos de encina.....	0,0120	»	0,0120

Para la Artillería se supone A constante y entonces sus valores son los inscriptos en este cuadro.

TABLA NÚM. 4.

La influencia de la velocidad y de la suspension está indicada en el cuadro siguiente.

Clases de carruajes.	Terreno.	Valores de δ .
Cureña de sitio	Empedrado de Metz.	0,0060
Carro de parque.....		0,0054
Diligencia.....		0,0028
Cureña de sitio.....	Camino empedrado.	0,0021
Diligencia.....		0,0010

Para conocer la velocidad correspondiente á los aires de marcha, véase la tabla núm. 9.

0,010	0,0002	Id. empedrado fino, seco, en muy buen estado.....
0,0130	"	Id. cubierto de barro líquido.....
0,0200	"	Id. muy frentado, barro espeso.....
0,0100	"	Id. cubierto de nieve sin tocar.....
0,0130	"	Id. empedrado en mal estado, barro espeso.....
0,0104	0,0104	Calada de grada de Fontainebleau.....
0,0070	0,0070	Id. id. de Suez.....
0,0120	0,0120	Piso de maderas de enjuta.....

Para la Artillería se supone A constante y en-
tonces sus valores son los inscriptos en este cuadro.

TABLA NÚM. 5.

Una comision de oficiales de Artillería francesa comparó en muchas marchas dos cureñas con su cañon de á ocho; la una del sistema de Gribeauval, y la otra del moderno y no se notó diferencia sensible en los esfuerzos del ganado á pesar de la mayor altura de las ruedas en la última. Como esta comparacion solo se efectuaba sobre la fatiga aparente de los motores, emplearon además el diámetro de Regular tirando de los carruajes, hombres que actuaban sobre dos palancas sujetas á cuerdas de 2 á 4^m de longitud (la ordinaria de los tirantes, y para que el ángulo de traccion fuese constante se colocó en cada leva un péndulo de 1^m á 2^m de largó que le mantenía á la altura debida.

Los resultados fueron:

Cureñas.	Altura de las ruedas.		Ángulo de traccion.	Peso total del carruaje.	Carga del eje.		FUERZA DEL MOTOR.			
	Delan-tero.	Atrás.			Delan-tero.	Atrás.	Sobre un prado.		Terreno labrado.	
	Pulg.	Pulg.			Kilgs.	Kilgs.	Al em-pezar.	En marcha.	Al em-pezar.	En marcha.
Gribeauval.	42	54	12	1659	474	794	160	71	350	132
Moderna....	54	54	5 á 6	1678	520	784	190	81	400	192

La relacion media $\frac{P}{Q}$ durante la marcha en terreno labrado fué para el primer carruaje de 12 y para el segundo la de 8,9 pues apesar de que tenia las ruedas iguales, los tirantes formaban menor ángulo.

:

Para comprobar que el menor ángulo era el que contrariaba el aumento de doce pulgadas en el radio de la rueda delantera, se variaron los puntos á que se unian los tirantes en la cureña de á ocho moderna lo mismo que en otra de á cuatro del sistema de Gribeauval y se observaron los efectos siguientes:

CUREÑA MODERNA DE Á OCHO		CUREÑA DE Á CUATRO DE GRIBEAUVAL.	
Ángulo de traccion.	Esfuerzo medio al empezar la marcha	Ángulo de traccion.	Esfuerzo medio al empezar la marcha.
		0°,0.....	139 Kg ^s
5°,45'.....	73 Kg ^s	7,23.....	140.....
10,20.....	60.....	12,0.....	126.....(a)
11,32.....	55.....	15,0.....	145.....
		17,20.....	152.....

El terreno era duro y llano.

La cureña y el avantren se habian cargado sin objetos de mucho peso.

Parece excesivo el influjo del valor del ángulo de traccion pero mientras no haya otras esperiencias la (a) nos obliga á considerar á $\alpha = 12^\circ$, como el de menor resistencia en terreno horizontal. Si el suelo fuese blando y penetrable los surcos de las ruedas aumentarían el ángulo de traccion, aunque estén fijos los puntos de enganche de los tirantes.

TABLA NÚM. 6.

Experiencia del General Berge en Metz 1816 sobre la influencia del ángulo de los tirantes en el esfuerzo de traccion.

Inclinacion de los tirantes.	Caballo		
	Fuerte.	Débil.	Medio.
0.....	389 kgrs.	346	378
6 á 7°.....	424	376	400
10 á 12°.....	443	401	422
13 á 16°.....	397	366	382

TABLA NÚM. 7.

Experiencia del General Berge en Metz 1816 sobre la influencia de la carga.

Angulo de traccion.	Carga soportada por el caballo= <i>kgrs.</i>	Caballo= <i>kgrs.</i>		
		Fuerte.	Débil.	Medio.
6 á 7°	100	464	377	420
10 á 12°	50 á 60	443	361	402

TABLA NUM. 8.
 Coeficiente $\frac{1}{n}$.

Las dificultades y gastos que ocasionan las experiencias sobre este punto las han limitado hasta no conocerse mas que las siguientes:

Esperimenteros.	Carruaje empleado.	Naturaleza del terreno.	Velocidad.	Valor de $\frac{1}{n}$.	Observaciones.
El Conde Rumford.	Carruaje suspendido y de cuatro ruedas.	Empedrado bien cuidado.	Paso corto.	$\frac{1}{46}$	
			Id. largo.	$\frac{1}{56}$	
			Trote corto.	$\frac{1}{24}$	
			Gran trote.	$\frac{1}{15}$	
		Camino encunetado y empedrado.	Para todos los grados de velocidad.	$\frac{1}{25}$	
			Poco arenoso.	Idem. . . . .		$\frac{1}{22}$
Muy arenoso.	Idem.	$\frac{1}{9}$			
Artillería Francesa en Metz 1825..	Carruaje de Artillería de campaña Galera.	Camino enguijarado sin arena y sin cubrir.	Paso corto.	$\frac{1}{9}$	(a) Relación media generalmente admitida.
			Pradera	$\frac{1}{22}$	
		Campo recientemente labrado y cabado enseguida	Al paso.	$\frac{1}{10}$	
			Camino enguijarado	Al paso. . . . .		$\frac{1}{12}$..(a)
Id. empedrado.		$\frac{1}{20}$			

Las experiencias hechas con carruajes suspendidos no puede servir para los de Artillería y así solo deduciremos de las de Rumford que en los caminos ás-

peros crece la resistencia del carruaje con la velocidad muy rápidamente pues al paso corto, paso trote y trote están en la relacion de los números 1, 2, 3; mientras que si el terreno es firme y llano ó muy arenisco es casi constante é independiente del aire de marcha.

Sin embargo atendiéndonos á la esperiencia en los carruajes ordinarios del tráfico para trasportar efectos, puede fijarse el valor de $n=12$ para un camino pedregoso y en uno empedrado, bueno y liso $n=20$, y de consiguiente respectivamente los pesos trasportables $P=75 \times 12=900$ kgrs. y $P=75$ kgrs. $20=1500$ para un caballo de mediana fuerza y conduciéndolo de 32 á 36 kms. por dia.

Estas evaluaciones no son elevadas comparándolas con la de Mr. Navier y la práctica de los carreteros de Francia es para malos caminos 712 kgrs. por caballo, 912 para los terrenos accidentados, 1140 para los ordinarios y hasta 2000 para las inmediaciones de París.

Al trote y segun Mr. Navier, el caballo sosteniéndole por cuatro horas y media, tirando de un carruaje sobre terreno horizontal, transporta una carga de 350 kgrs. á 36 kms. Esto es el valor mínimo pues en Francia las diligencias conducen 360 kgrs. á 34 kms. y en Inglaterra transportan 450 kgrs. á 40 kms.

Las esperiencias hechas en las diligencias de París no puede servir para los de Artillería y así solo de los carruajes de las de Rumford que en los caminos ás-

TABLA NÚM. 9.

Velocidades del caballo.

Para el caballo de carga, de silla y de carruaje en un terreno horizontal y bien cuidado se tiene.

CLASES.

Aires de marcha.	Carga.	Silla según la ordenanza Francesa de caballería.	De tiro.	
			Metros por 1'.	Metros por hora.
Para el paso..	1 ^m ,20 á 1,80	1 ^m ,60 1,80	1,25	4 500
Paso largo....	» »	» »	1,56	5 580
Trote.....	2 ^m ,20 á 3,50	3 ^m ,20 á 3,60	2,40	8 650
Id. largo.....	» »	» »	3,65	13 700
Galope.....	5,00 á 5,50	5 ^m ,00 á 5,50	»	»

— El paso y el trote pueden sostenerse en un trabajo diario pero con menores velocidades.

Los caballos de tiro no son todos apropiados para trabajar al trote. En una pendiente para que la fatiga sea la misma es necesario disminuir la velocidad.

TABLA NÚM. 10.

ESPAÑA.

Artillería de campaña.

	Cureña de	Peso de los carruajes cargados.	Núm. de mulas.	Mulas que resul- tan á razon de 330 kgrs.	Id. á 360.
Batería de maniobra (md. 1863.)	C. A. 8c. ^s Cc.	»	»	»	»
	C. R. 8 c. ^s L.	1.256	4	3,8	»
	C. R. 10c. ^s Cc.	»	»	»	»
	C. R. 12c. ^s C.	2.322	6	»	6,4
Carros de municiones (md. 1863.)	C. A. 8c. ^s Cc.	»	»	»	»
	C. R. 8 c. ^s L.	1.277	4	3,88	»
	C. R. 10c. ^s Cc.	»	»	»	»
	C. R. 12c. ^s C.	3.310	6	»	6,4
Fragua (md. 1863.)	»	1.187	4	3,59	»
Carro de seccion (md. 1863.)	»	1.052	4	3,2	»

Aunque el carruaje de reserva exige mas de seis mulas con la carga de 360 kgrs. solo lleva seis para facilitar las maniobras.

Advertencia.

Las evaluaciones de 330^{Kgrs.} para la Artillería de batalla y de 360 para la de reserva son las mas convenientes y á las que se aproximan los pesos arrastrados por las artillerías extranjeras.

TABLA NÚM. 11.

PARQUES DE CAMPAÑA Y SITIO.

		Número de Caballos.
Parque de campaña (Md. 1827.)	Carros de municiones.....	6
	Cureñas de respeto.....	4
	Carros de parque.....	6
	Carros de batería.....	6
	Fraguas.....	6
Parque de sitio (Md. 1827.)	Cureñas de á 2½ (15 cents.).....	8
	Id. de á 16 (13 cents.).....	8
	Carro fuerte.....	8
	Carro del Parque.....	6
	Id. de sitio (trinchera).....	3
	Trinquival de mulas.....	4

Ademas con los parques, ya sean de campaña ya de sitio van piezas de campaña y carros de municiones, los cargados llevan el ganado correspondiente y los descargados si son cureñas de de respeto á cuatro caballos y si carros á dos, así como tambien se conducen carros de batería y fraguas de los cuales los cargados van á 6 y los descargados á 2 caballos.

TABLA NÚM. 12.

Carga del caballo.

Un caballo de carga puede llevar la de 100 á 150 kgrs. y recorrer al paso de 40^{kms.} en diez horas ó sea un efecto útil ó trabajo de $125 \times 40 = 5.000$ kgrs. á 1^{km.} ó 5.000.000 kgrs. Al trote puede llevar 80 kilogramos y recorrer de 36 á 40^{kms.} por día ó sea $80^{\text{kgrs.}} \times 38.000^{\text{m}}$ de efecto útil. Un caballo montado (el peso no pasaria de 90^{kgrs.}) puede en 7 á 8 horas por un buen camino recorrer al paso 40^{kms.} y es su efecto útil de 3.600.000 kgrs.

El caballo puede llevar tanto como cinco hombres en buen camino y dia de trabajo pues el efecto útil de un hombre es de 44^{kgrs.} conducidos á 20^{kms.} ó sean $44 \times 20^{\text{kgrs.}} = 880.000^{\text{kgrs.}}$, pero esta relacion de 1 á 5 disminuye cuando el terreno es inclinado.

TABLA NÚM, 13.

MATERIAL.	CARRIL.	DIAMETRO DE LAS RUEDAS.
	<i>Sitio.</i>	
Modelo 1846.....	1625 ^m / _m	1490 ^m / _m
Modelo 1830.....	1556	1380
Rf. 1861.....		
Trinquival de mulas y hierro	1790.....	1380 1. ^{er} tren. 2230 2. ^o idem.
	<i>Campaña.</i>	
Modelo 1830.....	1556	1380
Rf. 1859.....	1556	1380
Carro seccion Md. 59...	1260	1250
Rf. 1861.....	1140	1100
Modelo 1863.....	1240	1300
Modelo 1868.....	1340	1300
	<i>Carriles estrechos</i>	
Modelo 1829.....	1045	1020
Modelo 1855.....	1240	1026
	<i>Carruajes de dos ruedas.</i>	
Artillería de montaña con limonera (modelo 1861 y siguientes....)	860	900
Carro catalan.....	»	"
Carro de trinchera.....	1240	1300

TABLA N.º 13.

DIAMETRO DE LAS RUEDAS	CARRIL	MATERIAL
1400	2100	Modelo 1816
1380	1950	Modelo 1830
1380	1850	R.L. 1861
1380 1.ª rueda	1700	Trinquetal de ruedas y hierro
1330 2.ª idem		
Carriles estrechos		
1380	1358	Modelo 1830
1380	1358	R.L. 1830
1330	1300	Carril seccion M. 30
1100	1110	R.L. 1861
1300	1240	Modelo 1883
1300	1240	Modelo 1888
Carriles de ruedas		
1050	1075	Modelo 1830
1050	1240	Modelo 1835
Artilleria de montaña con limonera (modelo 1861 y siguientes)		
900	880	
1300	1240	Carril catalan
	1240	Carril de trinchera

29	TEORÍA DE LOS CARRUAJES.	
30	.....
30	.....
33	.....
34	.....
36	.....
37	.....	Páginas

ÍNDICE DE MATERIAS.

Introducción	.....	40
	PRIMERA PARTE.	
	
	
	
	<i>Movimiento de los carruajes.</i>	

CAPÍTULO PRIMERO.

TEORÍA DEL TIRO.

Consideraciones generales	.....	13
Modo de verificarse el movimiento	.....	15
Resistencia al movimiento del carruaje	.....	17
Rozamiento de la manga en el buje	.....	17
Rozamiento de la llanta sobre el suelo	.....	19
Influencia de $P+p$ y del tamaño de la rueda	.....	20
Influencia del anecho de la llanta y velocidad del carruaje	.....	22
Expresion general de la resistencia al movimiento sobre el suelo	.....	23
Esfuerzo de tracción que sostiene el movimiento en un carruaje de cuatro ruedas en el caso que el terreno y los tirantes estén inclinados	.....	24

	<u>Páginas</u>
Esfuerzo de traccion para el carruaje de dos ruedas.	29
Caso en que el terreno es horizontal.....	30
Caso del tiro bajando.....	30
Reparticion del peso sobre los dos trenes.....	33
Angulo de traccion mas favorable al tiro.....	34
Esfuerzo preciso para vencer cada resistencia pasiva.	36
Resistencia en el paso del reposo al movimiento.....	37
Falta de rigor matemático en las fórmulas halladas é indicacion del método que debería seguirse.....	39
Determinacion de las presiones.....	40
Observaciones sobre las fuerzas de traccion ó tractivas ó sea potencias motoras.....	44
Ventaja del carruaje sobre el arrastre.....	45
Empleo de rodillos.....	46

CAPÍTULO SEGUNDO.

MOTOR.

Conveniencia de hallar el esfuerzo de cada motor y la influencia del modo de atalajar.....	51
Consideraciones sobre el modo de actuar el motor.....	52
Relaciones entre las fuerzas á que está sometido el motor y la presion de sus piés sobre el suelo.....	53
Movimiento de los piés sobre el suelo.....	54
Elevacion del antebrazo.....	55
Resultado de los limites hallados.....	56
Esperiencias sobre el esfuerzo de traccion para modificar los resultados obtenidos.....	56
Esperiencias francesas, sobre el esfuerzo de traccion	

de que es susceptible el caballo sea momentáneamente, sea de una manera continua y su relacion con el peso trasportado.....	58
Composicion de los tiros del ganado de Artilleria.	62
Influencia delatalaje en el trasporte y sus condiciones.	64
Atalaje de varas ó á la catalana.	65
Atalaje de lanza á la alemana.....	69
Atalaje de violin.....	73

SEGUNDA PARTE.

Principios del trazado.

CAPÍTULO TERCERO.

**PRINCIPIOS PARTICULARES Á
CADA CLASE DE CARRUAJES.**

Objeto del trazado.....	77
Líneas de que depende el trazado del carruaje de dos ruedas.....	78
Situacion del centro de gravedad (sin considerar las ruedas).....	78
Distancia de la direccion de los tirantes al eje.....	83
Presiones laterales sobre las varas.....	84
Líneas de que depende el trazado de los carruajes de cuatro ruedas.....	86
Influencia de la situacion de los centros de gravedad.....	87
Influencia de la posicion del enganche de los dos trenes.....	88

:

Influencia de la situación de los puntos donde se enganchen los tirantes.....	91
Influencia de la distancia entre los ejes.....	91
Resumen de la influencia de las líneas del trazado.....	92
Modo de deducir los principios del trazado en los carruajes de cuatro ruedas.....	93
Situación del centro de gravedad de la carga total.....	94
Elevación del centro de gravedad de la carga total.....	98
Estabilidad de la lanza y flexibilidad de todo el sistema.....	99
Estabilidad y flexibilidad en los carruajes de contrapoyo.....	100
Id. id. en los carruajes de lanza suspendida.....	107
Juego de la unión de los dos trenes.....	109
Juego de la lanza.....	110
Independencia de los dos trenes.....	113
Límite de los brancales.....	113
Límite de la distancia entre los ejes.....	115

CAPÍTULO CUARTO.

PRINCIPIOS COMUNES DE LOS CARRUAJES.

Estudios que corresponden á los principios comunes del trazado.....	119
Carril del carruaje.....	120
Vuelta del carruaje.....	122
Rádío de giro y vuelta en el carruaje de dos ruedas.....	124
Rádío de giro y vuelta en el carruaje de dos trenes.....	125
Id. id. é id. en el id. de vuelta limitado.....	125

Determinacion del ángulo de vuelta de un carruaje cuando aquel es limitado.....	128
Vuelta y ángulo de vuelta cuando es ilimitado.....	130
Principios del trazado para que resulte la vuelta mínima.—Influencia del ángulo de vuelta.....	131
Medios de aumentar el ángulo de vuelta.....	132
Sistemas de retencion ó modos de aumentar el rozamiento en las bajadas.....	138
Trazado de los ejes y ruedas.....	144
Principios para el trazado de los ejes.....	144
Id. para el id. de las ruedas.....	149
Cubo y buje.....	149
Rayos.....	152
Copero.....	153
Pinas y llantas.....	157
Altura de las ruedas.....	159
Ruedas con cubo metálico.....	160

Fig. 1.^a

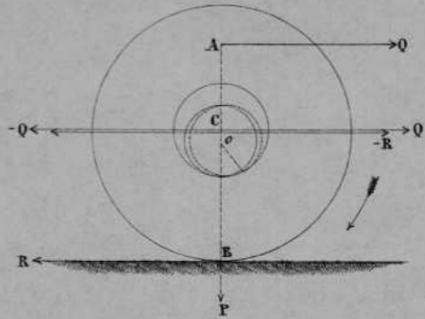


Fig. 2.^a

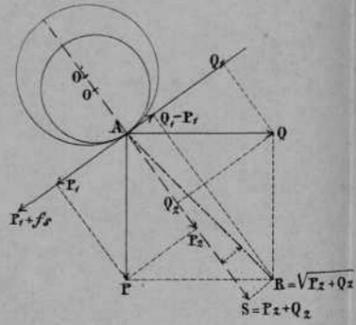


Fig. 3.^a

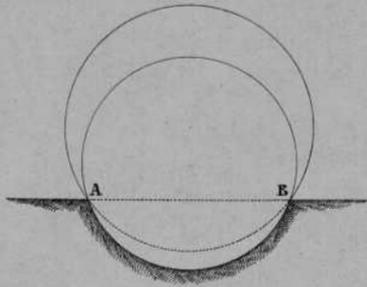


Fig. 4.^a

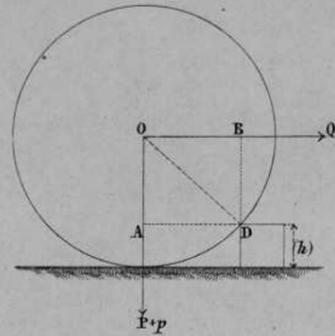


Fig. 7.^a

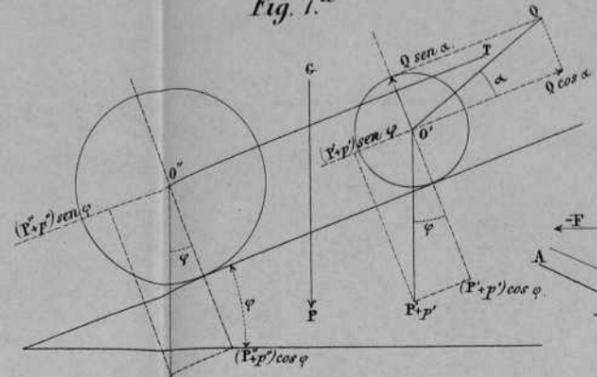


Fig. 10.

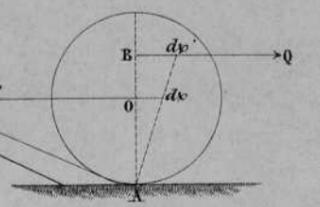


Fig. 5.^a

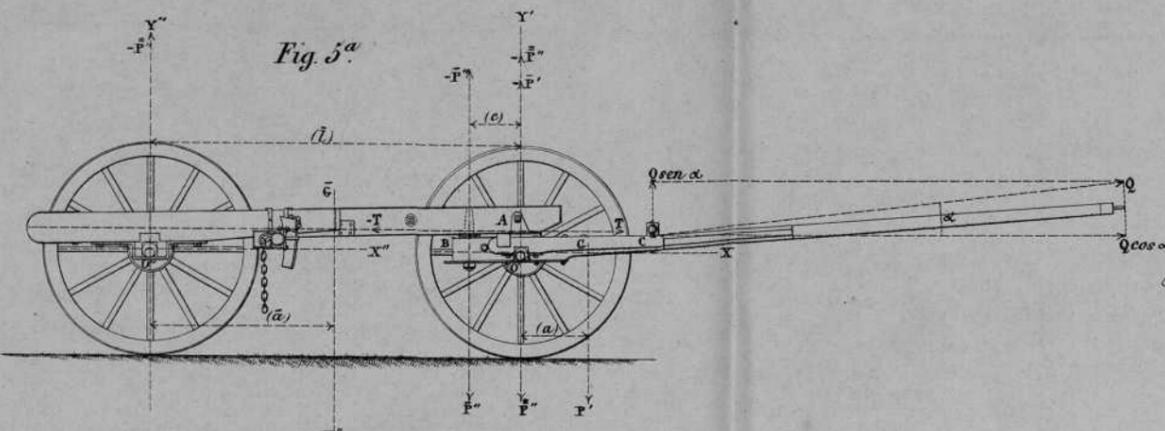


Fig. 6.^a

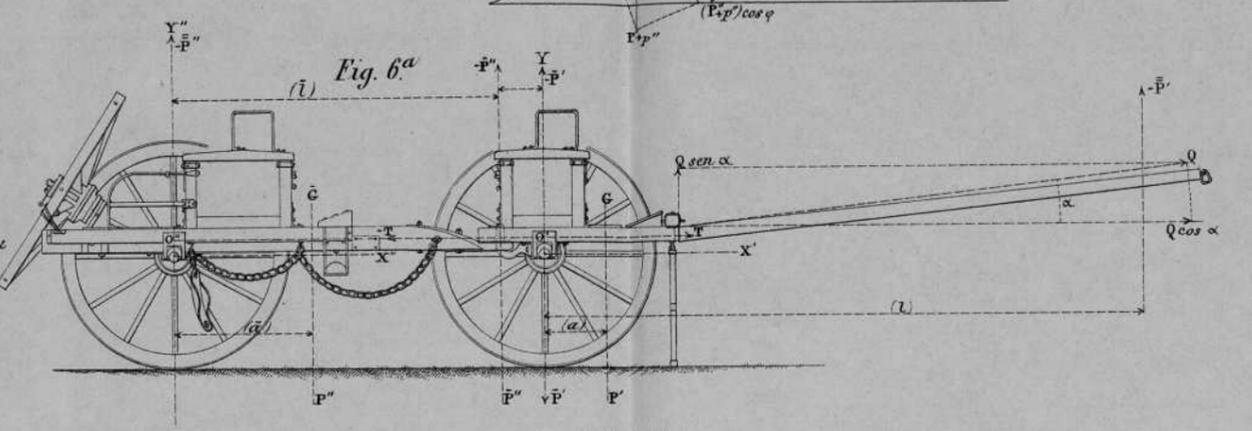


Fig. 11.

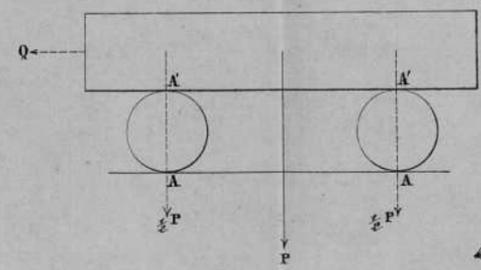


Fig. 15.

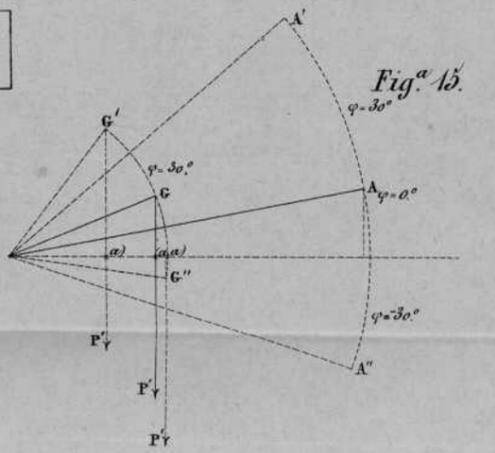


Fig. 8.^a

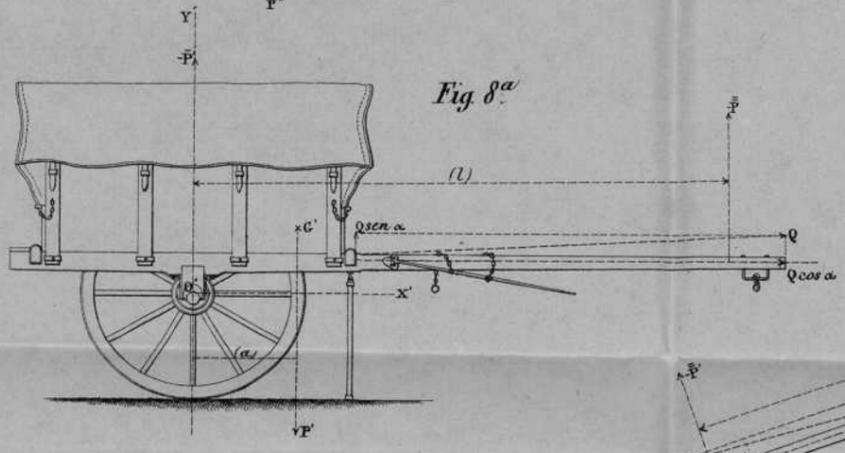


Fig. 9.^a

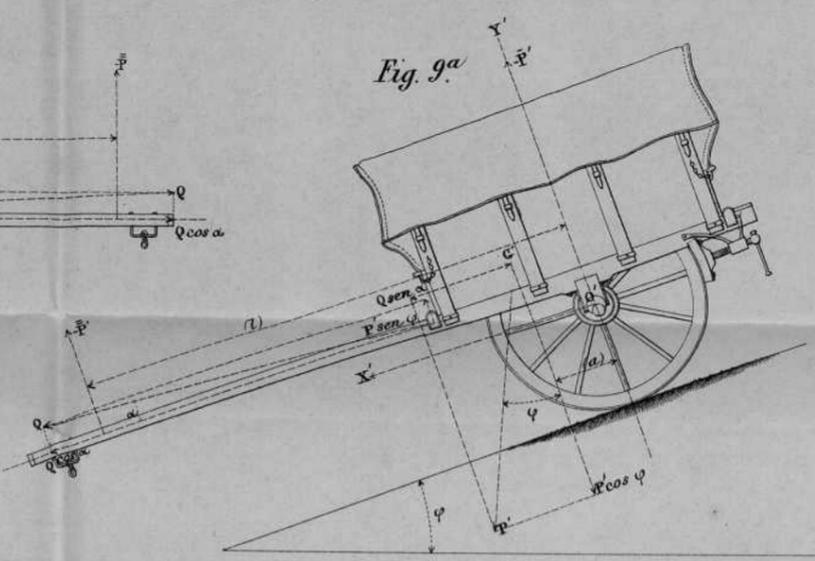


Fig. 13.

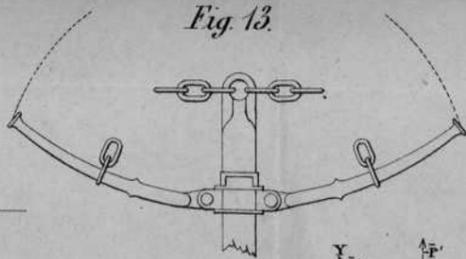


Fig. 14.

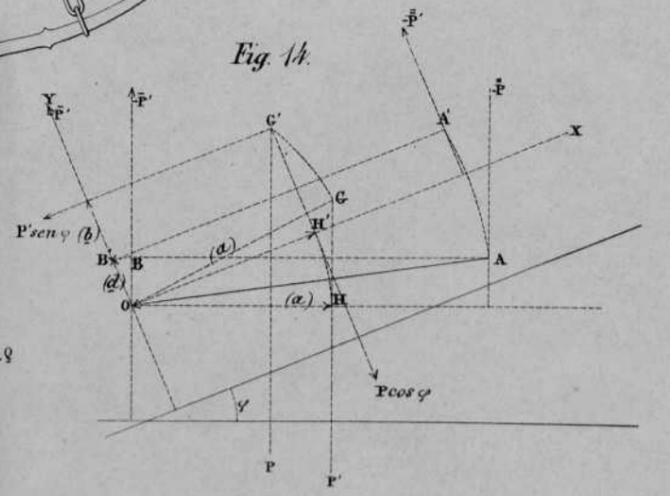


Fig. 12.

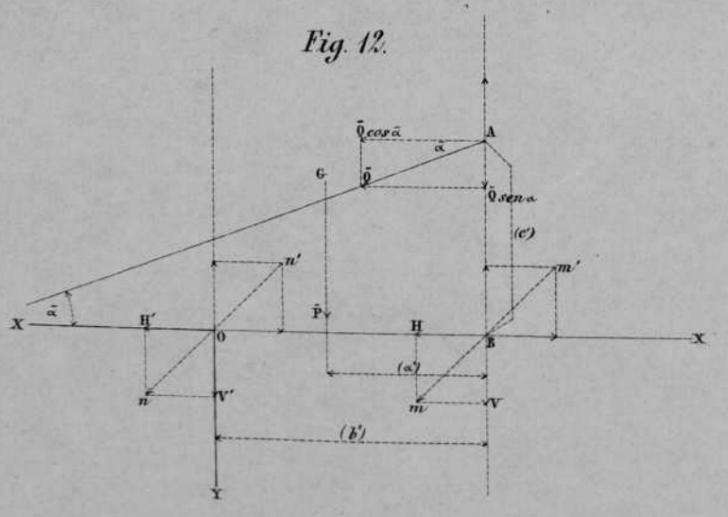
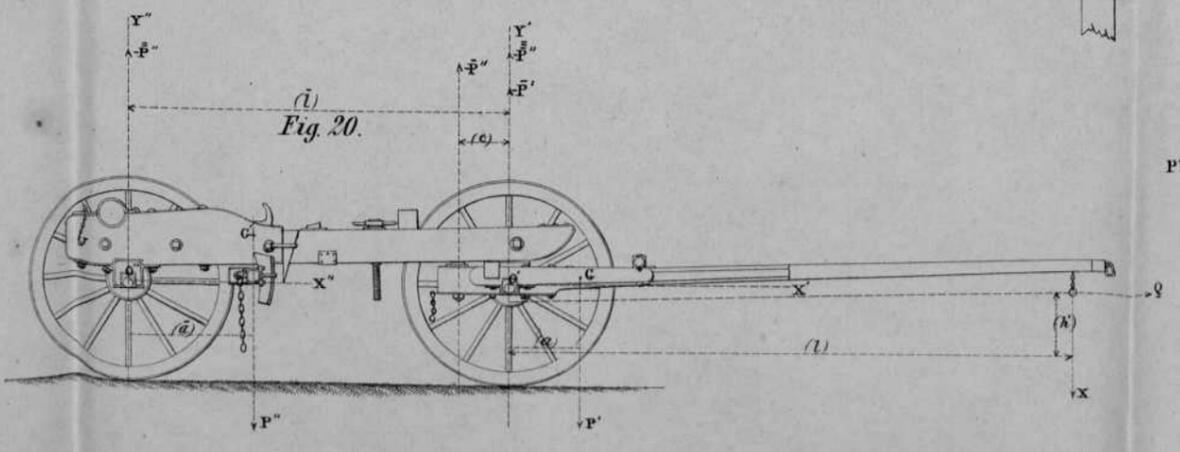


Fig. 20.



30 €

