

Administración civil, habiendo sido condecorado con varias cruces de Isabel la Católica y con la medalla de oro del Centenario de los Sitios.

Bien saben nuestros lectores que en estas páginas se encuentran pocas veces alabanzas y nunca adulaciones ni lisonjas. Aquellos que únicamente se acuerdan de la agricultura en vísperas de elecciones ó en el confort de sus despachos tienen sobrados periódicos que les dediquen elogios no merecidos; en cambio, más en la agricultura que en los demás órdenes de la actividad humana, por su carácter local y la dispersión de sus cultivadores, el mérito verdadero pocas veces es conocido públicamente. Pero es deber de todos divulgarlo una vez conocido, que si el aplauso de las gentes solamente lo buscan los hombres vanos, el hombre prudente estima las pruebas de afecto y la aprobación de los beneficiados por sus trabajos, que hallan así nuevo estímulo al saberse fecundos.

Acercas de las magnitudes electromagnéticas

POR

M. ASCOLI

Las discusiones que han tenido lugar estos últimos años en la Comisión electroléctica internacional y principalmente en los Comités especiales de la *Nomenclatura* y de los *Símbolos*, y, más especialmente, ciertas proposiciones que se han aclarado á continuación de estas discusiones me han confirmado en la opinión de que todavía en la actualidad está tan lejos de ser alcanzada la claridad respecto al modo de interpretar, ó por lo menos de exponer, las bases fundamentales de la teoría de las magnitudes magnéticas, sobre las que es preciso apoyarse para definir las unidades eléctricas.

No me parece, pues, inútil intentar rectificar los juicios respecto á este punto, exponiendo algunas consideraciones propias para poner de relieve ciertos errores que se hallan en muchas publicaciones que tratan de este asunto y que sucesivamente han empezado á publicarse desde el Congreso de 1881 hasta la fecha.

SISTEMAS ABSOLUTOS.—La expresión *sistema absoluto* se emplea frecuentemente en un sentido limitado é impropio para calificar sistemas en los que se ha adoptado como magnitudes fundamentales arbitrarias la longitud, la masa y el tiempo; se reduce también frecuentemente la significación de esta expresión, aplicándola á los sistemas que tienen por unidades fundamentales el centímetro, el gramo y el segundo. La locución *unidad absoluta*, por el contrario, no ha sido introducida en el lenguaje científico más que para oponerla á la locución *unidad arbitraria*. Debe, pues, entenderse por sistema absoluto todo sistema de unidades derivadas en el que (conforme á las relaciones que las leyes físicas expresan y fuera de toda hipótesis ó de toda relación arbitraria) el número de unidades arbitrarias se halla reducido al mínimo posible.

En las magnitudes de la dinámica este número de unidades puede limitarse á tres; pero no es necesario que estas tres magnitudes sean la longitud, la masa y el tiempo; en todas ó en algunas de ellas se pueden sustituir por magnitudes mecánicas cualquiera, por medio de las ecuaciones disponibles. Cada término de magnitudes elegido constituye un sistema absoluto especial y las relaciones están contenidas en las ecuaciones que expresan las leyes de la dinámica, bien sea entre las unidades definidas en los distintos sistemas, ó bien entre las dimensiones de las mag-

nitudes en función de las magnitudes fundamentales que han sido adoptadas.

Primeramente se tenía la ilusión de que tres unidades fundamentales serían suficiente para definir las magnitudes eléctricas y en seguida todo el mundo se sumergió bajo una abundante literatura, que afirmaba y confirmaba una falsa opinión que todavía no ha desaparecido de los tratados. Este fué el origen de las incertidumbres y de los errores de que ahora voy á ocuparme.

MAGNITUDES DE LA DINÁMICA.—Antes de seguir más adelante, conviene detenerse un momento en hacer algunas consideraciones que servirán para aclarar mejor la significación de las ecuaciones del electromagnetismo, desde el punto de vista de la definición de las magnitudes y de las unidades.

Las ecuaciones de dimensión sirven para expresar dos cosas:

- 1.º Las dimensiones de las distintas magnitudes con relación á las magnitudes fundamentales; y
- 2.º La definición de las unidades derivadas en función de las unidades fundamentales.

En el primer caso, los símbolos MLT , por ejemplo, no indican otra cosa más que la naturaleza de las magnitudes fundamentales; por medio de sus exponentes pueden servir, por ejemplo, para comprobar la homogeneidad de las ecuaciones; en el segundo caso, estos mismos símbolos indican las magnitudes que arbitrariamente se toman como unidades de medida de las fundamentales (por ejemplo, de la masa, de la longitud y del tiempo); representan, pues, magnitudes cuyo valor numérico es la unidad.

Escribamos las ecuaciones de dimensión para algunas de las magnitudes de la dinámica, escogiendo la masa, la longitud y el tiempo como fundamentales y á continuación las unidades que les corresponden como unidades arbitrarias:

$$\left. \begin{array}{ll} (1) \text{ Masa} \dots\dots\dots [M] = [M] \\ (2) \text{ Densidad} \dots\dots\dots [\delta] = [ML^{-3}] \\ (3) \text{ Fuerza} \dots\dots\dots [F] = [MLT^{-2}] \\ (4) \text{ Energía} \dots\dots\dots [W] = [ML^2T^{-2}] \\ (5) \text{ Módulo de elasticidad} \dots\dots [E] = [ML^{-1}T^{-2}] \\ (6) \text{ Coeficiente de elasticidad} \dots [K] = [M^{-1}LT^2] \end{array} \right\} (A)$$

Por medio de estas ecuaciones se puede eliminar de todas las otras una de las magnitudes fundamentales é introducir en su lugar la magnitud contenida en el primer miembro de la ecuación elegida.

Sistema δLT .—La ecuación (2) puede dar la masa en función de la densidad:

$$[M] = [\delta L^3]$$

Substituyendo á M por esta expresión en las otras ecuaciones, se establece un sistema en el que las tres magnitudes fundamentales se convierten en (δLT) , en vez de (MLT) . Tal sistema posee por unidad arbitraria de densidad la densidad de un medio normal arbitrariamente escogido y que puede ser real, como por ejemplo el aire, cuya densidad estará numéricamente expresada por uno, ó ideal, un medio imaginario, por ejemplo, que tenga una densidad cien veces mayor que la del aire.

La densidad del aire se expresará numéricamente por 0,01 y la unidad de masa se definirá: la masa de la unidad de volumen del medio normal.

A su vez, las ecuaciones de dimensión se convierten en:

$$\left. \begin{array}{ll} (1a) \cdot [M] = [\delta L^3] \\ (2a) \quad [\delta] = [\delta] \\ (3a) \quad [F] = [\delta L^4 T^{-2}] \\ (4a) \quad [W] = [\delta L^5 T^{-2}] \\ (5a) \quad [E] = [\delta L^2 T^{-2}] \\ (6a) \quad [K] = [\delta^{-1} L^{-3} T^2] \end{array} \right\} (B)$$

Una consideración evidente que es útil señalar de pasada, se sugiere de la comparación de los dos sistemas (A) y (B). Se ve, desde luego, que la sustitución de δ por M ha alterado las dimensiones de todas las magnitudes con relación á las otras magnitudes fundamentales; la fuerza, por ejemplo, que en el sistema (A) tenía las dimensiones uno y dos con relación á la longitud y el tiempo, en el sistema (B) tiene las dimensiones cuatro y dos.

Se saca, en consecuencia, que *si en dos sistemas diferentes son distintas las dimensiones (en relación á algunas de las magnitudes fundamentales), depende esto únicamente de que en estos dos sistemas las otras magnitudes escogidas como fundamentales son de naturaleza distinta.*

Comparando dos cualquiera de las ecuaciones (A) y (B) se obtiene sencillamente:

$$[\delta] = [ML^{-3}]$$

Sistema ELT. — Establezcamos todavía un tercer sistema ELT, eliminando M por medio de la ecuación (5), que nos da:

$$(M) = (ELT^2)$$

En este sistema se toma el módulo de elasticidad (que llamaremos para abreviar *la elasticidad*) como una de las magnitudes fundamentales y, por unidad de elasticidad, la elasticidad de un medio normal, real ó ideal, escogido arbitrariamente.

Las ecuaciones de dimensión serán entonces:

$$\left. \begin{array}{ll} (1b) & [M] = [ELT^2] \\ (2b) & [\delta] = [EL^{-3}T^2] \\ (3b) & [F] = [EL^2] \\ (4b) & [W] = [EL^3] \\ (5b) & [E] = [E] \\ (6b) & [K] = [E^{-1}] \end{array} \right\} (C)$$

Comparando uno cualquiera de los segundos miembros de estas ecuaciones, con su correspondiente de la serie B, es decir, sentando de nuevo la condición de que las magnitudes hayan de conservar sus dimensiones, sea cual fuere el sistema considerado, ó también que la relación entre dos magnitudes homogéneas sea un número abstracto, se llega á la ecuación:

$$[E\delta^{-1}] = [L^2T^{-2}]$$

es decir, á la ecuación de dimensión que corresponde á la ecuación de Newton:

$$u = \sqrt{\frac{E}{\delta}}$$

que da la velocidad del sonido en un medio que posca las constantes E y δ . En el sistema ELT, la unidad de densidad se definió como la densidad de un medio, que estando dotado de una elasticidad igual á uno, transmite el sonido con una velocidad igual á uno y la unidad de masa, como la masa de la unidad de volumen de este medio.

Abstracción hecha de la utilidad práctica que pueden presentar los nuevos sistemas, hemos elegido estos dos ejemplos, con el fin de poner de relieve la estrecha analogía, á lo menos formal, que existe con los dos sistemas denominados electrostático y electromagnético. Observemos, sin embargo, que llegamos á nuestras conclusiones sentando como única condición, que en cualquier sistema las mismas magnitudes tienen iguales dimensiones. Es suficiente hacer extensiva esta condición á las magnitudes de electromagnetismo, para que los principios de éste adquieran en seguida la claridad y sencillez que acabamos de mostrar en los de las magnitudes de la dinámica.

MAGNITUDES ELÉCTRICAS. — Esto es lo que frecuentemente no se tiene cuidado de practicar. En las dimensiones de ciertas magnitudes se hace, por lo contrario, hipótesis, tan arbitrarias como inútiles, y se llega á suprimir arbitrariamente en las ecuaciones de dimensión los símbolos de estas magnitudes, resultando de ello sistemas de unidades absolutamente incompatibles unas con otras. Volvamos á los dos sistemas (B) y (C) antes citados, las magnitudes de la dinámica; si admitimos arbitrariamente que la densidad δ en el sistema (B) es un número abstracto, deberíamos sacar en conclusión que en este mismo sistema (B) la energía posee las dimensiones (L^2T); si además, estableciendo el sistema (C) admitimos que el coeficiente E es un número abstracto, deberíamos también sacar en conclusión que la energía en este sistema está dotada de dimensiones L^2 , lo que implicaría que la relación entre dos magnitudes de la misma especie, por el único hecho de estar expresadas en dos sistemas distintos, puede tener las dimensiones del cuadrado de una velocidad. Evidentemente, esta conclusión no podrá ser acogida sin repugnancia por un alumno acostumbrado á oír afirmar que la relación entre dos magnitudes de la misma especie no podría ser otra cosa más que un número abstracto.

Ahora bien, mientras que muchos autores se limitan á hacer observar, muy correctamente, que la relación entre las magnitudes tomadas como unidades en los dos sistemas electrostático y electromagnético es *numéricamente* igual á cierta potencia de una velocidad, otros, en gran número, después de dar las dimensiones de las magnitudes electromagnéticas en función únicamente de LMT , afirman explícitamente que «la relación entre una magnitud expresada en el sistema electromagnético y la misma magnitud expresada en el sistema electrostático tiene las dimensiones de una velocidad ó de potencia de una velocidad». Por el contrario, la observación antes hecha sugiere sencillamente que si en ambos sistemas son diferentes las dimensiones con relación á LMT , es que además de LMT debe haber, por lo menos, una cuarta magnitud tácitamente elegida como fundamental en el sistema electromagnético. Esta cuarta magnitud puede ser una magnitud cualquiera, tomada entre las que entran en las ecuaciones que expresan las leyes del electromagnetismo.

En el sistema electromagnético se escoge ordinariamente como cuarta magnitud fundamental la permeabilidad magnética, y como unidad de permeabilidad magnética la permeabilidad del espacio vacío, ó también se hace igual á la unidad el coeficiente de la fórmula de Coulomb aplicado á las masas magnéticas que obran en el vacío; esta práctica es legítima, puesto que es arbitraria la elección de las unidades para las magnitudes fundamentales.

Ahora bien, cómo no extrañarse cuando se leen aseveraciones como esta: «Si en la ecuación que expresa la unidad de masa magnética en función de las cuatro magnitudes fundamentales LMT y μ (permeabilidad) se toma por unidad de permeabilidad la del espacio vacío, es decir, se hace a $\mu = 1$, se puede suprimir μ en la ecuación símbolo».

Ahora bien, en la ecuación símbolo μ lo mismo que LM y que T representa unidades; por consiguiente, si se puede suprimir el símbolo μ porque es igual á uno, se puede también, por la misma razón, suprimir los otros tres.

Yendo más allá todavía se puede leer que supuesto el coeficiente μ igual á la unidad, puede muy bien suprimirse «para desembarazar el terreno de un factor que estorba». Ciertamente. ¡Vaya un cómodo método de simplificaciones! ¡Qué poco respetuoso calificativo lanzado tan ligeramente contra la permeabilidad!; lo mismo se puede atacar á la corriente eléctrica ó á la resistencia, puesto que introduciendo en las ecuaciones otra cualquiera de las

magnitudes eléctricas ó magnéticas, se puede eliminar la permeabilidad.

Tales simplificaciones no pueden ser toleradas más que por esos matemáticos puros que no dan importancia alguna á la significación física de los símbolos.

Por lo demás, si las ecuaciones de dimensión sirven para demostrar como una unidad derivada puede variar con las variaciones de las unidades fundamentales, la magnitud de las unidades debe definirse por los valores de las unidades fundamentales y no por sus dimensiones; dejar en evidencia á estas últimas ó, en otras palabras, conservar completas las ecuaciones de dimensión, no engendra ninguna complicación sensible y no cambia en nada las definiciones; por el contrario, esto evita toda hipótesis arbitraria.

La confusión entre los valores numéricos y las dimensiones ha sido causa de otros muchos de estos errores que desorientan al alumno, no solamente porque le predisponen á creer que las relaciones entre las magnitudes de la misma especie no son números abstractos, sino, además, porque en ciertos casos dos magnitudes que tienen iguales dimensiones en un sistema las tienen distintas en otro.

En esta forma, en el sistema electromagnético (incompleto) se halla para la intensidad de corriente:

$$[I] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

para la potencia de una lámina magnética:

$$[P] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

mientras que en el sistema electrostático se tendría:

$$[I] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{2}{3}} T^{-2} \right]$$

$$[P] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{-1} T^{-2} \right]$$

resultado que podía inducir á suponer que el principio de la equivalencia entre la corriente y la lámina es válido en un sistema y no lo es en otro, es decir, que la validez de una ley física depende del sistema elegido para las unidades de medida.

No es menos extravagante pretender que las inductancias, ligadas como están por su misma naturaleza á fenómenos de carácter tan esencialmente electromagnéticos, puedan medirse con el metro porque son *homogéneas con las longitudes*, y que la resistencia eléctrica sea susceptible de ser valorada en metros por segundo porque es *homogénea con las velocidades*.

Esta extravagancia resulta tan chocante, como si se pretendiese medir la altura de una montaña por henrys ó la velocidad de un tren con ohmios.

No han faltado, por lo demás, intentos ingeniosos para explicar el hecho de que la resistencia eléctrica es una velocidad. Oír expresar las inductancias ó las capacidades en centímetros, para quien tiene la costumbre de estas consideraciones, suena tan mal al oído como oír valorar los pesos en litros ó las distancias en kilogramos.

Y, por tanto, gracias á la convención de llamar *uno* á la densidad del agua y, mediante las unidades del sistema métrico, un peso puede efectivamente ser *numéricamente* igual á un volumen, lo que, sin embargo, no quiere decir que la densidad es un número abstracto, ni que un peso es un volumen.

Por iguales consideraciones puede considerarse más errónea

que inoportuna la proposición de que la inducción magnética es una magnitud homogénea con un campo magnético; una ecuación de la forma

$$B = H + 4 \pi J \quad (a)$$

puede expresar exactamente una igualdad numérica en un sistema de medidas dado; no puede, de ningún modo, expresar una ley física general, porque no es cierta desde el momento en que se cambie el sistema de medidas.

Otro tanto puede decirse de las otras relaciones

$$\begin{aligned} \mu &= 1 + 4 \pi K \\ I &= P \end{aligned}$$

donde P es la potencia de una lámina magnética.

Estas ecuaciones no son homogéneas ó completas; las ecuaciones homogéneas ó completas que les corresponden son:

$$\begin{aligned} B &= \mu_0 H + 4 \pi J \\ \mu &= \mu_0 + 4 \pi \\ \lambda &= \frac{P}{\mu} \end{aligned}$$

donde μ_0 es la permeabilidad del espacio vacío y λ la constante electromagnética.

Sea cual fuere el sistema de unidades que se quiera adoptar, si se desea que haga válida la ecuación *numérica* (a), no se podría emplear la misma unidad para cantidades heterogéneas entre sí. Es por lo que no puede tomarse en consideración la proposición que en 1915 se pretendía presentar en el Congreso de electricidad de San Francisco, que tenía por objeto designar con el mismo número las unidades de campo y de inducción magnética.

Con el fin de hacer desaparecer todos los errores que acabamos de indicar, algunos autores han llegado á la conclusión, un poco radical, de que las dimensiones no tienen importancia alguna; que no tienen ninguna relación con la naturaleza física de las magnitudes.

Tal afirmación no puede ser fundada más que en los casos en que no se hubiera escogido más que un número insuficiente de magnitudes fundamentales, y en donde no se hubiesen reemplazado las que faltasen, con relaciones arbitrarias; es, sin embargo, más correcto decir que las dimensiones no tienen significación alguna, en tanto que el número de magnitudes fundamentales arbitrarias no ha alcanzado el número mínimo que se concilia con las relaciones que expresan las leyes físicas y que cada magnitud conserva sus dimensiones en cualquier sistema que sea, aun si está dotado de dimensiones distintas con relación á las magnitudes fundamentales individuales, según la naturaleza de las que han sido adoptadas como tales.

De lo precedente resulta, que el mejor medio de evitar todos los inconvenientes que acaban de señalarse y el medio más correcto de exponer los principios relativos á las magnitudes electromagnéticas, es el de poner en evidencia en las ecuaciones del electromagnetismo los símbolos de todas las magnitudes y reducir al mínimo el número de las magnitudes fundamentales.

Obrando en esta forma no se llega, como algunos han afirmado, á modificar el sistema de unidades: éstas dependen únicamente de la naturaleza de las magnitudes fundamentales y de las unidades elegidas para medirlas.

Las leyes experimentales de que se parte ordinariamente cuando se quiere definir los sistemas de unidades son los que expresan la fuerza eléctrica y la magnética (Coulomb), la fuerza electromagnética (Biot y Savart) y la identidad de las corrientes de convección (Rowland).

Las cuatro ecuaciones son muy conocidas:

$$\left. \begin{aligned} (1) \quad \text{fuerza} &= \frac{\lambda}{\epsilon} \frac{Q Q'}{l^2} \\ (2) \quad \text{fuerza} &= \frac{\lambda}{\mu} = \frac{m m'}{l^2} \\ (3) \quad \text{fuerza} &= \frac{2}{\lambda} \frac{m I}{l} \\ (4) \quad I &= \frac{Q}{l} \end{aligned} \right\} (D)$$

contienen tres coeficientes físicos: la constante dieléctrica ϵ , la permeabilidad magnética μ y la constante electromagnética λ . De estas ecuaciones se puede deducir dos fórmulas para la ecuación de dimensión de las distintas magnitudes. De las ecuaciones (1) y (4) se deduce para I

$$[I] = \left[\epsilon^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{2}{2}} T^{-2} \right] \quad (b)$$

que es la definición electrostática de la corriente de convección.

De la (3) y la (2) se deduce

$$[I] = \left[\lambda \mu^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right] \quad (c)$$

que es la definición electromagnética de la corriente de convección.

En fin, comparando las ecuaciones (b) y (c) se obtiene

$$\left[\frac{\lambda}{\epsilon \mu} \right] = [L^2 T^{-2}] = [u^2]$$

que es la traducción bajo forma de ecuación de dimensión de la expresión muy conocida de la velocidad de propagación de una onda electromagnética en un medio cuyas constantes son $\epsilon \mu$:

$$u = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

ley completamente análoga a la recordada precedentemente, que en el sistema de las cuatro ecuaciones fundamentales podría sustituirse por una de las de (D) á título de nueva ley experimental.

Se ve, pues, que lejos de hallar que la relación entre las dimensiones de dos magnitudes homogéneas es una magnitud dotada de dimensiones, se llega en resumen á la expresión de una ley física demostrable por lo demás y susceptible de comprobación experimental.

En más de tres magnitudes muy conocidas (LMT), las ecuaciones (D) contienen también seis magnitudes de carácter electromagnético: ϵ , Q , μ , m , λ é I ; estas ecuaciones no pueden definir más que cuatro de estas magnitudes en función de las otras y de LMT , y puesto que todas las otras ecuaciones que se tiene, además de las de (D), introducen tantas incógnitas nuevas, se saca en conclusión que no se puede de modo alguno hacer depender de las otras magnitudes las dos magnitudes que han quedado indefinidas.

El número mínimo de las magnitudes fundamentales que definen un sistema absoluto basado sobre las ecuaciones antedichas, es, pues, de cinco y no de tres solamente; si tres de estas cinco son MLT , las otras dos deben tomarse de las demás magnitudes electromagnéticas.

De un modo general, nadie puede limitar la elección de las dos magnitudes y existen razones fundadas para preguntar si la elección que se ha hecho para definir los sistemas puestos en uso (λ y ϵ en la electrostática y λ y μ en la electromagnética), ha sido verdaderamente la más oportuna.

Es preciso observar que los tres coeficientes μ , ϵ y λ entran en las ecuaciones (D), mientras que no conocemos más que dos de las propiedades de los medios que sirven para la transmisión de las acciones electromagnéticas: las propiedades eléctricas y las propiedades magnéticas, que basta para definir las con dos coeficientes característicos.

Por esta razón, si se admite que ϵ y μ representan las magnitudes físicas y no números abstractos, cesa de ser necesario conferir á λ las mismas atribuciones y no existe nada de arbitrario en darle las cualidades de un número abstracto. Este coeficiente podría, pues, desaparecer de las ecuaciones de dimensión.

Ahora bien, antes se ha hecho observar que no es lógico deducir de la hipótesis $\mu = 1$ la consecuencia de que deben ser anuladas las dimensiones de μ ; hacer la misma hipótesis de que sean nulas las dimensiones de λ , no equivale á declarar que es necesario hacer $\lambda = 1$; la hipótesis de que las dimensiones de λ se anulen, permite suprimirla en las ecuaciones de dimensión; suponerla $= 1$, conduciría á eliminarla también de las ecuaciones numéricas.

Con el fin de conservar toda su generalidad en la exposición, sería pues oportuno que el símbolo λ figurase en las ecuaciones numéricas y en las de dimensión.

II.

(Continuará.)

Los aceros especiales y su empleo en la construcción de automóviles.

El profesor de metalografía de la Universidad de Minnesota, Samuel J. Hoit, ha presentado hace poco tiempo á la *American Society of Mechanical Engineers*, de los Estados Unidos, un interesante trabajo acerca de las ventajas del empleo de los aceros especiales en la construcción de automóviles, indicando la clase y composición de dichos aceros más convenientes en cada pieza, mecanismo ó parte integrante del carruaje, y razonando las ventajas que se obtienen en cada caso si se tiene la precaución de emplear el material adecuado á él. De este trabajo, que fué publicado por el *Journal of the American Society of Mechanical Engineers* ya mencionado, da cuenta el *Memorial de Artillería*.

El presente trabajo—dice su autor—se refiere principalmente á los aceros que deben emplearse principalmente en la construcción de los automóviles llamados de servicio, con preferencia á los demás tipos ó modelos de carruajes. Sin embargo, á mi entender, las exigencias de la construcción de los tractores automóviles son bastante similares á los de los carruajes de servicio en punto á calidad de los materiales empleados en su construcción, y á ellos y á los demás tipos de carruajes puede hacerse extensivo, sin inconveniente, lo que vamos á decir. Porque las ventajas que aportan siempre los aceros especiales no constituyen obstáculos ó inconvenientes en ningún caso, sino que, por el contrario, en todos ellos el carruaje, cualquiera que sea su tipo, mejorará de condiciones si en su construcción se emplean materiales escogidos en lugar de emplear materiales corrientes ó ordinarios.

ACEROS AL NIQUEL.—El primer acero especial que ha sido empleado en la construcción de automóviles, y el primero quizá también en importancia en el caso que estamos considerando, es el acero al níquel, aleación dada á conocer por el profesor Riley en 1889, hasta cuya época puede decirse que sólo eran conocidos como especiales ciertos aceros de uso y empleo limitado: aceros de herramientas, etc.