

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.

El níquel se incorpora al acero por dos razones: la primera, para aumentar su resistencia, como lo prueba el hecho de que la adición de un 3,5 por 100 de níquel aumenta en un 50 por 100 el límite elástico de un acero ordinario de la misma composición, y la segunda, porque la tenacidad (dinámicamente medida al choque sobre barra entallada) es doble de la del acero ordinario. No estará, sin embargo, de más añadir que estos importantes perfeccionamientos en las propiedades del metal no se logran más que mediante un tratamiento calorífico del metal, cuidadosa y convenientemente aplicado.

ACERO AL CROMO.—La propiedad más saliente que el cromo comunica al acero que lo contiene consiste en el aumento de su dureza, sin perjuicio de elevar también, como el níquel, el límite elástico.

El cromo mejora también la estructura física de los aceros, dotándolos de una gran finura de grano, ventajas que resultan contrapesadas con la disminución de la ductilidad del metal, que se pone de manifiesto en la disminución del alargamiento y de la sección de rotura.

ACERO AL CROMO-NÍQUEL.—Este es el acero de más renombre de todos los que se emplean en la construcción de automóviles. Y para hacernos cargo de los efectos que la doble adición del níquel y del cromo produce en los aceros, consideremos separadamente á cada uno de ellos, empezando por el níquel.

El níquel, al incorporarse al acero, se disuelve casi por completo en la ferrita, y el efecto que esto produce es el de aumentar el límite elástico de que ya hemos hablado. Aparte de esto se produce también un decrecimiento en las dimensiones del grano, lo que se traduce en aumento de tenacidad. El cromo, por otra parte, forma con el carbono y el hierro un doble carburo de hierro y cromo, en virtud de lo cual el efecto de la adición de cromo al acero-níquel se traduce en aumento de dureza. De este modo se logra con el cromo la ventaja de elevación del límite elástico, sin el inconveniente de la disminución de la tenacidad. En otros términos: el cromo añadido á un acero que contenga níquel comunica á este acero las ventajas que comunica siempre el cromo por sí solo, sin producir los inconvenientes que la sola adición del cromo produce, al menos, en punto á tenacidad.

Resulta, por lo tanto, que mediante la adición de cromo y níquel se consigue aumentar muy sensiblemente el límite elástico, la tenacidad dinámica y la dureza. Este acero es, en este concepto, un ejemplo excelente para poner de manifiesto la mejora que puede introducir la adición de un cierto elemento, á un acero que ya contiene otro, combinándose las ventajas que con ambas adiciones se obtienen y dando esto por resultado una mejora notable en las propiedades del metal. En el mercado existen muchos aceros dotados de propiedades estáticas iguales ó mejores á las que ofrecen las que estamos considerando; pero es dudoso que sean tan igualmente aptos para el trabajo en servicio corriente como los cromo-níquel, á causa de su deficiencia en la resistencia dinámica.

ACEROS AL CROMO-VANADIO Y AL CROMO-NÍQUEL-VANADIO.—El vanadio añadido al acero al cromo ó al acero al cromo-níquel, da por resultado un aumento en la tenacidad del metal debida á la mayor finura y uniformidad de grano que el metal adquiere y á su mejor aptitud para ser sometido á tratamientos caloríficos convenientes. Los aceros al cromo-vanadio y al cromo-níquel-vanadio son, por esta razón, en unión de los aceros al cromo-níquel, los mejores aceros que pueden emplearse, de todos los conocidos hasta el día, en la construcción de automóviles.

ACEROS SÍLICO-MANGANESÍFEROS.—Ciertos tipos de esta clase de aceros tienen la propiedad de poseer un muy elevado límite de elasticidad, lo que les permite resistir muy bien las vibraciones,

resultando por este concepto de muy adecuado empleo para resortes.

ACEROS AL TUNGSTENO.—Esta clase de aceros están principalmente indicados para su empleo como aceros de herramientas, en atención á su propiedad característica, que es la dureza; pero también poseen otra propiedad que los hace muy útiles para ciertas aplicaciones en la construcción de automóviles. La propiedad á que nos referimos es la de su resistencia á la descomposición y oxidación á temperaturas elevadas, la cual es muy útil y hace muy recomendables estos aceros para ciertas piezas, como son, por ejemplo, las válvulas.

La ventaja de los aceros especiales sobre los aceros ordinarios ó al carbono reside principalmente en el aumento de tenacidad de los primeros sobre los segundos, aumento de tenacidad que se pone de manifiesto, más que en los esfuerzos estáticos, en los dinámicos. Es verdad que á los aceros ordinarios se les puede aumentar la tenacidad forzándolos la dosis de carbono y someténdolos á un tratamiento calorífico adecuado; pero esto es á costa de aumentar su fragilidad, lo que en el caso que consideramos es perjudicialísimo, y de ahí que para nuestro objeto los aceros ordinarios tengan muy poco valor. Los aceros especiales permiten aumentar la tenacidad sin caer en el inconveniente de la fragilidad, y ahí es donde está su superioridad sobre los ordinarios.

El aumento de tenacidad á que nos referimos puede ser utilizado de tres maneras diferentes, según *Le Chatelier*:

1.^a Para obtener la misma resistencia y tenacidad con menos peso de material, lo que es de gran importancia en la construcción de automóviles, tanto por lo que se refiere á la velocidad, como á la resistencia y duración del carruaje. La disminución de peso de material constituye también un factor importante en el coste de producción, en términos que el aumento de coste ó de precio de los aceros especiales resulta á veces compensado con creces por la reducción en el coste de producción, debida á esta disminución de peso del material.

Además, en los tractores, por ejemplo, todo lo que sea disminución de peso, especialmente en los mecanismos ó piezas que intervienen en el movimiento, es muy ventajoso para atenuar las sacudidas inevitables en las paradas bruscas y otras *irregularidades* impuestas por la práctica y el servicio. El empleo de piezas y mecanismos lo más ligeros posible, resulta, por lo tanto, no sólo ventajoso para las manipulaciones de taller y de fabricación, sino también para el comprador.

2.^a A igualdad de peso de material empleado en la construcción, las piezas móviles soportan mayor esfuerzo y las fijas mayor carga. Esto último aleja el peligro de que por efecto de sobrecargar un carruaje con más peso del debido, se originen deformaciones que inutilicen, por lo menos, las piezas ó partes sobrecargadas.

3.^a A igualdad de peso y de esfuerzo, el carruaje resulta mucho más resistente, lo cual es una preciosa garantía contra accidentes y averías.

En lo que acabamos de decir, y siempre que hemos hablado de resistencia ó tenacidad, entiéndase que nos referimos á esfuerzos ó pruebas dinámicas y no estáticas, ó sea á la tenacidad dinámica determinada por la resistencia al choque. Porque es de advertir, en efecto, que al estudiar un material se puede adquirir un juicio erróneo acerca de él, si este juicio se funda únicamente en el resultado de la prueba al esfuerzo ó esfuerzos estáticos. No solamente las ventajas de los aceros especiales no se ponen debidamente de manifiesto con esta prueba, sino que en ocasiones los resultados de las pruebas estáticas solamente pueden ser engañosos.

Conviene ahora insistir sobre otro punto relativo á la produc-

ción y empleo de estos aceros especiales. Y este punto es el relativo á su delicado tratamiento calorífico. Punto es éste que todavía en nuestro país (1) no ha merecido la atención debida, como la merecerá seguramente en lo futuro. Este desdén es debido en nuestra opinión, no solamente al hecho de que la industria de aceros especiales está todavía en su infancia, sino también á las dificultades de índole científica que requieren, tanto la determinación del tratamiento calorífico más adecuado en cada caso, como la manera de realizarlo práctica é industrialmente.

Podemos decir, por lo tanto, que la solución del problema, ó sea la generalización del empleo de los aceros especiales en la construcción de automóviles, depende de dos elementos ó factores. Por un lado, los interesados en emplearlos (los constructores de autos) deben estimular (con sus demandas) la extensión y generalización de esta clase de materiales, único modo de que los productos siderúrgicos de que se trata puedan ser producidos en gran escala, y, por lo tanto, sea posible obtenerlos á un precio moderado y compatible al mismo tiempo con una excelente calidad. Esto es un elemento ó factor. Y por otro lado, es necesario que los fabricantes de aceros especiales se preocupen, no solamente de obtener productos de clase extra selecta que al ser analizados químicamente descubren los resultados del análisis, sino que es necesario que estudien bien cuál es la clase de acero que conviene mejor para cada caso ó aplicación, y sobre todo—y esto es lo más importante—, cuál es el tratamiento calorífico á que ha de someterse al metal, según las exigencias á que se pretende que responda.

Por lo demás, si ha de ser el fabricante de aceros ó el de carruajes, ó bien otra persona ó entidad cualquiera la que verifique las investigaciones necesarias para lograr el objeto antes indicado, esto es indiferente. La cuestión es que el objeto se logre. Y lo más probable es que lo logre el que mejor equipado esté para realizar estas investigaciones, sea quien sea. Pero no nos cansaremos de repetir que, sobre todo, lo que concierne al tratamiento calorífico es de primordial importancia. Entretanto, lo mejor es que el metalurgista y el constructor se pongan en inteligencia, y el metalurgista le diga al constructor cuál es la clase de acero que le conviene emplear en cada caso particular y cuál es el tratamiento calorífico á que debe someter el metal para hacerle adquirir las propiedades deseadas.

Desgraciadamente, y por experiencia propia, podemos decir que las cosas, en la actualidad, distan mucho de arreglarse así. Por regla general, el fabricante de aceros se entiende con el constructor por medio de sus agentes comerciales, y éstos, ni poseen información técnica acerca de su mercancía, ni hacen otra cosa que ponderar, sin discernimiento ni escrúpulo, las grandes excelencias y virtudes del producto que ofrecen. Su información técnica es, por lo tanto, de muy escasa ó de ninguna utilidad. Por otra parte, y por efecto de la rutina, las pruebas de recepción para contratar suelen limitarse á las estáticas. Y en este estado de cosas no es nada extraño que muchos fabricantes manifiesten cierto desdén por los aceros especiales, considerándolos como un lujo, tan costoso como inútil.

Dicho lo que antecede, procederemos ahora á indicar concisamente las clases de acero más recomendables para las partes principales del carruaje, é incidentalmente diremos cuatro palabras acerca del *case-hardening* (cementado superficial).

Ejes.—¡Es el destino!, por decirlo así, de los ejes, recibir los más tremendos achuchonamientos imaginables. De ahí que para soportarlos sea indispensable que el metal de que estén construido posea gran resistencia estática (gran límite elástico), y á la vez gran

tenacidad dinámica, sobre todo en previsión de que en el dibujo y construcción de dichos ejes *se aquilate* demasiado, como ocurre muchas veces, según hemos tenido ocasión de observar experimentalmente. En resumen: el metal de los ejes debe poseer gran resistencia elástica y gran tenacidad dinámica (medida al choque sobre barreta parcialmente entallada). Esta última se obtiene ó asegura con el níquel y el vanadio. Y la primera con el níquel y el cromo. Por lo tanto, los aceros para ejes deben ser aceros al níquel, al cromo-níquel, ó al cromo-vanadio, ó al cromo-níquel-vanadio.

CIGÜEÑALES.—Ocurre muchas veces que conviene ó es necesario reducir el peso del cigüeñal, pero sin perder por ello en resistencia y seguridad. En estos casos es muy de aconsejar el empleo de aceros al cromo-níquel ó al cromo-vanadio, pero debemos advertir que el tratamiento calorífico á que debe someterse el metal destinado á este uso es muy diferente del que requiere el metal destinado á ejes. Aquí lo que conviene es gran resistencia (tenacidad) combinada con un alargamiento muy pequeño, lo que requiere en las pruebas á que el metal se somete para probar su bondad, que ofrezca gran resistencia al choque, sin que, al sufrirlas el metal, experimente sensibles desperfectos.

EJES DE LAS EXCÉNTRICAS Ó CAMAS.—El cometido que desempeñan estos ejes claro está que es mucho más leve que el de los cigüeñales y el de los ejes, pero se puede por esto mismo obtener una reducción en su peso, empleando en su construcción aceros al níquel, al cromo-níquel ó al cromo-vanadio.

TRANSMISIONES.—Es muy difícil combinar ó simultanear las dos propiedades que requiere el metal destinado á esta clase de mecanismos, que son la dureza y la tenacidad al mismo tiempo. Sin embargo, se puede aumentar la tenacidad á igualdad de dureza mediante el empleo de aceros especiales. Los aceros al cromo-níquel, al cromo vanadio y al cromo-silicio-manganeso están muy indicados para este objeto, sin olvidar nunca que los resultados que se obtengan dependerán siempre, no sólo de la calidad y composición del metal, sino también del tratamiento calorífico á que se le someta.

MUELLES Ó RESORTES.—Los muelles y resortes participan con los cigüeñales de las exigencias relativas á una gran resistencia dinámica, con la diferencia de que la deformación (elástica) admisible en los cigüeñales es muy pequeña, y en los muelles y resortes tiene que ser, por el contrario, muy grande. Los aceros empleados para estos usos son aceros al cromo-vanadio, además de un tipo especial fabricado expresamente para esta aplicación, de aceros denominados silico-manganeso.

BASTIDORES.—Su metal debe ser tenaz y resistente al mismo tiempo á los efectos de la vibración. Los aceros al níquel, al cromo-níquel y al cromo-vanadio son actualmente de un uso y empleo muy general para este objeto.

COJINETES DE BOLAS.—El material de estas piezas debe ser duro sin ser frágil. Existen dos tipos de acero que responden á las exigencias que esta aplicación requiere y son el acero muy carburado y muy cromado y el acero al cromo-vanadio, templados al aceite.

VÁLVULAS.—Si se desea aplicar en la construcción de estas piezas el material más adecuado, debe recurrirse al acero al tungsteno. Pero también dan buenos resultados ciertos aceros al níquel, en cuya composición la proporción de níquel es bastante elevada.

PRACTICA DE LA OPERACION DEL CEMENTADO SUPERFICIAL («CASE HARDENING»).—Para proceder á esta operación, lo primero que hay que hacer es *recocer* ó calentar la pieza ó piezas en la forma ya conocida que se emplea para la cementación. Este recocido debe

(1) Estados Unidos de América.

ser suficientemente lento y debe efectuarse á temperatura suficientemente elevada para obtener la *concha* (case) del espesor deseado.

Conseguido esto, se procede al primer temple ó inmersión de la pieza en el baño refrigerante y cuyo objeto es *regenerar* la finura del grano en el metal del interior de la pieza para dar tenacidad á este metal. Hecho esto, se recalienta de nuevo la pieza y se procede á un segundo temple ó inmersión, cuyo objeto es *templar* el metal de la *concha* superficial exterior. Procediendo así, y si además se emplean aceros especiales, se obtienen las siguientes ventajas:

1.^a Ciertos aceros de tipos especiales se alteran mucho menos en el primer recocido que los aceros ordinarios; esto es, el reco-

cido produce en ellos un crecimiento de grano menor que en los aceros ordinarios, sin contar con que la mayor tenacidad natural de estos aceros permite por sí solo retener ó conservar una tenacidad mayor en el metal (aun recocido) del núcleo.

2.^a Ciertos aceros especiales permiten una modificación en el tratamiento calorífico en forma que las dos inmersiones en el refrigerante puedan reducirse á una sola mediante un cuidadoso modo de proceder, en virtud del cual el metal, tanto del núcleo como de la *concha*, resulte, después de la operación, en condiciones moleculares—digámoslo así—satisfactorias.

3.^a Los resultados son más seguros empleando aceros especiales, pudiendo además ser la *concha* más dura y uniforme (de espesor) y el núcleo poseer más resistencia y tenacidad.

REVISTA EXTRANJERA

Aislamiento para alta tensión.

Estudio sobre la influencia de la forma de las curvas periódicas de tensión sobre los ensayos de rotura á la tensión de los aisladores. El autor muestra por numerosos oscilógramos que la curva periódica puede cambiar sensiblemente de forma con una misma máquina, cuando la reacción de inducido cambia, de modo que la influencia de la carga de la máquina que sirve para los ensayos puede dar resultados bastante diferentes.

Construyendo oscilógramos de las corrientes en un alternador conectado á un transformador para alta tensión, el autor ha encontrado que los armónicos superiores están grandemente amplificados, y recomienda para la producción de altos voltajes el empleo de dos transformadores en serie en lugar de un solo aparato.

Lo anterior es un extracto publicado en los *Annales des Ponts et Chaussées* del estudio de M. Benischke, inserto en el *Elektrotechnische Zeitschrift*.

Subestación para el abastecimiento de diversos teatros en Nueva York.

Descripción publicada en *The Electrical World* de una subestación instalada por la Compañía Edison, de Nueva York, y destinada al abastecimiento de un barrio en que existen varios teatros importantes, como la Ópera y el Hipódromo.

La subestación cuenta con ocho conmutadores de 3.500 kilovatios y tres baterías de una capacidad total de 9.600 kilovatios por hora. La distribución se hace á 250 voltios con unos aparatos que permiten una variación de tensión de 240 á 310 voltios, con una sobrecarga de 50 por 100.

La primera batería instalada tiene una capacidad de 9.150 amperios-hora; las otras dos baterías que han de instalarse tendrán un doble número de elementos (312 en lugar de 152) y una capacidad de 14.700 amperios-hora.

El nuevo canal de Trollhättan en Göteborg (Suecia).

Con este título publica M. P. C., en *Le Génie Civil*, un interesante artículo que resumimos á continuación.

Empieza el autor por hacer notar que la Suecia central está atravesada por una serie de canales que hacen que se comuniquen entre sí los grandes lagos de esta comarca, y que constituye una vía navegable continua de Estocolmo á Göteborg, poniendo en comunicación el Báltico con el Categat y el mar del Norte. Esta vía acuática tiene una longitud total de 400 kilómetros próximamente, pero, en realidad, no cuenta más que con 100

kilómetros de canales propiamente dichos, constituidos por varios trozos que reúnen los lagos.

El más importante de estos trozos es el conocido con el nombre de canal de Trollhättan, que une esta ciudad con el puerto marítimo de Göteborg. La ciudad de Trollhättan está situada á orillas del río Göta-Alf, por el cual corren las aguas del lago Venern, y á la proximidad de las célebres cataratas de Trollhättan. Estas cataratas se utilizan para abastecer una potente fábrica hidroeléctrica construida de 1907 á 1909 por el Gobierno sueco. Esta fábrica, de una potencia total de 110.000 caballos, distribuye corriente á 50 000 voltios en un radio de 150 kilómetros. Su instalación ha favorecido sobre manera al desarrollo industrial de la ciudad de Trollhättan y de la región circundante, que constituye, por otra parte, un centro industrial sueco de la mayor importancia. Este desarrollo se facilitará todavía más con la transformación del canal de Trollhättan, que acaba de realizarse con objeto de aumentar el tráfico por esta vía navegable.

La reconstrucción de este canal, en estudio desde hacía bastante tiempo, había ya sido objeto de un informe de la Administración sueca de Obras públicas desde 1902, según un proyecto del Teniente coronel P.-L. Laurell, del Cuerpo de Ingenieros sueco.

Este proyecto, estudiado y modificado por la Administración, fué objeto en 1908 de una Memoria del Coronel Hansen, acompañada de un informe del Capitán G. Malm, que dirigía entonces las obras de la fábrica hidroeléctrica de Trollhättan. A consecuencia de estos estudios, se votó una ley en el Riksdag (Parlamento sueco), autorizando las obras y concediendo un crédito de 22.800.000 coronas (30.324.000 pesetas, próximamente). Además, la ciudad de Göteborg debía construir á sus expensas su propio puerto, y unas instalaciones especiales que debían ser hechas en el lago Vänern, también eran independientes de este crédito. En estas condiciones se comenzaron las obras en 1909. Su dirección se ha confiado á un servicio especial: el de los saltos de agua, establecido el 1.º de Enero de 1909.

Las obras han consistido, en conjunto, en modernizar un antiguo canal, ensanchándole y profundizándole, y en reemplazar las antiguas esclusas por otras nuevas, menos numerosas y establecidas en previsión de una ampliación ulterior posible del canal.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CANAL.—Se ha construido el nuevo canal para conseguir el paso de barcos de 4 metros de calado, pero se ha previsto que se profundizaría más tarde para que pudiera ser recorrido por barcos de 5 metros de calado. Por este motivo, todas las obras de fábrica importantes se han construido teniendo en cuenta este último calado.