

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL

para el ensayo de materiales de construcción

POR

D. J. EUGENIO RIBERA

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Creciente importancia de los ensayos de los materiales de construcción. — Progresos en la fabricación de hierros y aceros. — Modificaciones que en su consecuencia van sufriendo los métodos de ensayo. — La metalografía. — Diversidad creciente de los cementos del comercio. — Incertidumbres que concurren para la elección de tuberías. — Necesidad imperiosa de uniformar los métodos y resultados de los ensayos de materiales. — Fundación de la Asociación internacional. Congresos celebrados. — Representación de España en el último de Stokolmo.

Sabido es que el arte de la construcción va adquiriendo cada día caracteres más científicos, y que la elección de materiales se somete ya á estudios minuciosos y á condiciones precisas, en que las experiencias físicas y los análisis químicos se unen á las observaciones micrográficas, obteniéndose un conjunto de cualidades determinadas que evidencian la clase de cada material.

No es menester que encarezcamos la importancia de esta rama de la ingeniería, pues á primera vista se comprende la capital importancia que tiene para la duración y la resistencia de una obra, la elección acertada de los materiales que la han de constituir, y sin ir mas lejos citaremos tres casos muy frecuentes en que el ensayo de los materiales de construcción es el elemento más importante de una obra.

En un ferrocarril representa una parte muy principal el hierro y acero para puentes y carriles, y es sabido que la industria moderna fabrica hierros y aceros de muy distintas calidades, difíciles de distinguir, y cuya diversidad de resistencias y condiciones obedece, no tan sólo á la calidad de los minerales y carbones empleados, sino á los procedimientos de fabricación.

No hace muchos años sólo había una palabra que comprendiera á todos estos materiales: hierro.

Se admitía el mismo metal para cualquier obra y no existía diferencia entre el material que servía para el carril, del que habla de resistir una cubierta. El descubrimiento del acero Bessemer, y más tarde los nuevos procedimientos Martín, Siemens y Thomas, al permitir el económico empleo del acero en sustitución de los hierros, han determinado una transformación en las aplicaciones de estos materiales, por cuanto sus condiciones de dureza y elasticidad varían entre límites muy extensos, no siendo ya indiferente la determinación precisa de sus condiciones.

Por haber prescindido de estas investigaciones, han tenido muchas Empresas de ferrocarriles que sustituir en pocos años todos sus carriles, rápidamente desgastados por un trabajo para el que no estaban fabricados. También se han caído ó inutilizado algunos puentes por la misma causa.

Pero es tan grande ya la variedad de los hierros y aceros que se fabrican y tan diferentes sus cualidades, que aun hoy existen muchas dudas sobre la influencia que las condiciones físicas y químicas del metal determinan en su ulterior resistencia y duración.

Clasificábase no ha mucho los hierros y aceros por las proporciones de carbono que contenían. Más tarde observóse que esta clasificación era deficiente y se determinaban las condiciones del metal por su resistencia á la tracción.

Luego se añadieron condiciones determinadas de alargamiento y elasticidad, pero aun así no estaban conformes todos los Ingenieros sobre las cifras que debían exigirse para cada caso.

En mi *Estudio sobre el acero en los puentes*, publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS núms. 7, 9 y 10 del año 1896, pues de manifiesto las dudas que me sugería el problema de la elección de materiales, y hube de abrir una personal información que me permitió fijar coeficientes medios que propuse á la Superioridad.

En fin, recientemente háse descubierto un nuevo método de investigación de los hierros, la metalografía, y quizá en pocos años quedarán determinadas de un modo preciso las condiciones que para cada caso han de reunir los hierros y aceros (1).

Análogos progresos ha experimentado la fabricación de los cementos, cuyo campo de acción va acrecentándose de día en día; pero al mismo tiempo que se aumenta el número de productos hidráulicos y el de las industrias que á su producción se dedican, crecen las dudas sobre las cualidades físicas y químicas que han

(1) Nuestro distinguido compañero D. Fernando García Arenal ha escrito sobre este tema dos interesantes artículos con clichés y diagramas, en los números de 13 y 20 de Enero de 1898 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, trabajo en el que se resume con gran claridad la notabilísima conferencia que sobre la metalografía nos dió el Ingeniero Mr. Osmond en el último Congreso de la Asociación Internacional en Stokolmo.

de exigirse á estos cementos; tal es, la diferencia de precios, procedencias y fabricación, y la diversidad de resistencias y condiciones que ofrecen los múltiples productos hidráulicos que hoy se comprenden bajo el nombre genérico de cementos.

Los cementos de Zumaya, de Portland Boulonnais; de Portland grappiers, de escorias ó laitiers, las puzolanas naturales, las cales hidráulicas de todas clases, se disputan la preferencia de los Ingenieros, invocando experiencias al parecer concluyentes de laboratorios oficiales y la sanción del tiempo en obras de indiscutible resistencia; y ante tal profusión de cementos y tal plétora de cualidades, siéntese indeciso el constructor, y limitase á exigir condiciones de resistencia generales que nada demuestran.

No basta que un cemento esté bien tamizado, ni que aguante elevados coeficientes de rotura á la tracción, ni que frague en determinados periodos de tiempo, para que su empleo sea provechoso; y, sin embargo, estas son las únicas condiciones que hoy día suelen exigirse en la mayor parte de las obras.

Es menester un conocimiento exacto de sus propiedades químicas, de sus facultades hidráulicas, de su solubilidad. Influyen en éstas la calidad y dimensiones de las arenas que con los cementos hayan de emplearse, y la clase de obra á que deberán aplicarse.

Y ante la diversidad de estos problemas, preséntanse criterios diferentes según la Escuela en que se hayan educado los Ingenieros, según las teorías que priven en la localidad.

Semejantes incertidumbres concurren en la elección de las tuberías, cuya producción aumenta sin cesar á medida que se generalizan las conducciones de agua, gas y electricidad, pues además de los tubos de barro y fundición, que son los más comunes, produce la industria, las tuberías de aceros esmaltados, las de cemento, las de hormigón armado por diversos sistemas, sin que pueda el constructor averiguar con certeza las garantías que estos sistemas presentan, ni haya acuerdo sobre las condiciones de resistencia y fabricación que han de exigirse.

Mucho se ha estudiado en estos últimos años sobre estos interesantes problemas, y no cesan los laboratorios oficiales y particulares de publicar los resultados de sus científicas experiencias; también muchos sabios modestos han procedido á investigaciones aisladas; pero son poco conocidas. Cada constructor, por su parte, ha guardado para sí el fruto de sus personales observaciones, y resulta de aquí una absoluta confusión y una diversidad de criterios completa para apreciar las cualidades y condiciones que en cada caso conviene exigir á los hierros, cementos y demás materiales de construcción.

Se imponía, pues, la necesidad de uniformar en todos los países, no sólo los métodos de ensayo de los materiales, sino los resultados que con ellos se obtengan, y alentados por esta general conveniencia, un grupo de Ingenieros, sabios y fabricantes suizos y alemanes constituyeron la *Asociación internacional para el ensayo de los materiales de construcción*. Habiéndose celebrado ya Congresos en Munich, Dresde, Berlín, Viena y Zurich, este último en 1895.

El éxito coronó tan inteligente iniciativa, y en pocos años se agruparon en la Asociación todos los Ingenieros y fabricantes que se ocupaban de esta clase de problemas, obteniéndose un resultado extraordinario merced á la difusión que en todos los países ha producido el órgano mensual de la Asociación.

Convocado el último Congreso en Stokolmo para los días 23, 24 y 25 de Agosto de 1897, tuvo á bien el Gobierno de S. M., por Real orden de 7 de Agosto del mismo año, nombrar al que suscribe para representar al Ministerio de Fomento en dicho Congreso, habiendo tenido el gusto de reunirse en la hermosa capital de Suecia con los distinguidos Ingenieros españoles, también nombrados para asistir á tan interesante reunión científica:

Sres. D. Mariano Cardedera y Ponzán, Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, y profesor de la Escuela especial.

Sr. D. Antonio Sonier, idem, id.

Sr. D. F. de los Villares Amor, Ingeniero de Minas, y profesor de la Escuela especial.

Sr. D. Román Oriol, idem, id.

Sr. D. Antonio Mayandía, Comandante de Ingenieros militares.

Sr. D. Lorenzo de la Tejera, Capitan idem de id.

Para dar una idea de los vuelos adquiridos por la Asociación internacional, bástame citar el número de representantes que cada país tuvo en el Congreso últimamente celebrado, cuyos nombres figuran en las actas oficiales de dicho Congreso.

Alemania, 86; Suecia, 77; Francia, 43; Rusia, 33; Austria, 33; Noruega, 15; Hungría, 14; Dinamarca, 10; Suiza, 10; España, 7; Finlandia, 7; Italia, 6; Inglaterra, 5; Estados Unidos, 4; Holanda, 2; Portugal, 1; Luxemburgo, 1; total, 354.

Si solemnes fueron las recepciones de tan excepcional agropación, no fueron menos interesantísimas las conferencias y discusiones que tuvieron lugar en los tres días de Congreso, y no cabe dudar que la cordialidad que se establece en estas fiestas de la ciencia y el desinteresado entusiasmo con que sus participantes coadyuvan á los progresos de la Ingeniería, han de ser fecundos en resultados para el arte de la construcción y las industrias que se dedican á la fabricación de sus materiales.

En cumplimiento de mi obligación he presentado oportunamente á la Dirección general una extensa Memoria sobre los trabajos practicados por el último Congreso, y me limitaré á extractar á continuación algunos de los temas más interesantes tratados en éste.

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LOS HIERROS

Insuficiencia de los ensayos por tracción.—Anarquía que ha resultado de la variedad de los métodos nuevos de ensayo.—Conveniencia de establecer reglas precisas y uniformes.—Iniciativa que ha tomado para ello la Asociación internacional.—Programa de los medios de establecer reglas uniformes que rijan y determinen la calidad, pruebas y recepción de hierros y aceros de todas clases.—Conferencia del Ingeniero austriaco M. T. Ast.—Las prescripciones actuales no satisfacen ni al productor ni al consumidor.—Dificultades que ofrece sin embargo la uniformidad de las prescripciones.—Clasificación de los hierros y aceros según el objeto á que se destinan.—Importancia de la homogeneidad del metal.—Ejemplo práctico de notables diferencias de duración entre carriles que presentaban idénticas resistencias de tracción y dureza.—Esto demuestra que los métodos corrientes de recepción son casi inútiles.

Como decía anteriormente, la multiplicidad cada día mayor de los métodos de ensayo que se prescriben por los diferentes Gobiernos y administraciones para las pruebas y recepciones de los hierros, no permiten ya deducir conclusiones sobre las cifras y coeficientes que en cada caso deben exigirse.

En mi estudio sobre el acero de los puentes, ya citado, puse claramente de manifiesto la variedad de estos coeficientes; pero también varían los métodos de obtenerlos.

Generalmente sirven de base los ensayos por tracción en barretas recortadas en cualquier pieza de la obra que se trata de recibir, y esta es casi la única prueba que en España se exige, que garantiza que un elemento del metal no rompe sino bajo un esfuerzo determinado.

Pero la introducción en la industria y en la construcción de los aceros fundidos y posteriormente laminados (que llaman muchos Ingenieros franceses *fer fondu*, reservando el calificativo de *fonté* para lo que nosotros llamamos indistintamente fundición, hierro colado ó fundido), obliga á exigir garantías de más importancia que la experiencia de rotura, casi exclusivamente empleada.

Háse demostrado que en la ulterior resistencia de los aceros influyen más profundamente otras cualidades, cuales son su *homogeneidad* de fabricación, su límite elástico, y de aquí que muchos Ingenieros, convencidos de la insuficiencia de los ensayos de tracción, han imaginado experiencias muy laboriosas y complicadas para determinar las condiciones íntimas de un metal, y obligan al fabricante y al receptor á un trabajo molesto, caro

y largo, con lo que se ha caído en el defecto contrario, tanto más cuanto que en cada país, y según el destino que han de tener los hierros, se someten éstos á pruebas distintas que no permiten relacionar sus resultados.

Ante esta verdadera anarquía científica, producida por la ignorancia de unos y la meticulosidad recelosa de otros, la Asociación internacional para el ensayo de los materiales de construcción ha creído deber estudiar con afán tan importante cuestión, recogiendo las opiniones de todas las eminencias que se han ocupado de ella, con objeto de proponer, ya que imponer no pueda, las reglas precisas, sencillas y científicas que convendrá en cada caso establecer para los ensayos y recepciones de hierros y aceros.

Se propone de esta manera eliminar aquellos métodos que por su complicación y coste no resulten verdaderamente prácticos, ni determinen cualidades ó defectos esenciales en los hierros y estudiar al propio tiempo los métodos nuevos que conviene introducir para garantía del fabricante y comprador.

Una vez obtenida la uniformidad en los métodos de ensayo, podrán establecerse con toda precisión los coeficientes de resistencia y de elasticidad que para clase de cada obra deberá emplearse y podrán compararse los resultados homogéneos así obtenidos.

Pero este hermoso programa, de indiscutible oportunidad ó importancia, presenta muchas mayores dificultades que las que á primera vista aparecen.

Ya en 1895 se sometió este problema á la Asociación internacional y aún sigue sin resolver.

Pero en el Congreso de Stokolmo se ha dado cuenta del estado actual de la cuestión, y mejor que resumirlo, creo de interés traducir literalmente los informes y Memorias que sobre el asunto se han leído en esa Asamblea científica, pues cuanto se ha dicho merece ser reproducido.

A continuación, pues, expongo dichas interesantes conferencias, en las que sus autores resumen con perfecta claridad el programa de estudios que es preciso desarrollar con el concurso de todos los Ingenieros que de tan científico problema se han ocupado.

Programa de los medios de establecer reglas uniformes que rijan y determinen la calidad, pruebas y recepción de hierros y aceros de todas clases.—(Proposición del Sr. Schrodter.)—Redactado por el Sr. T. Ast, Consejero imperial y regio, director de la «Kaiser Ferdinands-Nordbahn», de Viena.

En la quinta conferencia internacional celebrada en Zurich en el año 1895 para la unificación de los métodos de ensayo, el Sr. Ingeniero Schrodter, de Dusseldorf, presentó y motivó la siguiente proposición:

«La Asociación investigará los medios de establecer reglas uniformes que rijan y determinen la calidad, pruebas y recepción de hierros y aceros de todas clases.»

La Junta directiva de nuestra Asociación, reunida en Viena á 27 de Abril de 1896 acordó someter el estudio de esta proposición á una Comisión internacional, nombrando al que suscribe presidente de dicha Comisión, y vicepresidente al Sr. Ingeniero Barba, de París.

Designado de esta suerte para dirigir la discusión de tan difícil cuestión, y no reconociéndome la especial competencia que requiere, me determiné á aceptar tal cometido, sólo porque en su desempeño me había de secundar un hombre que es, á justísimo título, una autoridad en la materia, y el único tal vez cuya excepcional competencia pueda garantizar el éxito de nuestros trabajos.

Asimismo me decidí á aceptar la tarea que se me encomendaba, el saber que podía contar con la colaboración del autor de la proposición, el Sr. Schrodter, distinguido Ingeniero, que desde años atrás viene persiguiendo el mismo objeto con incansable celo.

Y, por último, señores, me resuelvo á presentarme ante vos-

otros porque tengo el convencimiento de que todos los miembros de nuestra Asociación toman en esta cuestión el mayor interés, y que no me habrán de negar, espero, su concurso y su apoyo.

Es incuestionable que la proposición del Sr. Ingeniero Schrodter reviste gran importancia y ha sido presentada con indudable oportunidad.

Desde hace unos veinte años estamos presenciando un movimiento general de civilización que nadie podía prever; y este movimiento exige, tanto para construcción como para maquinaria, la producción de enormes cantidades de hierro y acero.

Vemos asimismo que la mayor intensidad del tráfico que se desarrolla en todas las vías de comunicación, requiere también mayor resistencia por parte de los materiales de construcción.

Como corolarios de tales fenómenos, contemplamos los grandes progresos realizados en la fabricación, y en los distintos procedimientos que han debido correr pareja con la producción en masa y con los adelantos, verificados en la calidad de los materiales.

Observamos en el mundo técnico la existencia de un esfuerzo extraordinario para acrecentar nuestro conocimiento de los metales, sus propiedades físicas y químicas, y la manera como se comportan en el uso.

Por otra parte, nos sorprende advertir que á pesar del admirable desarrollo de la producción y de las aplicaciones de dichos metales, á pesar de los progresos de la ciencia metalúrgica, las prescripciones hoy vigentes acerca de la prueba y recepción del hierro y del acero, no estén á la altura de nuestros conocimientos modernos, y que las reglas admitidas para la entrega, casi en ninguna parte satisfagan al productor, ni al consumidor.

En tales condiciones, la proposición está llamada á promover una evolución.

Feliz ha sido la idea de someter esta proposición, y todo el conjunto de cuestiones que abarca, á la Asociación internacional, para ensayo de materiales; á esa libre unión de hombres de ciencia y de trabajo, de consumidores y de productores, verdadero centro de conciliación, foco de ciencia y experiencia donde cada cual la juzgará según su propia competencia.

A la actividad de nuestra Asociación desde que existe, debemos ya una base propicia para el estudio de nuestro problema, cuya solución puede considerarse como el coronamiento de la obra emprendida.

La armonía que ya existe con determinación de normas relativas á las dimensiones de las probetas, á los métodos de medición y al ensayo de las máquinas, constituye el punto de partida indispensable para el debido cumplimiento de nuestro mandato.

Si nos fijamos con algún detenimiento en la proposición Schrodter, pronto recogeremos la impresión de que es muy difícil la tarea; por varias partes se ha buscado ya la solución, sin que jamás se haya podido complacer á todos.

No debiera reseñar aquí tan numerosas dificultades, que proceden tanto del asunto mismo como de las relaciones que median en la producción y el consumo; pero tampoco puedo guardar silencio acerca de ellas, pues parece necesario insistir sobre el hecho de que la proposición Schrodter dará lugar á una larga serie de trabajos tan útiles como difíciles. Este hecho por sí mismo demuestra que estoy en la imposibilidad de abarcar con una sola mirada todo el conjunto de la cuestión.

El autor de la proposición ya se dió cuenta de esta imposibilidad, y con este motivo, indica en los considerandos la conveniencia de fraccionar la cuestión en capítulos, en vez de emprender de un solo golpe toda la metalurgia del hierro y del acero, y propone que se principie por los materiales destinados á la construcción de ferrocarriles.

Por otra parte, y con un examen más detenido de dicha proposición, luego se advierte que la restricción prevista, no habrá de estrechar mucho el campo de nuestros estudios, toda vez que la moderna explotación de los ferrocarriles y de la construcción necesita casi todas las categorías de hierro y de acero, y por el

contrario, tan sólo puede prescindir de un corto número de especialidades.

Pero la Comisión, cediendo á la necesidad de reducir á todo trance su tarea, se toma la libertad de proponer que por ahora no se estudie más que los aceros (llamados también hierros fundidos), y que se aplacen los trabajos que conciernen á los hierros.

Casi resulta vicioso motivar la selección; pues si nos dirigimos en primer término al acero, es debido á que el acero, por sus excelentes cualidades, ha conquistado en la industria el primer puesto.

Mas antes de emprender nuestro trabajo con la indicada limitación, parece natural que lo relacionemos con los resultados obtenidos ya, recopilando las prescripciones hoy vigentes sobre calidad, prueba y recepción de aceros, comparando dichas prescripciones entre sí, clasificándolas por orden de utilidad, para introducir las después en nuestras nuevas proposiciones.

El Sr. Barba se tomó el trabajo de redactar y publicar con el título de *Reseña de condiciones de ensayo*, este estudio comparativo de las prescripciones normales que rigen en Francia.

El Sr. Schrotter, por su lado, se encargó de preparar una reseña análoga de las prescripciones vigentes en otros países; y uno de los primeros trabajos á que se dedique nuestra Comisión, será completar estas recopilaciones, subsanando las omisiones que pudieran presentarse.

Con todo, no podemos abrigar grandes esperanzas de que podamos sacar de estas colecciones de prescripciones existentes datos suficientes para conducirnos á nuestro objeto con un simple examen comparativo, con una selección ó una enmienda de lo que ya existe.

Los progresos realizados desde hace algunos años en las esferas de la teoría y de la experiencia, han dado origen á puntos de vista nuevos que nadie ya se atreve á ignorar, y que, por el contrario, darán lugar á que se mejoren las condiciones de recepción, y hasta nos obligarán á modificarlas ó á completarlas.

Si examinamos con atención las condiciones de ensayo que contiene semejante colección de pliegos de condiciones, distinguiremos entre:

I. Los ensayos que hay que practicar en materiales labrados ó en ciertas partes de dichos materiales, cuyos ensayos se regulan por la forma de los objetos ó por el uso á que son destinados (tales son los ensayos especiales á que se someten los flejes, los ejes, etc.)

II. Los ensayos que se practican por medio de probetas sacadas de los materiales pendientes de entrega, cuyos ensayos son aplicables en general á toda clase de aceros y tienden á demostrar la manera cómo el conjunto de una partida soportará determinadas condiciones de trabajo ó desgaste, según su fabricación ó los cálculos verificados.

Por lo que á los primeros se refiere, esto es, á los ensayos de piezas terminadas (materiales labrados), y que casi todas van destinadas á los caminos de hierro, podemos proponer que su unificación sea preparada ó estudiada por una Comisión especial compuesta de Ingenieros de ferrocarriles.

En cuanto á los demás, ó sean ensayos por medio de probetas, nos parece que los métodos tan distintos que hoy se practican y que son tan costosos como difíciles, no producen resultados suficientemente seguros.

Las dificultades que en la actualidad experimentan los consumidores frente á los productores, proceden de las diferencias que se presentan en la homogeneidad de la materia, esto es, de la diferencia de calidad que existe entre distintos puntos de una misma pieza.

Dicha circunstancia no ha sido apreciada como conviene en los pliegos de condiciones vigentes hasta la fecha, y nosotros debemos encabezar con ella nuestros actuales trabajos, y no podemos menos de desear que lo existente sea modificado ó completado.

Permitidme que cite aquí un notable ejemplo tomado de la práctica, y que tiene por objeto demostrar hasta qué punto,

á juicio del consumidor, se impone la necesidad de una reforma.

Esta primavera he tenido que renovar los carriles en una sección de dos kilómetros de longitud, porque los antiguos estaban tan gastados y deformados que no parecía prudente dejarlos por más tiempo en la vía.

Algunos perfiles que con todo esmero fueron sacados por medio del aparato Kraft, cuando dichos rails fueron colocados y cuando se reemplazaron, acusan en toda la partida un desgaste cuyo máximo varia entre 5,8mm y 9,3mm.

Dichos carriles eran aún casi nuevos; habían sido colocados durante el otoño de 1886, y su trabajo durante estos diez ó doce años de explotación se cifra con el paso de 119.300 trenes, ó sean 80,46 millones de toneladas en bruto.

Tanto la duración como el rendimiento de esta partida de carriles resultan extraordinariamente reducidas y su desgaste muy considerable, si se tiene en cuenta las favorables condiciones de la vía, y si se compara con los resultados de otros carriles más viejos en análogas condiciones de explotación.

En tal conjetura estaba indicado abrir una información para indagar á qué circunstancias y propiedades del acero se debía achacar tan breve duración, y para determinar la diferencia que existía entre esa partida A y otros carriles más antiguos, pero más resistentes.

Para establecer esta comparación escogí otra partida B, de igual peso por metro corriente, y habiéndose perfectamente comportado durante doble período de tiempo. Las medidas, que fueron tomadas por los mismos procedimientos, acusaron un desgaste máximo de 1,9mm.

Dichos rails B habían sido colocados en 1877, y desde esta fecha hasta la de la renovación de los rails A, habían tenido que soportar el paso de 222.530 trenes, ó sean 102 millones de toneladas.

Estos rails B están poco deformados, y esperamos que sigan prestando servicio durante muchos años todavía y en las mismas condiciones, á pesar del aumento de tráfico.

En oposición, pues, con la primera partida A, teníamos que vérnoslas con otra partida B de muy buenos carriles que respondían del modo más satisfactorio á las condiciones que requería la explotación, y en cierto modo teníamos con estas dos partidas sus minimum y sus maximum de resistencia.

Ambas habían sido oportunamente probadas y recibidas conforme á lo establecido por las prescripciones vigentes en la administración, y los ensayos previstos habían sido practicados cada vez sin dar lugar á quejas.

Según se acaba de ver, las dos partidas se hallaban colocadas en vías iguales que presentaban condiciones también iguales, iguales asimismo eran los cuidados aportados en la conservación de ambas secciones.

Podía, por tanto, esperar que practicando un atento examen de la calidad del acero, encontraría la explicación de la diferencia que mediaba entre el rendimiento de ambas partidas de carriles, y mandé que se procediera á los ensayos acostumbrados, esto es, ensayo por tracción, determinación de la dureza en la periferia y análisis químico.

Contrariamente á lo que yo esperaba, las cifras que resultaron del ensayo por tracción de la determinación de la dureza y del análisis químico, no proporcionaron datos suficientes para apreciar las diferencias reales que existían entre las dos partidas cuyo rendimiento era tan distinto, y casi podía uno sentirse inducido á sacar la falsa consecuencia que los malos carriles de la partida A valían más que los de la partida B.

Sólo el ensayo por el mordente (*décapage* por medio del ácido) nos suministró imágenes características con que poder explicar las diferencias observadas.

En tanto que los buenos carriles de la partida B ofrecen un perfil muy atacado por el ácido, es cierto, pero una sección muy uniforme, las imágenes mayores de los perfiles de los malos carriles presentan hasta la evidencia una gran diversidad de es-

estructura, una falta de homogeneidad en la materia, que no cabe dudar ha determinado su deficiente rendimiento.

La razón por que los ensayos por tracción y los de la dureza no arrojaron más que datos insuficientes acerca del valor práctico de los rails, consiste ante todo en que los ensayos practicados en una probeta no son jamás bastante numerosos, y no pueden dar suficiente luz sobre la textura, resultando de este hecho que la recepción de los aceros depende puramente del azar.

Todas las tentativas hechas con el objeto de que el examen recaiga sobre el mayor número posible de puntos de una pieza, merecen, pues, toda nuestra atención, pues ellas son las que permiten determinar con mayor acierto el verdadero valor de una calidad de acero.

El ensayo por el mordente tal como lo hemos practicado en los casos mencionados, permite, á pesar de su sencillez, echar una mirada sobre la estructura íntima de la pieza, pero no resulta ser mucho más que una simple información preliminar.

Los análisis micrográficos ofrecen un medio excelente para darse cuenta de la homogeneidad de un acero; sin embargo, no se puede pensar en elevarlos á la altura de un método, bajo la forma que hoy se practican, debido sobre todo á la imposibilidad en que nos vemos de traducirlos en cifras y de clasificar los resultados.

Sin embargo, se han hecho recientes tentativas para que resultase lo más claro posible el examen micrográfico de los ensayos hechos por medio de mordente, y que por ende el conocimiento de la estructura íntima estuviese al alcance de los hombres prácticos.

El Sr. Barba se ha dedicado á esta tarea, y debido á sus trabajos de varios años ha dispuesto métodos de ensayo sencillos y prácticos que os comunicará en su relación; estos métodos responden tanto á las exigencias de los constructores como á los deseos de los directores de fundiciones, y su carácter práctico ha sido reconocido ya en algunas recepciones. Aludimos aquí á los ensayos por choque y por tracción practicados sobre barras escopleadas (*entailles*), cuyos ensayos habian sido propuestos hace tiempo ya por este especialista, y acerca de los cuales tendrá él mismo la satisfacción de daros detalles.

De las distintas veces en que el Sr. Barba y yo hemos tenido ocasión de cambiar pareceres, he sacado el convencimiento de que sus tentativas son acreedoras á toda nuestra simpatía, porque nos llevarán á un método de ensayo que arrojará sobre la naturaleza verdadera de los materiales una luz mucho más segura que la que hoy se desprende de los métodos usuales (tracción y choque). El nuevo método presenta la esencialísima ventaja de que sus resultados pueden expresarse con cifras, completará el sistema actual, y hasta lo sustituirá en ciertos casos, á poco costo y sin aportar grandes modificaciones en los aparatos usuales.

Al mismo tiempo que prosigamos en el estudio de estas cuestiones especiales, podremos también hacernos cargo de otros procedimientos que permitan asimismo descubrir los defectos de homogeneidad que presenta la estructura del acero (ensayos por medio del punzón, etc.), y paralelamente con este estudio sobre homogeneidad es conveniente emprender otra tarea que con todos sus detalles queda expuesta en el programa de nuestros trabajos, y que consiste en fijar «LÍMITES» en los defectos de homogeneidad, muy particularmente en lo que se refiere á los aceros de clase corriente; este trabajo requerirá algún tiempo.

Mas ya que es deseo del autor de la proposición que nuestra Comisión entre en funciones lo más pronto posible y realice su cometido en breve plazo, conviene que aunemos el estudio del contraste de la homogeneidad tal como ha sido concebido por el Sr. Barba, y el estudio de las piezas terminadas destinadas á material de ferrocarriles, para cuyo último estudio son indispensables el examen y la elección de los resultados obtenidos.

Tengo, pues, el honor de presentaros, como resultado de nuestros trabajos preparatorios, «un programa de trabajos» basado sobre las consideraciones que anteceden. El Ingeniero señor

Barba os lo expondrá con detalles y lo motivará, y esperamos que, tanto este trabajo como los motivos que nos han guiado en nuestro tarea, merecerán la aprobación de la Asamblea.

INFORME DE MR. BARBA

ex-Ingeniero de la armada francesa, ex-Ingeniero Jefe de la fábrica del Creusot.

Necesidad de recopilar los pliegos de condiciones hoy vigentes en todos los países y dividir los hierros en categorías.—El examen de la rotura por tracción es muy insuficiente.—Importancia que tiene en cambio el estudio del limite elástico.—Relación que existe entre la homogeneidad y el limite elástico.—Conveniencia de los análisis micrográficos para el estudio de la homogeneidad.—Medio práctico de estudiarlo por medio de las barretas entalladas.—Experiencias de punzonado.—Resumen y conclusión.

Si se quiere resolver de un modo satisfactorio el problema que se presenta á la Comisión, debe ésta redactar pliegos de condiciones típicas que aseguren la calidad de los distintos hierros y aceros y que sirvan en todos los ensayos de recepción.

El primer paso para lograr este objeto consiste evidentemente en recopilar las prescripciones que figuran en los pliegos de condiciones hoy vigentes en todos los países, completándose de este modo el trabajo que se hizo, por lo que á Francia respecta.

Los distintos elementos que se recojan podrán repartirse en varias categorías:

1.º Ensayos de los hierros cuyo estudio puede aplazarse por ahora, pues las cuestiones que por este concepto se originan, hallarán, sin duda, fácil resolución cuando se termine el estudio de los aceros.

2.º Ensayos practicados sobre piezas de acero tomadas en conjunto, y que varían según sean el destino y la forma de dichas piezas: por ejemplo, ensayos especiales de flejes, ejes, etc. Cada uno de estos ensayos debe considerarse por separado y dar lugar á un examen especial. (Nota del autor: Nos parece muy deseable que por lo que se refiere á estos ensayos que en su mayor parte versan exclusivamente sobre material de ferrocarriles, se establezca una primera conformidad por medio de una Comisión compuesta de Ingenieros de ferrocarriles.) Propongo asimismo que se aplace este estudio para que la Comisión pueda concentrar toda su atención y todos sus esfuerzos sobre la última categoría de ensayos.

3.º Ensayos sobre barras recortadas en las piezas, y que dando resultados diferentes, pueden aplicarse indistintamente á toda clase de aceros, cualquiera que sea su destino, y estas son las únicas pruebas que á mí juicio debo considerar en lo que siga.

Se compararán los distintos elementos recogidos, y se procurará sacar de ellos por medio de un examen crítico una conclusión razonada. Desgraciadamente no parece que ésta se haya de presentar de una manera muy clara ni convincente. No se percibe muy bien, *a priori*, cuáles sean los principios que han de regir para elegir un modo de ensayos con preferencia á otro, ni para fijar los resultados que arrojen los distintos ensayos; se incurrirá, sin duda, en el deseo de escoger los métodos de ensayos que con más frecuencia figuran en los pliegos de condiciones, rechazando tal vez los demás, y se darían en este caso como resultados un determinado promedio deducido de las cifras que hoy se pidan.

Mas es de temer que una conclusión de este género no apoyada sobre principios seriamente razonados, sea inadmisibles para algunos. La diversidad de criterios que en la actualidad existe entre los pliegos de condiciones, evidencia la que también reina en las ideas corrientes y hace prever la dificultad con que se ha de tropezar para poner de acuerdo á todo el mundo.

Por otra parte, debemos reconocer que la mayor parte de los ensayos que hoy se practican, no dan con certeza todas las garantías deseables para el contraste de la calidad de los metales; las exigencias más gravosas que se advierten en los pliegos de

condiciones, son á veces consecuencias de la deficiencia de los mismos cuando cualquier incidente la pone de manifiesto. Otros ensayos que tal vez ofrecerían mayores garantías, como los que se practican por medio del choque, resultan ser de más complicado manejo, y están poco usados, en Francia al menos, para las barras recortadas y para los productos corrientes.

En tales condiciones nos parece oportuno considerar en su conjunto la cuestión de las pruebas de recepción y procurar primero determinar con precisión el grado de importancia que se les debe atribuir.

Las unas tienen por objeto garantizar la elaboración, la fabricación de las piezas proyectadas, sin que se produzcan incidentes; las otras, que son tal vez más importantes aún, deben garantizar su comportamiento en obra, cuando terminada su elaboración, sean sometidas á los esfuerzos para los que fueron calculadas y preparadas.

Las pruebas habituales se basan sobre la deformación que sufre la materia bajo condiciones y esfuerzos varios. Los ensayos que pertenecen á la primera categoría son fáciles de definir, y los constructores hallarán sin trabajo dentro de la serie de las deformaciones posibles, pruebas que, caso de éxito, aseguren una fabricación que traiga aparejadas deformaciones de la misma especie; parece inútil insistir sobre este punto.

Pero no sucede otro tanto con los ensayos que pertenecen á la segunda categoría. No se ve muy bien la relación que para un metal puede existir entre una deformación que sufre en conjunto y cuyos efectos perceptibles se registran, y la manera de cómo este mismo metal se comportará bajo el peso de las cargas de cálculo, máxime teniendo en cuenta que «la base de dichos cálculos es la ausencia de toda deformación permanente»

Sin embargo, paulatinamente se ha introducido el costumbre de imponer para las recepciones unas pruebas que comprenden todas las deformaciones de esta índole, y de juzgar del valor de un metal por la forma en que las tolera. Hay que reconocer sin embargo, que en el estudio actual de nuestros conocimientos, estos ensayos se relacionan muy poco con la resistencia de los materiales tal como hoy se considera en las construcciones. Por tanto, no dejan de ser más que una comparación bastante empírica que se establece entre materias similares.

La preferencia que se atribuye al examen de las deformaciones por tracción no está muy justificada, como se pudiera suponer, y difícil sería citar un argumento perentorio que explicara el favor de que gozan. Pero si podemos emitir este juicio acerca de las deformaciones por tracción, esto es, acerca del conjunto de los ensayos que se verifican por tracción, preciso es reconocer que debiéramos tender siempre nuestra atención sobre una observación que estos mismos ensayos pueden motivar, y á la que pocas veces se atiende. Me refiero al límite de elasticidad que generalmente no se tiene en cuenta en los pliegos de condiciones para productos comunes, siendo así que este elemento reviste capital importancia en los cálculos de resistencia (1).

La poca atención que se le dedica en los ensayos corrientes, está por desgracia justificada hasta cierto punto; pues si resulta casi imposible la investigación de un límite que presente todo género de garantía, á veces sucede que dicho límite ni tan siquiera existe. Así es, que en los cálculos sobre resistencia ha parecido prudente corregir este límite, dándole un importante coeficiente de reducción que es una triste prueba de la deficiencia de nuestros conocimientos.

Pero aunque no se determinara directamente en las pruebas de los hierros la tan delicada cuestión del límite elástico-teórico, podría concedérsele mayor importancia, indagándose las causas que tienden á modificarlo y á reducirlo. Cualquier defecto, cualquier solución de continuidad que se presenta en un metal, cualquier modificación que surja en su naturaleza, obran evidentemente sobre el mencionado límite; pero en la propia estructura

del metal encontramos otras causas perturbadoras. Cuando se estudia esta constitución tan compleja de los metales, y especialmente la de los aceros, que evidencian los curiosos trabajos que en todos los países se practican, se concibe fácilmente que se pueda pasar del límite teórico de elasticidad sin que dicho límite resulte perceptible á nuestros medios de investigación; pero también se comprende que, si bien en un conjunto de elementos tan numerosos y discrepantes no puede existir completa homogeneidad, no por esto la regular distribución de dichos elementos y su agrupación según un tejido de trama muy fina, dejarán de asegurar una relativa homogeneidad, que no presentará en el mismo grado un metal compuesto de gruesas granulaciones y de elementos distribuidos con mayor irregularidad.

Se ve con bastante claridad la íntima relación que media entre esta homogeneidad y el límite elástico, y se comprende la importancia que ofrece la investigación de dicha homogeneidad relativa en regiones que tengan la menor extensión posible y que sean también lo más numerosas que se pueda. Ella es la que parece constituir el verdadero valor de la naturaleza de un acero y la determinante de las calidades que se requieren en las construcciones metálicas.

La mejor manera de apreciar esta fineza de constitución, esta regularidad en la estructura, sería seguramente de multiplicar los análisis micrográficos. Se observará que en dichos análisis se estudia la constitución del metal en una sección que carece de espesor, en un elemento de la pieza tal como ésta se presentara en el uso y sin ninguna deformación permanente.

En esto consiste que el examen de una serie de secciones análogas parezca proporcionar datos sobre lo que podrá ser el trabajo de un metal, tal como dicho trabajo se verificará en las construcciones; pero con toda certeza y perfección aclarará todo lo que se refiere á la homogeneidad.

La exploración de las distintas partes que componen una pieza por medio del análisis micrográfico, si bien no es actualmente realizable en la práctica de las recepciones, puede sin embargo intentarse con otros procedimientos; pero si se quiere obtener resultados del mismo orden es preciso que no exista deformación permanente, ó por lo menos, si ésta no se puede evitar, que quede reducida al mínimo.

En consecuencia, el volumen deformado deberá ser lo más insignificante posible. Ya se ha visto que cuando la deformación alcanza un volumen importante, la misma deformación tomada en su conjunto puede disimular las deformaciones elementales. Esta exploración puede practicarse con los distintos aparatos de tracción, flexión, punzonado, etc., que hoy se emplean, modificándolos acaso ligeramente.

El único punto delicado consiste en dar á la barreta de prueba una forma que impida toda deformación permanente; esto en realidad no se puede conseguir matemáticamente, pero se puede llegar á cierta aproximación creando en las piezas que están por experimentar, una sección muy reducida de una altura mínima, esto es, practicando en toda la circunferencia de la barreta una entalladura profunda y de arista viva.

Entonces, y por medio de la resistencia que oponga á la rotura, cuya observación siempre resulta fácil en un ensayo, que por lo general presenta sólo una variante, se podrán estudiar las regiones sucesivas de una misma pieza, y toda vez que dicho estudio se verificará en un metal que no presentará notable deformación, suministrará también datos acerca de la homogeneidad, y hasta cierto punto y como consecuencia indirecta, acerca del límite de elasticidad.

De la misma manera que hay interés en que se multipliquen los análisis micrográficos y en que las observaciones se practiquen sobre regiones de poca extensión y con una fuerte amplificación, asimismo parece que hay interés en que se multipliquen los ensayos sobre piezas entalladas ó escopleadas, dándolas una sección muy reducida, y rompiéndolas con aparatos adecuados, de manera que dichos ensayos resulten muy precisos.

Fácil es imaginar las modificaciones que en vista de estas

(1) Esto mismo afirmábamos en nuestro *Estudio sobre el acero en los puentes*.

observaciones haya de introducirse en los aparatos de tracción, punzonado, etc., modificaciones que versarán sobre la fijación de las barretas, y más que nada sobre la importancia de las máquinas, de modo que se consigan ensayos precisos á pesar de lo reducido de la sección que se experimenta.

Parece recomendarse por su sencillez, una disposición análoga á la que el Sr. Frémont empleó en sus hábiles investigaciones acerca del punzonado (1). En dicho aparato una máquina de punzonar, por medio de la deformación elástica de su armazón, va acusando á cada momento el esfuerzo ejercido por el punzón.

Si se apropian las dimensiones de la máquina con el esfuerzo máximo que se desea realizar, y si se amplifica de una manera precisa las deformaciones elásticas de la misma, se tendrá un aparato muy suficiente, que se prestará á la mayor parte de los ensayos, menos á los de choque, con pequeñas modificaciones de detalle que se introduzcan en la fijación de las probetas, de manera que se varíe la naturaleza de los esfuerzos que hay que producir.

Debemos observar que los ensayos que se verifican por medio del punzonado originan deformaciones que ya son menores que muchas otras, sobre todo si se opera con punzones anchos, en comparación del espesor que hay que «punzonar», y según lo que antecede, dichos ensayos ya deben llamar nuestra atención por lo que á las recepciones se refiere.

Por medio de una serie de experiencias bastante numerosas, tal vez se demuestre que los mencionados ensayos pueden ya comprobar la homogeneidad de una manera suficiente.

Sería muy fácil reducir en absoluto la deformación de la barreta y la del agujero que determina el punzonado.

Bastaría con practicar en las dos caras del palastro que se quiere punzonar, dos entalladuras circulares de ángulo vivo y simétricas.—La región deformada por la rotura quedaria de este modo reducida á una superficie que, por decirlo así, carecería de espesor.

Los ensayos practicados por medio del choque, pueden también hacerse por medio de tracción y flexión, sobre piezas que se rompan sin sufrir apenas deformación. Pero para sacar de ellos todo el partido posible, es de desear que en cada caso se pueda medir la resistencia que ofreció el metal al romperse con un solo golpe de una misma maza, cayendo de una misma altura. Esto se conseguirá evidentemente colocando entre la barreta y su punto de atadura un dinamómetro especial, ó también registrando la impulsión comunicada por el choque y por medio de la barreta cuya rotura produce, á la pieza en que la misma barreta está fijada.

RESUMEN Y CONCLUSIÓN

Con lo dicho anteriormente, deducimos que los constructores, en los actuales ensayos de recepción, por muy complejos y severos que sean éstos, carecen de los datos y de las garantías más necesarios.

La exploración de los aceros verificada por el método mencionado, ó por cualquier otro que tenga el mismo objeto y se apoye sobre principios análogos, abre un nuevo campo de investigaciones que parece relacionarse desde muy cerca con la tan importante cuestión del límite de elasticidad. El método de las barras entalladas, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos ya por este medio, parece que debe inspirar toda confianza, y no dejaré de recordaros que para las recepciones de las piezas destinadas á sus máquinas, la marina francesa lo emplea desde hace más de tres años.

Mucho siento no estar bastante al corriente de las distintas experiencias hechas en todos los países que pudieran tener alguna relación con la cuestión que acabo de tratar, y ruego á mis

honorables colegas que se sirvan dispensarme si me fundo tan sólo sobre experiencias francesas. Me estimaría muy feliz con haberme podido aprovechar de las demás, pero tengo motivos de suponer que hasta la fecha no hubiesen podido modificar las conclusiones que he aportado.

Acaso se descubran otras pruebas que llenen el mismo objeto, y que de la misma manera puedan ser multiplicadas en una serie de puntos cuya condición es esencial para todo método que tenga por fin comprobar la homogeneidad. También he llamado la atención sobre el método del «punzonado». Estos métodos suponen tan sólo experiencias sencillas, fáciles, poco dispendiosas, que pueden ser llevadas á cabo con prontitud y practicadas á poco coste en suficiente escala.

El método de las barras entalladas (y quizá también el del punzonado) evidenciarán necesariamente las discrepancias que hoy se observan en los distintos aceros, cuyas discrepancias deben achacarse, sea á defectos locales, sea á desigualdades en la constitución, sea también á una estructura demasiado basta. Cierto es que dichas discrepancias perturbadoras se revelan también por medio de los ensayos habituales; pero en medio de tan complejos fenómenos, y con una serie de tan varios elementos, no pueden observarse más que cuando revisten importancia manifiesta.

Con un conjunto suficiente de experiencias se determinará para cada ensayo que tienda á comprobar la homogeneidad, las discrepancias que en la práctica se puedan admitir, no parece que la resolución de un problema de esta índole sea superior á las fuerzas de una Comisión competente, y sin duda alguna todo el mundo podrá admitir conclusiones razonadas que versen sobre puntos tan poco numerosos como bien definidos. Si esto no fuera así, desde ahora tendríamos que renunciar á la esperanza de establecer cualquier género de conciliación entre productores y consumidores, por lo que á la cuestión de los ensayos de recepción se refiere.

Como no sean las investigaciones acerca de la homogeneidad de los aceros que está tan íntimamente ligada con las cualidades que todo constructor puede exigir y que debe preocupar á todo metalurgista que se cuide del valor de sus productos, no hay razones suficientes para recomendar en las recepciones tal ó cual método de ensayos, ni tampoco para indicar el límite que deben alcanzar los requisitos establecidos en los distintos pliegos de condiciones.

Por otra parte, no parece fácil negar á un comprador el derecho de verificar cuantos ensayos le plazca incluir en su pliego de condiciones, y también parece que tal derecho permanecerá imprescriptible á pesar de todos los acuerdos que puedan adoptar las Comisiones, sean ó no internacionales.

Pero si por medio de un común acuerdo se consigue limitar esta heterogeneidad que, según se ha dicho ya, tiene la mayor importancia en todos los ensayos, por más que sus efectos se perciban difícilmente en medio de la complejidad de las distintas deformaciones, nos es lícito esperar que quedará muy simplificado el papel que hoy desempeñan los ensayos. Se podrán reducir los datos que de cada uno de ellos se espera, esmerándose en practicar los otros ensayos en regiones que sean lo más sanas y regulares que se pueda. Y no cabe duda que después de haber eliminado esta causa de variación resultará más fácil la comparación entre ensayos análogos, y tal vez entonces se procurará determinar el resultado que en distintos ensayos deban presentar aceros elegidos en condiciones absolutamente normales y que puedan servir de tipos en las pruebas de recepción.

Pero aunque no se llegase á un acuerdo en esta última cuestión, es probable que con la posibilidad de multiplicar los ensayos de homogeneidad sobre una infinidad de puntos, cada uno de los demás ensayos iría perdiendo algo de la importancia que hoy se le atribuye; se practicarían en menor número y acaso dejarían de constituir ya una grave dificultad en las recepciones.

Sea de ello lo que fuera, existe un punto esencial, que en ningún caso se debe perder de vista. Sólo ofreciendo á los constructo-

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils.* (Enero, 1896.)

res métodos de ensayos sencillos, fáciles de repetir, sólo dándoles todo género de garantías para sus trabajos, sólo por la persuasión y no por la imposición de reglamentos basados en consideraciones arbitrarias, se aumentará para todo el mundo el valor de los ensayos de recepción, y se podrá esperar que disminuyan las exigencias que hoy existen, y que, hay que reconocerlo, son á veces exageradas, sin utilidad apreciable.

Fundado en estas consideraciones propongo que el programa de la Comisión sea el siguiente:

I. Reunir todos los datos sobre las prescripciones exigidas en todos los países en los pliegos de condiciones de los hierros, con objeto de completar el trabajo análogo que sólo en Francia se ha practicado.

II. Descartar por ahora las cuestiones referentes á hierros, cuyo estudio será fácil una vez terminado el de los aceros.

III. En dicho estudio así concretado á los aceros, se clasificarán en una categoría especial los ensayos que versen sobre piezas enteras (flejes, carriles, etc.), para estudiarlos más tarde. Estos ensayos, que parecen todos pertenecer al material de ferrocarriles, y con objeto de uniformar los métodos existentes, podrían ser sometidos, con innegable ventaja, al previo examen de una Comisión especial compuesta de Ingenieros de ferrocarriles.

IV. La Comisión concentraría de este modo toda su atención sobre los ensayos efectuados en fragmentos recortados en las piezas.

V. Determinar, entre los distintos métodos de ensayo:

1.º Los que por razón de la sencillez, de su precisión, de la facilidad con que puedan multiplicarse, parezcan más recomendables para comprobar la homogeneidad en una misma pieza.

2.º Los que puedan servir para reconocer la calidad normal que deben presentar los aceros en las regiones que ofrezcan el máximo de calidad.

VI. Determinar según sean los aceros:

1.º Las discrepancias en la homogeneidad que pueden admitirse en los ensayos del art. V, párrafo primero.

2.º Los resultados que deberán presentar estos mismos aceros en los ensayos del art. V, párrafo segundo, que tienen por objeto comprobar la calidad normal.

VII. Determinar en los distintos productos:

1.º La región en que dicho producto presente la menor cantidad posible de defectos, y en la que se crea que ofrecen la calidad normal.

2.º Las regiones en que el mismo producto acuse generalmente mayores discrepancias en la homogeneidad.

VIII. Los trabajos de la Comisión versarán, primero, sobre los aceros destinados á construcciones y material de ferrocarriles, y en preferente término sobre los aceros dulces.

(Se continuará.)

REVISTA EXTRANJERA

Depuración de las aguas de alcantarilla.

En la sesión de 19 de Mayo último, celebrada por la Sociedad de los Ingenieros civiles de Francia, Mr. Vincey presenta una comunicación sobre la depuración térrea de las aguas de alcantarilla.

El asunto ya ha sido discutido técnicamente, y Mr. Vincey trata de él considerándole desde el punto de vista de la utilización de las aguas sucias en la agricultura.

Comienza por decir algunas palabras sobre la digestión parisiense, y muestra por medio de diagramas las cantidades de nitrógeno, de ácido fosfórico y de potasa (únicos principios alimenticios que deben considerarse en agronomía) absorbidos por la alimentación parisiense, y las cantidades de las mismas sustancias que van á parar á las alcantarillas. El total de éstas últimas representa una suma de 28 millones de francos.

Hace después la historia del procedimiento de depurar las aguas sucias por la tierra. Actualmente los 170 millones de metros cúbicos de aguas de alcantarilla de París se esparcirán en una superficie de 4.400 hectáreas.

Pasando en seguida al mecanismo de la depuración térrea, dice Mr. Vincey que este fenómeno consiste en una mineralización biológica

debida á la intervención de un microbio muy bien estudiado y definido, el cual, en presencia del oxígeno del aire ingiere las materias orgánicas y nitrogenadas y segrega materias minerales, produciendo, en la evolución general de la vida, el ciclo inverso al de las plantas; es el último eslabón de la cadena sin fin que permite á las plantas apoderarse de estas materias minerales y aprovecharlas de nuevo, porque es sabido que las plantas no pueden ingerir materias orgánicas; los abonos orgánicos necesitan mineralizarse previamente en las tierras para que las plantas puedan absorberlos por sus raíces y nutrirse.

La depuración de las aguas es, pues, un trabajo de orden biológico que tiene por objeto la mineralización, y es independiente de la producción agrícola. Los cultivos vienen después á aprovechar una parte de estas materias mineralizadas, y el resto de ellas va por filtración á parar á los drenes.

De las análisis microbiológicas hechas por M. Miquel en el laboratorio de Montsouris, resulta que las aguas que proceden de estos drenes contienen un número de bacterias diez veces menor que el que contienen las aguas de manantial más puras que se consumen en París.

Respecto á la utilización agrícola de las aguas sucias de París, deben considerarse dos cosas:

1.º Acción del agua como riego solamente.

2.º Acción de la materia fertilizante como elemento nutritivo.

Como riego, dados los cultivos que se practican en los campos de depuración en las tierras arenosas del valle del Sena, la dosis práctica debe considerarse algo superior á 40.000 metros cúbicos por año y por hectárea. Esta cifra no es más que un término medio que resulta de una larga práctica en los campos de depuración de Gennevilliers, donde se riega con aguas sucias de París. Claro es que no se empleará la misma cantidad para el riego de hortalizas que para el de prados.

Si respecto al riego, la cifra antes apuntada es la necesaria, no ocurre lo mismo respecto á la cantidad de elementos nutritivos. Estos van en las aguas en tan excesiva proporción, que en Gennevilliers solamente se aprovecha del 11 al 12 por 100; utilización muy pequeña.

Si en lugar de emplear 40.000 metros cúbicos por hectárea se emplearan 4.000, se daría á las plantas la cantidad necesaria para su nutrición, pero no la necesaria para el riego. Para reducir las pérdidas de materias fertilizantes convendrá, pues, diluir más las aguas de alcantarilla, lo cual traería como consecuencia el aumento de la superficie de terrenos donde hayan de aprovecharse.

Sería ir contra la verdad decir que separando las aguas negras de las ordinarias de las alcantarillas se obtendría una utilización más completa de los residuos de la digestión humana y animal. Sucedería lo contrario; el sistema de doble alcantarillado produce aguas negras más concentradas, y en la depuración en terrenos permeables la utilización agrícola de los elementos fertilizantes está en razón inversa del grado de concentración.

El riego con aguas de alcantarilla multiplica los fermentos nitrificadores del terreno; la práctica y la interpretación científica concuerdan en demostrar que cuanto más aguas sucias ha depurado un terreno, más apto se halla para seguir depurándolas.

M. Vincey describe después los terrenos en que se esparcen las aguas sucias de París, y termina estudiando el proyecto que la municipalidad de esta villa tiene de crear, aprovechando aguas sucias para el riego, una granja agrícola modelo con 400 hectáreas de terreno para el cultivo en grande de plantas forrajeras que se destinarán al sostenimiento de vacas de leche.

BIBLIOGRAFÍA

PORTLAND CEMENT, *its manufacture and use*, by CH. D. JAMESON.—Un vol. de 23 x 15 cm. 192 pág. y 7 lám.—New York, D. Van Nostrand Company.

Contiene este libro: Consideraciones generales.—Datos históricos. Fabricación del Portland.—Extractos de las condiciones que se exigen en los pliegos franceses, austriacos, alemanes y americanos.—Proceso químico del fraguado.—Pruebas y máquinas para ensayo de los cementos.—Uso del Portland.

THE PURIFICATION OF SEWAGE, by SIDNEY BARWISE.—Un vol de 18 x 13 cm., 150 pág.—New York, D. Van Nostrand Company. 1899.

Sus principales capítulos tratan: De las aguas de alcantarilla, de su naturaleza y composición.—Contaminación de los ríos.—Depuración por la tierra.—Precipitación.—Filtración y nitrificación.—Formas especiales de los filtros.—Bacteriolisis, etc.

ECLAIRAGE PAR B. SAINT PAUL ET L. GALINE.—Un vol en 16.º con 215 fig.—12 francos.—Paris.—V.º Ch. Dunod.

Esta obra forma parte de la *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics*, y trata de las materias siguientes: alumbrado por aceites vegetales; tratamiento de los aceites minerales; alumbrado por aceites minerales; destilación de la hulla; distribución del gas; mecheros; alumbrado privado; alumbrado público; gases especiales (acetileno, etc.); arco voltaico é incandescencia; instalación de lámparas; fotometría; proyectos de alumbrado.