

inconveniente de inmovilizar los grupos durante grandes periodos. Además resultaron muy caras.

IV. **Conclusiones.** — De todo lo precedente, que es el resultado de constantes observaciones durante un periodo de diez años, ¿es posible sacar conclusiones generales é indicar un procedimiento capaz de suprimir estas corrosiones?

Hemos comprobado que dos condensadores (números 3 y 4) han funcionado durante cuatro mil horas sin protección alguna contra las corrosiones, antes de haberse observado la primera, mientras que otro condensador (número 7), provisto de tubos de igual composición que los de los grupos 3 y 4 (70-30 y estañados) y en el que se había instalado una protección muy completa, la que además había dado muy buenos resultados en otras ocasiones, dió lugar a perforaciones después de cuatrocientas horas de funcionamiento solamente.

Hemos visto que dos condensadores (números 5 y 6) provistos de tubos de igual composición (66-34 y estañados), fabricados en el mismo establecimiento, pero con un año de intervalo, y dotados de un sistema de protección idéntico, en uno se produjeron corrosiones y en el otro no.

En los condensadores (3 y 4) disminuyeron considerablemente las corrosiones cuando instalamos placas de cinc; en otro (número 7) ningún sistema de protección logró evitar las corrosiones; los tubos son, por lo tanto, de igual composición que los de los precedentes (70-30 y estañados).

En este último condensador (número 7) tuvimos que cambiar completamente el haz tubular (los nuevos tubos son de 70-29-1 y no estañados), pudiendo decirse que en la actualidad casi no existen corrosiones.

En fin, tenemos dos condensadores (números 1 y 2) provistos desde el origen de placas de cinc en los que en uno de ellos descubrimos perforaciones y en el otro no, después de un número importante de horas de funcionamiento.

Hemos presentado una serie de resultados muy distintos y también contradictorios, obtenidos en una misma fábrica, con instalaciones idénticas, en condensadores colocados, por decirlo así, uno al lado de otro y siendo el agua de refrigeración del mismo origen. No puede, por lo tanto, fijarse un modo preciso de proceder y mucho menos si se trata de aplicar un sistema de protección universal.

¿Qué conclusión podemos sacar de ello? Existe evidentemente un fenómeno electrolítico, puesto que las placas de cinc añadidas han acabado en todos los casos (añadiendo una ligera corriente) por asegurar una protección relativa, pero prácticamente suficiente. Ahora bien, la intensidad de este fenómeno de corrosión electrolítica no depende de las disposiciones de construcción del condensador, puesto que el cambio de haz permite mejorar la situación.

Es preciso, por consiguiente, deducirse de ello que hay un latón y otro latón y que los tubos de composición centesimal análoga, con ó sin estañado, son más ó menos resistentes á la corrosión, lo que hace presentir el muy importante papel que desempeña la estructura interna del metal, ya indicado por E. Raymond, Ingeniero Jefe de las Mensajerías marítimas (*Engineering* del 27 Julio 1917).

Si la importancia de la estructura interna del metal resulta en esta forma responsable en gran parte de la rapidez de la corrosión, nada preciso se ha indicado todavía respecto á la elección de la naturaleza del metal y de su obtención, cosa que sería muy de desear desde el punto de vista práctico.

En espera de ello, nuestra conclusión es que en cada caso particular, aun dentro de una misma fábrica, debe seguirse el asunto muy de cerca y que cuando los distintos procedimientos

empleados no den resultado satisfactorio para suprimir las corrosiones en un haz tubular, lo mejor es cambiar los tubos para correr la suerte de tener más fortuna con los nuevos.

Los gastos que de ello resultan son siempre menores que los que trae consigo la presencia de agua de mar en el agua de alimentación.

## LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA FEDERAL DE ZURICH <sup>(1)</sup>

### CAPÍTULO II

#### Mecánica aplicada á las construcciones.

(Segundo curso.)

#### Sistemas hiperestáticos.

#### CAPÍTULO VIII

TEOREMAS FUNDAMENTALES PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS PLANOS, ELÁSTICOS, LLENOS Y EN CELOSÍA. SISTEMAS HIPERESTÁTICOS.

#### 1.—Observaciones preliminares. Insuficiencia de la estática.

Estática, magnitudes superabundantes, elementos ídem. Necesidad de acudir á las deformaciones. Explicación del método con algunos ejemplos. (Método: reemplazar el sistema por otro isostáticamente sustentado). Ejemplo: Arco sustentado sobre dos rótulas con un tirante articulado; se reemplaza por otro arco sustentado por rótula y apoyo deslizante con fuerza, y el tirante por dos fuerzas iguales y opuestas.—Arco empotrado, análogo.—Estructura tubular de sección cuadrada (pórtico cerrado) sustentado sobre apoyo fijo y móvil.—Notaciones.

#### 2.—Teorema del trabajo virtual.

a) Introducción. Definición. Trabajo virtual de una fuerza que actúa sobre un punto material cuando éste sufre un recorrido (desplazamiento) virtual. Signos del trabajo virtual. Teorema de trabajo virtual para cuerpos rígidos; aplicación al cálculo de la línea de influencia en un apoyo de una viga recta sobre sustentación fija y móvil. Teorema de la igualdad de los trabajos virtuales de las fuerzas que actúan sobre un apoyo y el de su deformación virtual.

b) Trabajo virtual de deformación de un sistema. Trabajo virtual de deformación de una pieza recta sometida á esfuerzos de tensión axiales. Ídem de una pieza simétrica cualquiera, sometida á esfuerzos cualesquiera que actúan en su plano de simetría. Aplicación á las piezas rectas.

#### c) Trabajo virtual de las fuerzas exteriores.

d) Aplicación de la igualdad de los trabajos al cálculo de los recorridos de los nudos de una estructura.—Ejemplos:

1.º Viga recta, en celosía triangular, simple, sustentada sobre un apoyo fijo y otro deslizante.

2.º Viga empotrada en un extremo; caso de viga recta y de estar horizontal y sometida á acciones verticales.

3.º Arco con tres rótulas.

4.º Ídem con tirante; cálculo de la tensión de éste y de las reacciones de las rótulas extremas.

e) Aplicación de la igualdad de los trabajos al cálculo de sistemas hiperestáticos. Arcada doble sobre dos apoyos fijos y otro deslizante. Pieza empotrada en un extremo y en el otro sobre un apoyo móvil. Pórtico simple.

#### 3.—Teorema de Maxwell de la reciprocidad de las deformaciones.—Demostración del teorema.

Aplicaciones: 1.ª Cálculo del recorrido horizontal del nudo

(1) Véase el número anterior.

de una viga de celosía producido por una fuerza vertical. 2.ª Cálculo de la línea de influencia del apoyo intermedio de una viga de dos tramos (un apoyo fijo y los otros dos móviles) sometida a fuerzas verticales.

#### 4.—Teorema de Castigliano.

a) Teorema del trabajo mínimo de deformación.

b) Teorema de la derivada del trabajo de deformación.

#### 5.—Elección del sistema isostático equivalente (bestimte Haupsystem) y simplificación de los cálculos.

En la elección del sistema debe procurarse que los cálculos sean sencillos. Se suele preferir la viga *simple* (recta, apoyada sobre rótula y rodillo) ó la empotrada en un extremo; el Gerber-träger y el arco de tres rótulas.

Es conveniente que las igualdades de la elasticidad sean uniformes y que cada una contenga sólo una incógnita.—Ejemplo sistema hiperestático de segundo grado con sustentación rígida. (Por el teorema del trabajo virtual se tiene un sistema de dos ecuaciones para determinar las reacciones.)

Los recorridos son muy pequeños y hay que calcularlos con varias cifras.—Uniformidad de notaciones de modo que una igualdad sirva para varias incógnitas.—El cálculo de los sistemas hiperestáticos tiene que hacerse por falsa posición.

### CAPÍTULO IX

#### DEFORMACIONES DE LOS SISTEMAS PLANOS; VIGAS EN CELOSÍA HIPERESTÁTICAS

Desarrollo de los resultados del capítulo anterior: de las igualdades del capítulo VIII, tres son pesadas, si se aplican á varios nudos del sistema para calcular los recorridos.

#### 1.—Esquema ó dibujo de las deformaciones, por el método de Williot.—(Método geométrico.)

Supuestos conocidos los recorridos de dos vértices de un triángulo, calcular, en función suya, el del tercer vértice.—Aplicación y explicación completa del método á un ejemplo numérico.

#### 2.—Deformación de una cadena de barras articuladas en sus nudos.—Explicación del método.

Los puntos cuyas deformaciones ó recorridos se desean estudiar se unen por una cadena de barras.—Cálculo del recorrido de un ángulo. Este método es más exacto que el de Williot, pero más largo.—Aplicación á un pórtico sencillo.—(Apunte del profesor Rohn).

#### 3.—La elástica (Biegungslinie) considerada como polígono funicular de pesos elásticos y determinación completa de los recorridos mediante ella.

Definición de elástica de una cadena de barras. Valiosa relación ideada de Mohr entre la elástica y determinados valores que dependen de la deformación de las barras. Fundamento del procedimiento. Cálculos de los pesos elásticos mediante el de los recorridos de los ángulos. Desarrollo detallado del método sobre dos ejemplos:

1.º Viga recta triangular; cálculo de los recorridos verticales de todos los nudos, mediante la elástica de la cadena de barra.

2.º Viga empotrada en un extremo.

Otro método para el cálculo de los pesos elásticos que no exige el de los recorridos angulares.

Cálculo de los pesos elásticos para una celosía con barras verticales.

Caso de acciones no verticales (método Williot), cadena de barras ó también mediante dos elásticas que se componen. Método con sólo una elástica combinado con el tren de barras.

#### 4.—El sistema hiperestático.

Resumen de los resultados del capítulo anterior y de éste. Aplicación al cálculo de un arco con dos rótulas. En el cálculo de los recorridos (capítulo VIII) no se han tenido en cuenta las barras de relleno; nuevo avalúo y cálculo de los pesos elásticos, teniéndolos presente.

### CAPÍTULO X

#### DEFORMACIONES DE PIEZAS LLENAS.—PIEZAS LLENAS HIPERESTÁTICAS

#### 1.—Deformación de la pieza recta.—Elástica de una pieza cualquiera.

a) Método de la cadena ó tren de barras. Deformaciones elementales producidas por el momento flector y el esfuerzo tangencial de una sección. Sustitución de la pieza por otra constituida por una cadena de barras, pero no articuladas, rectas; cálculo de los pesos elásticos.—Aplicaciones: elástica producida por los momentos flectores en una pieza recta de sección constante; caso de fuerzas normales al eje. Influencia del esfuerzo tangencial en la deformación de una pieza recta solicitada solamente por cargas normales: consecuencia.

b) Elipse de elasticidad. Breve descripción del hoy poco usado método de Culmann-Ritter para el cálculo de los recorridos de nudos mediante la elipse de elasticidad (véase la obra del profesor Ritter). Ejemplos.

c) Aplicaciones:

1.º Pieza recta empotrada en un extremo sometida á acciones normales.

2.º Pieza recta de sección constante cargada uniformemente; estudio, como para el caso anterior, de la influencia del momento flector y del esfuerzo tangencial.

#### 2.—Piezas llenas hiperestáticas.

Método más conveniente en cada uno de varios ejemplos: arco empotrado en un extremo y con rótula en el otro. Estructura tubular de sección rectangular con rótula (hiperestático interiormente), y con sustentación isostática; marco doble apoyado sobre una rótula y dos apoyos deslizantes exteriormente es determinado de primer grado, pero interiormente de sexto. Pórtico triple (indeterminado de 9.º grado). Arco sobre rótula con tirante articulado; arco isostáticamente sustentado de celosía y lleno.

### CAPÍTULO XI

#### APLICACIONES DE LA TEORÍA DE SISTEMAS HIPERESTÁTICOS

#### 1.—Casos particulares de vigas de celosía. (Besondere Fachwerk.)

a) Arco en celosía, con dos rótulas. Estudio analítico completo del sistema.

Cálculo de las reacciones; acciones verticales y horizontales; líneas de influencia; efectos de una variación de temperatura. Asientos de los apoyos.

b) Arco en celosía atirantado y sustentado isostáticamente sobre rótula y apoyo deslizante. Estudio completo del caso.

c) Viga en celosía de dos tramos.

#### 2.—Casos particulares de piezas llenas.

a) Arco con dos rótulas.

b. Armadura de par y pendolón empotrados é isostáticamente sustentada.

c Pórtico múltiple (viga de varios tramos sobre apoyos empotrados en sus extremos). Estudio muy detallado del caso.

d) Viga de varios tramos de sección variable.

(Observaciones: La viga de varios tramos con momento de inercia constante y los métodos de cálculo de las bóvedas, con tres rótulas ó sin ellas, se estudian en el primer curso de puentes y los puentes colgados en el segundo curso.)