

Taller de aprendizaje por resolución de problemas

Ing. VENTURA CERÓN*

“El arte es largo, la vida es corta, la ocasión fugaz.
Actuar es fácil, pensar es difícil,
Actuar según se piensa es aún más difícil.
Caminamos por el valle mirando las alturas,
Nos gustan las alturas,
Pero no los peldaños que conducen hacia ellas.
No sólo hay que saber, hay que aplicar lo que se sabe.
No sólo hay que querer, hay que hacer”.

De la carta de aprendizaje en *Wilhelm Meister:*
“Los años de formación”
J. W. VON GOETHE

I. INTRODUCCION

En septiembre de 1988 se realizó en la Universidad de Santiago (Chile), el seminario “Creatividad e Innovación Tecnológica para el Desarrollo”. El

*Ing. VENTURA CERÓN, Prof. Facultad de Ingeniería, Depto. de Termofluidos, Universidad de Concepción.

profesor A. Kennaway en esa oportunidad presentó como método de educación el aprendizaje por resolución de problemas, según la experiencia del "Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología" de Londres. El proporcionó, además, la bibliografía de los trabajos realizados y destacó la asesoría recibida de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva Gales del Sur para la implantación de este método en Ingeniería.

En octubre de 1989 se realizaron en la Universidad de Concepción las "Terceras Jornadas Nacionales de Educación en Ingeniería". El comité de programa consideró esta oportunidad como para realizar una aproximación entre Medicina e Ingeniería, en relación al método de aprendizaje por resolución de problemas. Se contó con varias exposiciones y una mesa redonda sobre el tema, y con los antecedentes de la Universidad de Londres (Inglaterra), de la Universidad de Harvard (EE.UU.) y de la Universidad de Mac Master (Canadá).

Como actividad preparatoria al evento se concibió la realización de un "Taller de aprendizaje con resolución de problemas", a ser realizados por estudiantes. El objetivo del taller fue presentar y promover dicho método.

El taller fue realizado por candidatos a la Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería. El Centro de Alumnos de Ingeniería Civil-Mecánica llamó a la inscripción de los estudiantes interesados en participar en el taller. Se proporcionó la bibliografía disponible para que se pudiese efectuar la elección de los temas a desarrollar. Se seleccionaron cuatro proyectos.

1. Sistema de cuatro barras para el volteo de camión; nivel, tercer año.
2. Colapso por depresión de un recipiente cilíndrico; nivel, tercer año.
3. Selección de un compresor de aire; nivel, cuarto año, y
4. Diseño y ensayo de un modelo de puente; nivel, segundo año.

A continuación se presentará más en detalle el segundo proyecto, a fin de ilustrar el resultado del taller y se agregaron, además, opiniones de los alumnos participantes en dicho taller y se concluye con el seguimiento actual del método.

II. *PROYECTO DE APRENDIZAJE POR RESOLUCION DE PROBLEMAS; EL COLAPSO POR DEPRESION DE UN RECIPIENTE CILINDRICO*

A este propósito cabe destacar que el elemento esencial en los motores térmicos es el "condensador", que fue patentado por el "célebre James

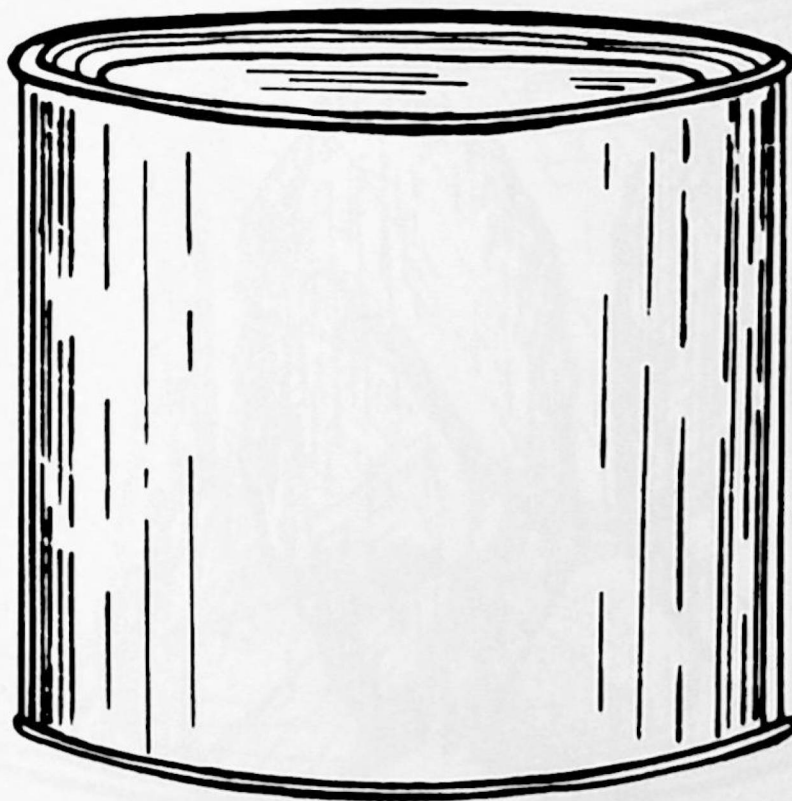
Watt'', según la expresión de Carnot. Rilleux nuevamente lo valoriza como término del sistema de evaporantes en las plantas azucareras. El sistema se usa ampliamente en otras instalaciones industriales: lecherías, fábricas de harina de pescado y fábricas de celulosa, por ejemplo.

El condensador es el elemento en el cual se descargan las energías degradadas a la fuente refrigerante, y es el lugar en el cual se elimina la componente de la energía que irremediablemente está perdida para realizar trabajo mecánico. Desde un punto de vista estrictamente intuitivo se observa que el vapor, al condensarse, genera una depresión, proveyendo así una mayor capacidad de expansión al vapor para producir trabajo, como ocurría en la primitiva máquina de Newcomenn.

En termodinámica, la potencialidad del fenómeno de condensación del vapor se ilustra a través del "colapso de un envase cilíndrico de hojalata" cuando es sometido a dicho efecto.

El objetivo del presente proyecto es realizar una síntesis de materias de Termodinámica, Mecánica y Resistencia de Materiales, orientado al diseño de instalaciones industriales.

Fig. 1

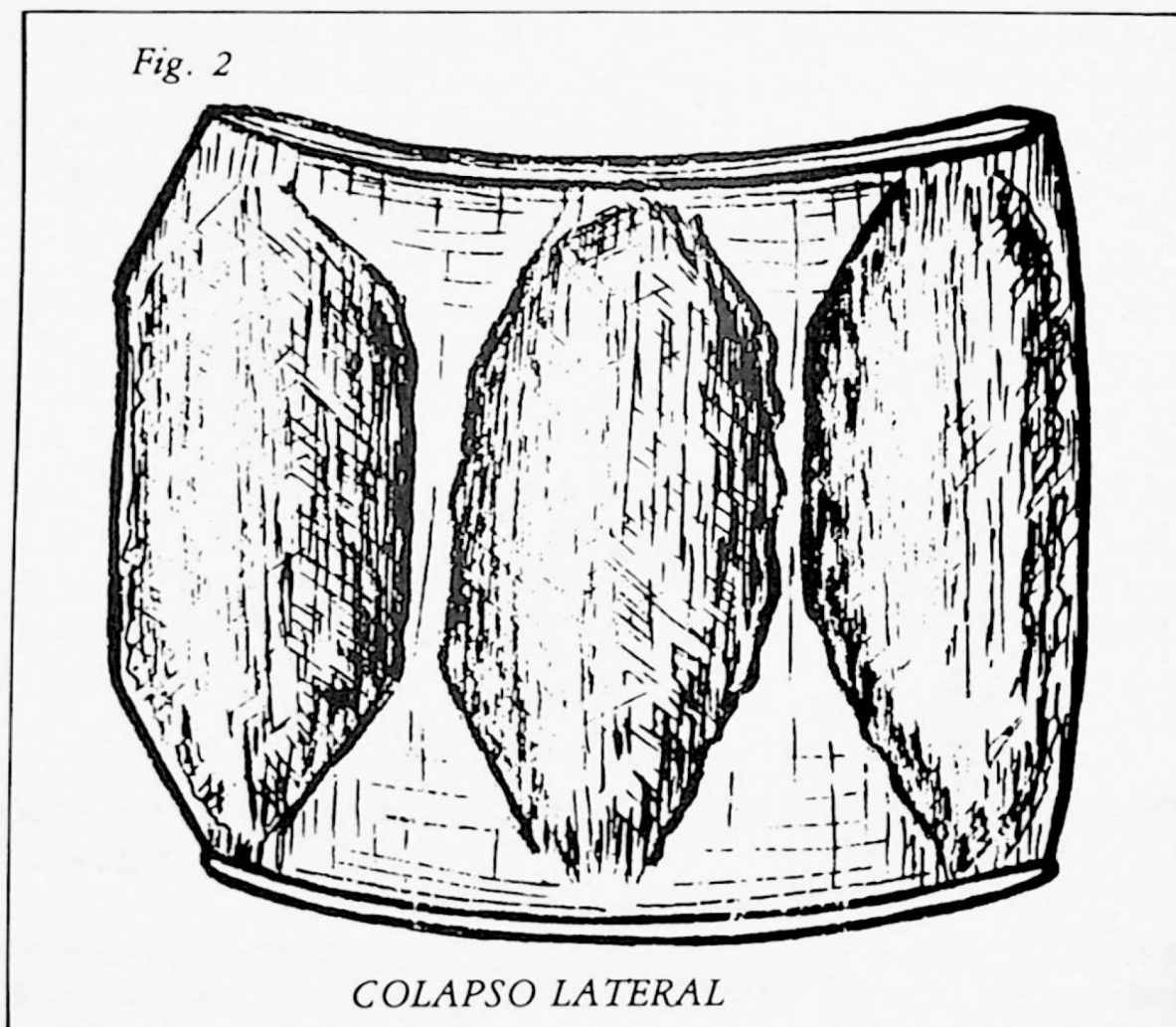


ESTADO INICIAL

El recipiente cilíndrico (Fig. 1) se instala —con una pequeña cantidad de agua— sobre el fuego y se deja abierto hasta que el vapor producido llene todo su volumen. Se retira dicho envase del fuego, y se sella con la tapa. El envase así sellado, se introduce en un depósito de agua fría y el recipiente se colapsa.

Al proponer este tema la primera vez, sólo algunos estudiantes realizan con éxito la experiencia y otros no. Es necesario esperar que todo el aire sea expulsado por el vapor generado al hacer hervir el agua. Luego, es necesario sellar herméticamente la tapa del recipiente cilíndrico, de modo que al generarse la depresión no penetre aire o agua. Los recipientes metálicos se deforman lateralmente de una manera característica (Fig. 2), y después se colapsan longitudinalmente (Fig. 3).

Esta experiencia se ha perfeccionado en años sucesivos. El primer aporte lo hizo una estudiante de la generación de 1980. El último aporte, de un estudiante del año 1989, fue formular la pregunta: ¿Por qué el número de ca-



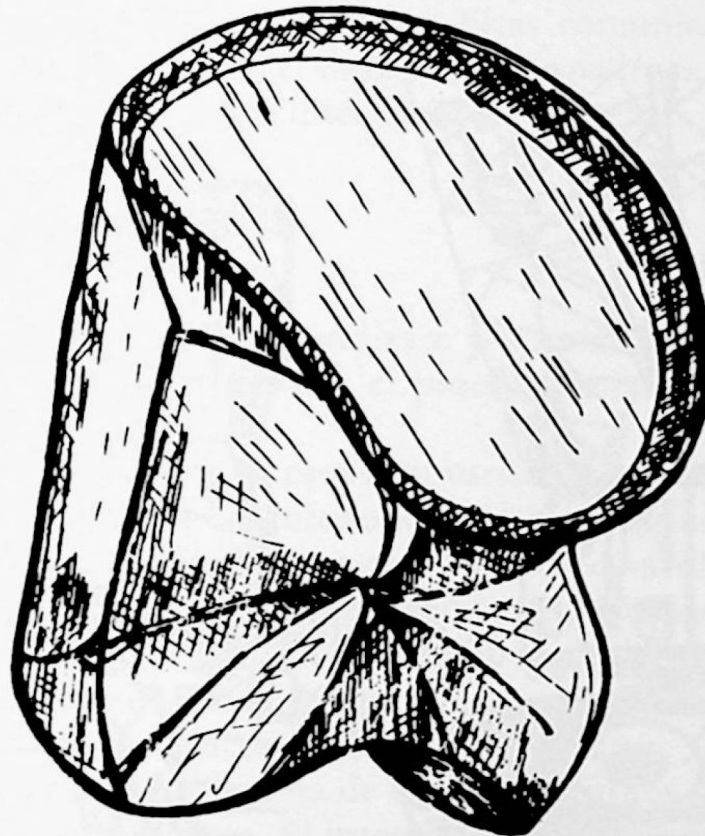
ras laterales del cilindro colapsado es siempre el mismo? Los estudiantes, con ocasión del presente "Taller" descifraron dicha pregunta, aplicando la teoría del pandeo lateral. La solución de la ecuación diferencial del fenómeno es armónica y el número de caras depende de la diferencia de presión exterior e interior.

¿Por qué se suceden tantas generaciones de estudiantes y no se formula el total de las preguntas? ¡Lo esencial es la pregunta! El taller induce a formularse preguntas, y es así como realmente se aprende.

Todas las explicaciones se dan en función de los principios de la Mecánica y de la Termodinámica. La depresión en el interior del cilindro metálico se genera por rechazo de calor a la temperatura del refrigerante, y su explicación requiere del conocimiento de ciertas leyes: presión de saturación en términos de la temperatura; calor latente de vaporización; presión total, como la suma de las presiones parciales del vapor de agua y del aire.

La generación de dicha depresión interesa en el diseño de los "condensadores", desde la máquina a vapor de Watt hasta los evaporizadores de

Fig. 3



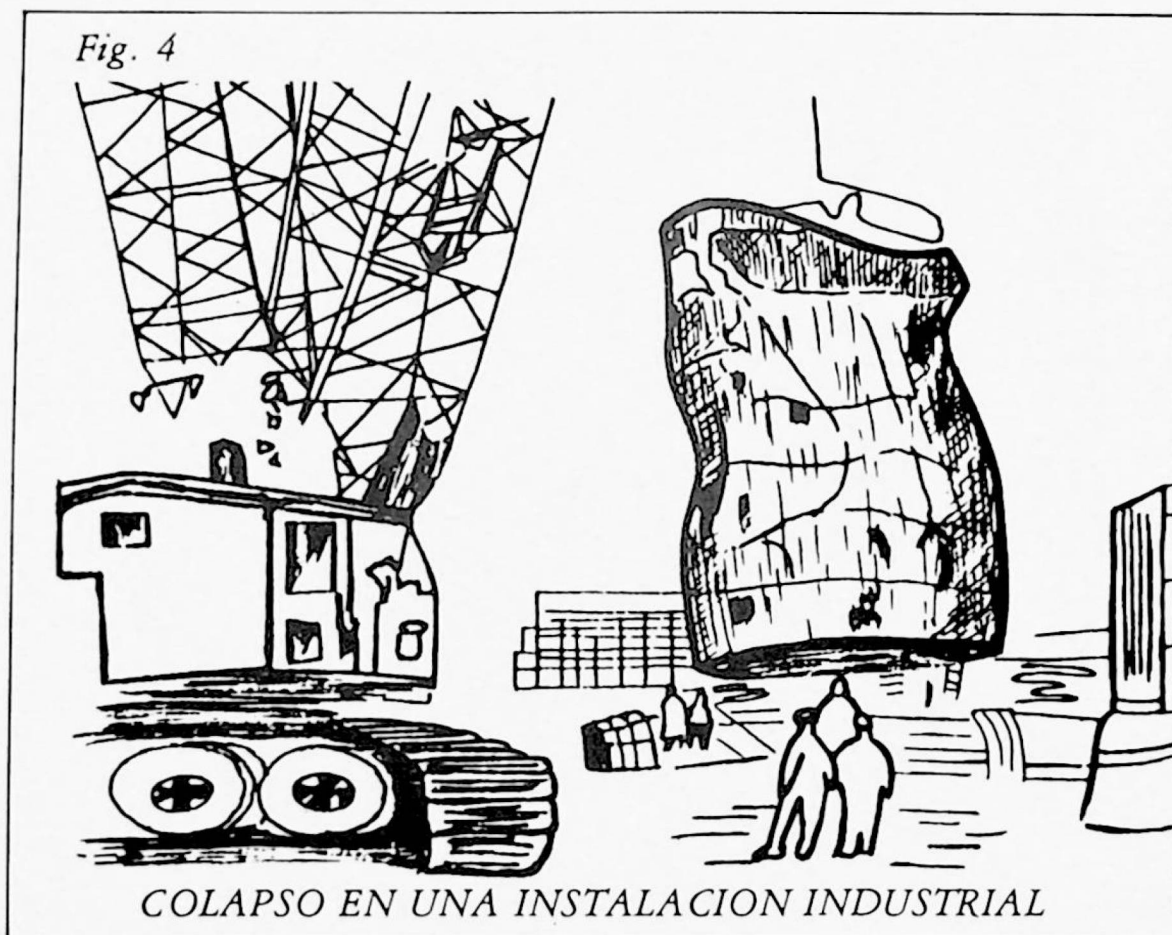
COLAPSO AXIAL

Rilleux. El mantenimiento latente de la pregunta del ¿por qué del fenómeno? lleva a incrementar el conocimiento de efectos adicionales en las instalaciones industriales (Fig. 4).

III. OPINIONES DE LOS ALUMNOS PARTICIPANTES

Los alumnos en principio quedaron fuertemente impresionados por dicho método. He aquí algunas observaciones y conclusiones de los alumnos que participaron en el proyecto "Colapso de un cilindro metálico":

1. Lo más notorio es el contraste entre la aridez de las materias expuestas en la forma tradicional y lo estimulante que resulta su aplicación a un problema real.
2. La posibilidad de organizar un grupo de trabajo en forma efectiva dando lugar a la interacción de los participantes; el intercambio de ideas y de iniciativas, tanto al interior del grupo como fuera de él.



3. Lo más relevante parece ser la diferencia entre aprender ingeniería y asistir a una exposición acerca de las herramientas empleadas en ingeniería.
4. Este método permite estimular la formulación de preguntas y de esta manera se aprende. El estudiante se siente motivado a aprender en la medida que descubre por sí mismo la explicación de los distintos fenómenos. La pregunta es el camino que permite avanzar en el nivel del conocimiento, porque propone un desafío a la mente.
5. En el aprendizaje por resolución de problemas se abarcan muchos temas y, por lo tanto, se aprende a relacionar diferentes materias.
6. Este nuevo método hace superflua la realización de clases prácticas. El aprendizaje por resolución de problemas enseña al estudiante a enfrentar problemas y no a mecanizarse en la resolución de un conjunto de problemas que apuntan a situaciones particulares.
7. Debe propenderse a la exposición — por parte de los alumnos— de la solución de todos los problemas abordados. Dicha actividad ayudaría al estudiante a desarrollar la capacidad de expresión y a difundir entre los demás estudiantes los trabajos realizados. Estas comunicaciones permiten establecer una continuidad en el desarrollo de una línea de investigación, al incitar a otros estudiantes a interesarse por el tema.

IV. CONCLUSION

La experiencia del "Taller de aprendizaje por resolución de problemas" muestra que dicho método incentiva el proceso de educación en los estudiantes.

En el año en curso (1990) se preparan varios trabajos originales a través del desarrollo de habilitaciones profesionales en la modalidad investigación, utilizando el método de aprendizaje por resolución de problemas. El objetivo de estos trabajos es poner a punto un banco de prueba existente, a fin de poder presentar una síntesis del plan de estudio según el método de aprendizaje por resolución de problemas. Las instalaciones en estudio son: 1) Banco de compresores; 2) banco de acondicionamiento de aire; 3) banco de fuente refrigerante, y 4) banco de programa de elementos finitos. En el proyecto total participan cuatro estudiantes. El interés por el tema excede a este reducido grupo de trabajo en el presente año académico.