

# DIREPI: Sistema para el cálculo a resistencia de recipientes sometidos a presión interna

L. S. Flores Bernal\*, S. A. Marín Hernández\*\*, D. Romero García\*\*\*, E. Turiño Millán\*\*\*\*

\*Dpto. Gráfica de Ingeniería

Facultad. Ingeniería Mecánica, ISPJAE.

E-mail: laura@mecanica.ispjae.edu.cu

\*\*EEI "Quintín Bandera"

\*\*\* Emp. Moa Niquel SA.

\*\*\*\*ESI, Holguín.

(Recibido el 28 de noviembre de 1997; aprobado el 11 de octubre de 1998)

## Resumen

El trabajo muestra la confección de un software para el cálculo a resistencia de recipientes sometidos a presión interna y construidos de acero, aborda también las ventajas que reporta el tener automatizado la metodología de trabajo por la calidad de los resultados finales que se obtienen y la fiabilidad de los mismos, el sistema posee una salida gráfica por AutoCAD que permite obtener los planos de taller de los componentes de los recipientes diseñados.

**Palabras claves:** CADD, CAD, diseño, cálculo de recipientes.

## 1. Introducción

El grupo de CAD de la Facultad de Ingeniería Mecánica del ISPJAE, tiene como objetivo fundamental el trabajo encaminado a la automatización de actividades vinculadas al diseño, de ahí las relaciones establecidas con muchas de las empresas productivas que de una u otra forma desarrollan esta labor. El presente trabajo es uno de los logros obtenidos; en el mismo se llevó a cabo la creación de un sistema informático que automatiza el diseño de recipientes sometidos a presión interna (DIREPI).

La sociedad moderna exige a todas las industrias y empresas a nivel mundial la introducción acelerada de las tecnologías automatizadas para la producción y el diseño. Precisamente la dirección de proyectos de sistemas tipo CAD nos guía a la solución de los problemas específicos que frenan la elaboración de productos, o a acelerar los procesos que aún se consideran ineficientes.

DIREPI es una de las soluciones relacionadas con el impulso de un proceso de diseño en la industria productora de recipientes. Su origen está relacionado con la necesidad de automatizar los procesos para el cálculo

de recipientes sometidos a presión interna construidos de acero al carbono y soldados que se emplean en equipos de tratamiento de agua, sistemas hidropresores, contenedores para gas licuado de petróleo y otros. La norma utilizada es referida por la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). Esta necesidad causó la formulación de un pedido por parte de los especialistas del Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica (SIME) para la automatización de los procesos de cálculo que implementa el uso de la referida metodología.

## 2. Composición de un recipiente típico

La composición y forma geométrica de un recipiente pueden ser variables, sin embargo los tipos más comunes de los recipientes diseñados para trabajar con presiones no son muy numerosos.

Un recipiente típico de este tipo pudiera tener la forma representada en la Figura 1 que está formado por dos componentes fundamentales: *casquetes y rolos*.

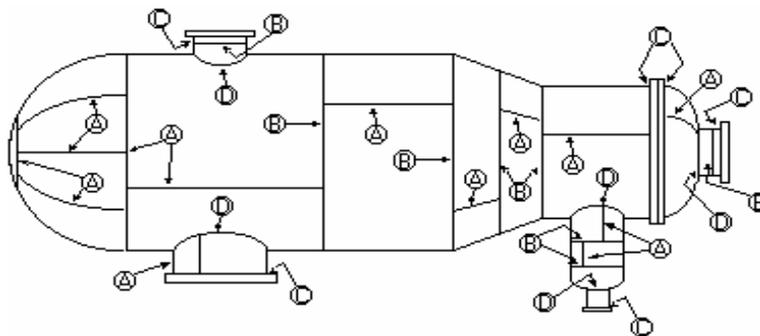


Fig. 1 Esquema de recipiente típico.

Los casquetes son comúnmente llamados tapas o cabezas; estos pueden o no ser iguales y sus formas

geométricas típicas se reducen a cinco casos: *hemisférica, toroesférica, cónica, torocónica y elipsoidal*. (Fig. 2)

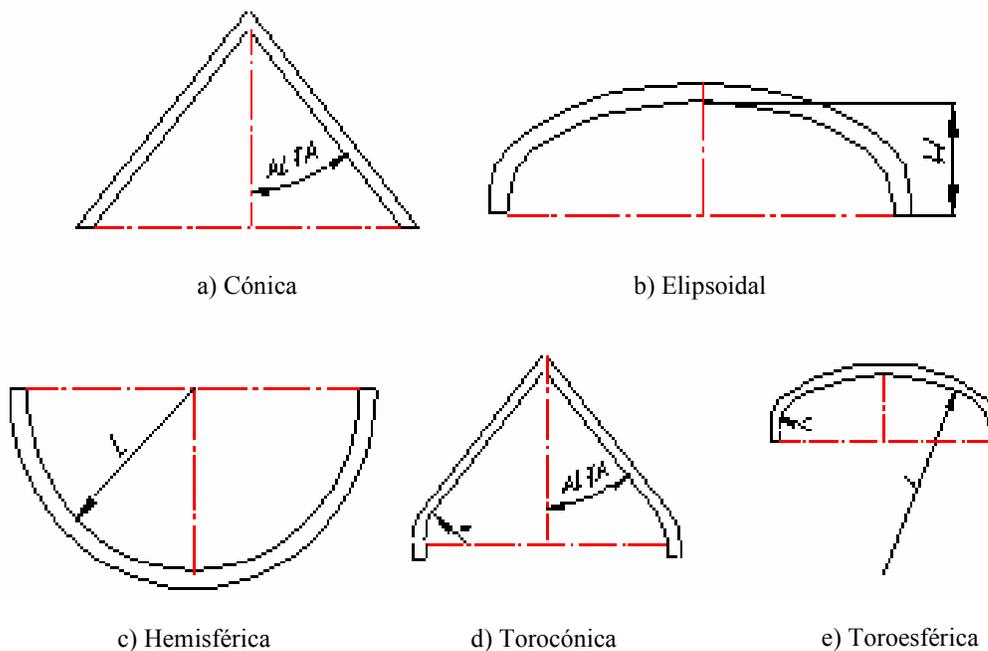


Fig. 2: Diferentes tipos de cabezas

Existen también un sexto tipo de cabezas, las planas, pero estas son muy poco utilizadas en recipientes a presión

Cada componente posee ecuaciones de cálculo diferentes. La solución de estas ecuaciones resuelve la interrogante de cuál es el espesor (t) que debe tener la

plancha con la que se construirá el recipiente para que no se fragmente y estalle [1].

$$t_D = f(\bar{X}, P_D) \tag{1}$$

La ecuación (1) indica que el espesor de chapa (de diseño) es función de la presión de diseño ( $P_D$ ) y del vector  $\bar{X}$  cuyas componentes son la forma geométrica, la tecnología de fabricación (eficiencia de la junta) y las

características del material con que se confeccionará el componente del recipiente [1].

En el proceso de diseño el valor de espesor cuantificado en  $t_D$  puede no estar disponible en la industria, entonces se escoge un valor de espesor ( $t_R$ ) que será la chapa con que se cuenta realmente; para la verificación de seguridad se sustituyen valores en la ecuación 2 [1].

$$P_R = G(\bar{X}, t_R) \quad (2)$$

De la solución de la ecuación anterior al evaluar ( $t_R$ ) se obtendrá la presión real ( $P_R$ ) que soportará el recipiente. Esta presión debe ser mayor o igual que la presión a la que operará el recipiente ( $P_D$ ) [1].

$$P_D \leq P_R$$

DIREPI ofrece la posibilidad de solucionar el problema en su forma directa (teniendo la presión de diseño se obtiene el espesor de chapa) y en su forma inversa (teniendo ya el espesor de chapa que posee el diseñador hallar la presión para la que se asegura el trabajo del recipiente sin riesgos).

### 3. Características generales del sistema

La forma en que el usuario interactúa con DIREPI es muy sencilla y el trabajo del sistema responde al diagrama clásico de solución de problemas utilizando equipos de computo (Fig. 3) [2].

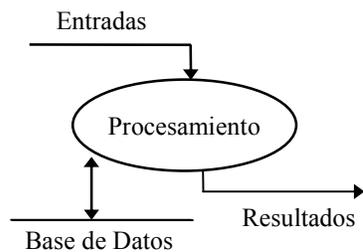


Fig. 3 Diagrama clásico de un sistema automatizado.

pueden ser de acuerdo al resultado que se desea obtener,  $\{X, P_D\}$  o  $\{X, t_R\}$  y el proceso de cálculo se realiza siempre que el usuario lo ordena.

La base de datos con que cuenta el sistema almacena las características del material seleccionado para la confección de un recipiente. Esta representa una tabla de doble entrada cuyas filas identifican a los códigos de los materiales y las columnas a las temperaturas de trabajo del recipiente, en la intersección de fila y columna se localiza el valor del esfuerzo máximo permisible para el material. En estas tablas se pueden agregar, eliminar o modificar valores.

Los resultados pueden ser obtenidos por pantalla o por impresora como se hace típicamente en sistemas de este tipo, obteniéndose un reporte que especifica los pasos y ecuaciones que se utilizan para llegar a los resultados; este documento sirve como memoria de cálculo para el proyecto [1].

Ejemplo No. 1: Reporte de cálculo que emite el sistema:

DISEÑO AUTOMATIZADO DE COMPONENTES DE RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESION INTERNA BAJO LAS CONSIDERACIONES DE LA NORMA ASME DE 1992

Nombre del equipo: Tanque para LPG 1m<sup>3</sup> Código TG1-00M Fecha: 5/02/99

Tipo de Componente: CASQUETE TOROESFERICO

Parámetro calculado: Espesor de diseño.

Presión de diseño..... (P) = 17.5 kgf/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo máximo admisible..... (S) = 17500.0 lb/plg<sup>2</sup>

Tolerancia a la corrosión..... (TC) = 0 mm

Eficiencia de la junta..... (E) = 1

Radio interno de la corona..... (L) = 850 mm

Radio de la rótula..... (r) = 230 mm

En un casquete toro esférico cuando  $r$  es mayor que el 6% de  $L$ , el espesor de diseño se determina como:

$$M = \frac{t^{3 + \frac{L}{1/2}}}{4} = 1.23060$$

Donde:

$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P} = 7.95122 \text{ mm}$$

$$t \text{ con corrosión} = t + TC = 7.95122 \text{ mm}$$

El sistema cuenta además con las opciones de salvar y restaurar datos editados; los archivos creados por DIREPI tienen extensión ".cmp" asociadas a la palabra "componente".

Novedosa para los usuarios con los que ya cuenta el producto, ha sido la posibilidad que brinda el sistema de que tanto datos de entrada como resultados se encuentren expresados en las unidades deseadas. Para el trabajo con unidades, el software posee módulos transformadores de unidades donde todos los datos son convertidos a unidades compatibles antes de realizar el cálculo [2] (Figura 4).

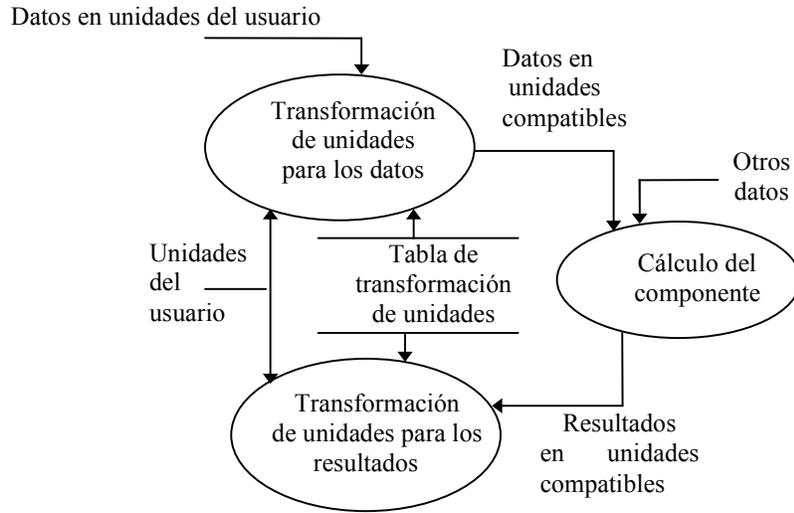


Fig. 4. Diagrama que ilustra el proceso de transformación de unidades.

En cada diseño se realiza una validación minuciosa de valores fuera de rango antes de que se ejecute el cálculo.

El sistema también ofrece la opción de generar un archivo con el código necesario para la confección del esquema del componente utilizando AutoCAD. Este código se obtiene en lenguaje AutoLISP y es muy fácil su ejecución desde el ambiente de AutoCAD. Esta facilidad gráfica permite acelerar el proceso de elaboración de la

documentación para la construcción del componente en cuestión.

La programación de este sistema se realizó en Microsoft Borland Delphi lo que posibilitó utilizar una interface con el usuario con las herramientas que brinda Microsoft Windows [3] como se muestra a continuación (Fig. 5).

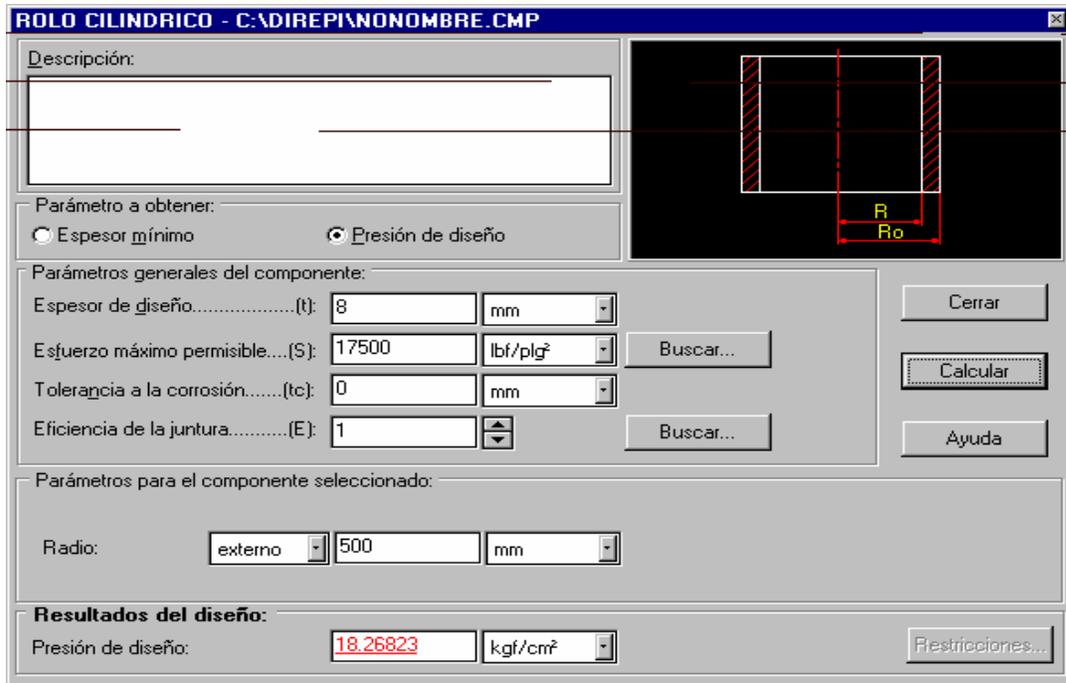


Fig. 5. Pantalla de entrada de datos para calcular un rolo.

Los requerimientos técnicos mínimos para la explotación del sistema son los siguientes:

1. Microsoft Windows 3.1 o superior instalado.
2. 1 MByte libre en disco rígido para la instalación del sistema.
3. Se recomienda, poseer un mouse y una impresora.

#### 4. Conclusiones

Con la implantación de este sistema se obtuvo un resultado positivo, ahorrando un 70% del tiempo de cálculo de un componente de recipiente. El porcentaje de errores de cálculo es nulo y la precisión de los cálculos aumentó considerablemente.

Es importante destacar la aceptación que ha tenido el sistema. Los usuarios con que ya cuenta DIREPI necesitaron un tiempo muy breve para su familiarización con el ambiente que el mismo propone y una vez que han logrado dicho vínculo no sienten necesidad de retornar al viejo método de cálculo (manual).

Además de la importancia económica que brinda el uso del sistema se destaca el beneficio social que este aporta.

Al realizar un mal diseño de un recipiente este puede romperse y consecuentemente provocar daños materiales y en muchos casos la pérdida de vidas humanas.

#### Bibliografía

1. American Society of Mechanical Engineers (ASME). Sección VIII. División 1. U.S.A. 641p.1992.
2. Trujillo, J. M. Metodología de Análisis y Diseño de Sistemas Automatizados (ADESA). La Habana, PCPS (La Habana). 1987
3. Álvarez S. Metodología de Análisis y Diseño Orientada a Objetos (ADOOSI). ISPJAE. 1992.
4. Zamora V., Arbelo J. Tecnología de la Programación. Ediciones ISPJAE, 1986.
5. Hernández A. Álvarez S. Metodología de Análisis y Diseño de Sistemas Manejados por Eventos. Edición Electrónica, ISPJAE, 1995.[6]Anónimo
6. Visual Basic y Delphi frente a frente. PC Magazine..Madrid,España) 86: 221-232, Noviembre, 1995.

---

## DIREPI: System for the resistance calculation of recipients with internal pressure

### Abstract

The work shows the making of a software for the calculation to resistance of steel recipients with internal pressure, it also approaches the advantages that reports having automated the work methodology, the system has a graphic result for AutoCAD that allows to obtain the blueprinters of the components of the designed recipients.

**Key words:** CADD, AutoCAD, design, calculation of recipients.