

# SISTEMA COMPUTARIZADO PARA EL BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN UNA PLANTA CTMP (QUIMIO-TERMO-MECANICA)

*ROJAS G., Orlando J.  
VILLABONA M., Jorge*

*Universidad de los Andes  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química  
Mérida - Venezuela.*

## RESUMEN

Se presenta un sistema de computación que ejecuta balances de materia y energía en una planta de celulosa químio-termo-mecánica.

Para tal efecto se ha dividido el proceso en siete secciones, con las ecuaciones correspondientes.

Con la información sobre insumos o materias primas que introduce el usuario y apoyándose en un banco de datos (que puede ser modificado según el caso particular), el simulador produce una serie de reportes que constituyen una herramienta útil para personas relacionadas con las diferentes actividades productivas.

## SUMMARY

A computer system that calculates mass and energy balances in a chemithermomechanical plant is presented.

The process has been divided in seven parts, each one with the corresponding equations.

With the information of the inlet streams introduced by the user and with the aid of a data base (that can be modified depending on any particular case), the simulator, yields a set of reports that generate a useful tool for people involved with different production activities.

## INTRODUCCION

En una planta química, la experimentación directa posee una serie de desventajas, tales como la interrupción de las operaciones de proceso, difícil reproducibilidad de las condiciones del experimento, alto costo, consumo de tiempo e imposibilidad operacional debido a exigencias de equipos o condiciones particulares.

De este modo, la simulación permite salvar las dificultades anteriores y adicionalmente manipular las diferentes interacciones internas y complejas de un proceso y comprender de forma más sistemática el comportamiento de una planta química.

Un simulador puede ser considerado como un programa de computación que calcula balances de masa y de energía para un sistema de procesamiento.

De acuerdo con los objetivos específicos, el simulador puede incorporar balances de movimiento, análisis de energía, relaciones empíricas, dimensionamiento de equipos y cálculos de costos.

Un simulador puede ser desarrollado para régimen estacionario o para régimen dinámico. Puede ser también específico para simulación de una operación unitaria o un sistema de operaciones unitarias, o ser elaborado para uso general en la simulación de diferentes configuraciones de plantas químicas (general-purpose simulator).

Un problema de simulación de una planta química puede ser visto como la resolución de un gran sistema de ecuaciones que definen el sistema.

Las ecuaciones de simulación son de tres tipos:

-Ecuaciones de modelo, incluyendo modelo de operaciones unitarias de procesos, propiedades físicas y termodinámicas.

- Ecuaciones de conexión, que indican como se ligan las unidades.
- Especificaciones.

Con el abordaje modular, las ecuaciones del modelo de operaciones unitarias son calculadas a partir de una biblioteca de "módulos" o subrutinas. Las diferentes técnicas, modular secuencial, modular simultáneo y global (basada en ecuaciones) difieren fundamentalmente en el abordaje de la resolución de estas ecuaciones.

En el caso particular de las técnicas usadas en ecuaciones, se tienen ventajas como:

- No hay necesidad de atender las corrientes de reciclo.
- Las especificaciones del proceso son ecuaciones simples dentro del sistemas.
- Tiene un elevado potencial para optimización.
- En comparación con el secuencial ofrece mayor velocidad y flexibilidad.

Así mismo posee ciertas deficiencias entre las que se destacan:

- Los tiempos de computación y espacios de memoria pueden ser prohibitivos.
- Dificultad en el análisis de errores cuando éstos surgen.
- Necesidad de buenas estimaciones iniciales.
- Mayor trabajo para construir el ejecutivo.

## **JUSTIFICACION**

Actualmente en Venezuela existen dos proyectos para la instalación de plantas químio-termo-mecánicas y uno que convertirá una instalación ya existente a esta modalidad.

El sistema desarrollado constituye, por tanto, un apoyo que permite abordar las situaciones que se presentan en las etapas de diseño, conversión y simulación en forma eficiente.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general perseguido por el simulador, es lograr una herramienta eficiente en la solución de los problemas de la industria, y en particular el de una planta químio-termo-mecánica.

Es importante resaltar que el simulador no modifica la función del ingeniero de procesos, más si aumenta la calidad de su trabajo, enfocando el análisis con visión creativa y eludiendo cálculos de rutina.

Los objetivos específicos del simulador desarrollado apuntan a tareas como:

- Obtención de información rápida de los diferentes flujos másicos de la planta para su estado estacionario.
  
- Interacción con el operador y posibilidad de ajuste de los valores de las propiedades o constantes utilizadas en los cálculos, lo que permite la adaptación de parámetros de acuerdo a valores específicos de cada planta en particular.

## **BENEFICIOS**

Los beneficios de un simulador como el desarrollado se basan en aplicaciones como:

- Análisis de las variaciones de las diferentes corrientes de la planta debidas a modificaciones en los suministros (análisis de sensibilidad).
- Modificación de proceso y proyectos de expansión.
- Conservación de energía.
- Estudios de eficiencia.
- Monitoreo y verificación de datos operacionales.
- Evaluación de materias primas alternativas.
- Optimización.
- Scale-up de planta piloto.
- Estudios técnico-económicos.

## **CARACTERIZACION DEL SISTEMA**

El simulador ha sido desarrollado para plantas del tipo quimio-termo-mecánicas en régimen estacionario y el abordaje del sistema es del tipo global o basada en ecuaciones.

Como todo simulador de proceso del tipo antes mencionado posee básicamente seis elementos:

- Ejecutivo.
- Lectura y procesamiento de datos.
- Algoritmos de solución.

-Propiedades físicas y termodinámicas.

-Módulos de unidades.

El ejecutivo controla el flujo de información entre las diversas etapas del programa, lee los datos, accesa las propiedades termodinámicas, controla el método de solución y genera los resultados.

El banco de propiedades contiene datos de los componentes, incluyendo constantes físicas y correlaciones para el cálculo de propiedades.

Los módulos de unidades son bloques contentivos de las operaciones unitarias típicas de la planta.

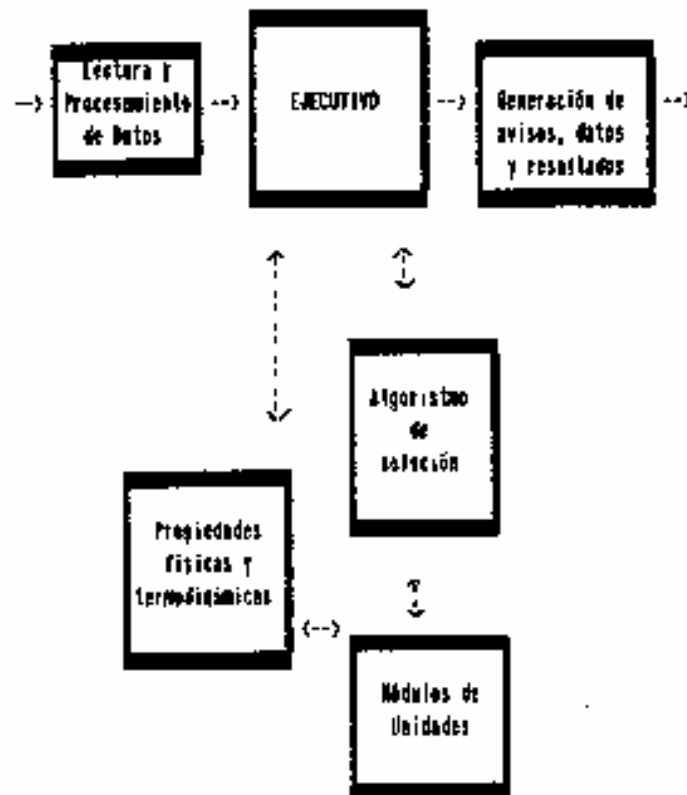


Figura 1

## **LENGUAJE Y SISTEMA**

El sistema fue escrito en lenguaje GW-BASIC dada su versatilidad y potencial para representaciones gráficas. Se usó el sistema operativo MS-DOS implementándose en diferentes computadoras compatibles con IBM.

## **ESTRUCTURA**

El "Sistema CTMP" funciona de modo interactivo con el usuario, para ello muestra diferentes menús de opciones o selecciones.

El menú principal presenta las posibilidades de los balances, para lo cual la Planta químio-termomecánica se ha dividido en las siguientes secciones:

- Sección de manejo de madera.
- Sección de lavado e impregnación.
- Sección de precalentamiento y refinación primaria.
- Sección de refinación secundaria.
- Sección de lavado y clasificación de pasta.
- Sección de blanqueo.
- Sección de tratamiento de rechazos.

Además puede efectuar el balance global y como últimas opciones presenta la posibilidad de:

- Hacer un listado completo de equipos.
- Imprimir un listado completo de las constantes utilizadas.

- Realizar modificaciones al archivo de constantes
- Salir del sistema (ver Figura 2.).



\*\*\*\*\* MENU PRINCIPAL \*\*\*\*\*

- 1.- Balance en Sección de madera
- 2.- Balance en Sección de lavado e impregnación
- 3.- Balance en Sección de precalent. y refinado. Iría
- 4.- Balance en Sección de refinación Iría
- 5.- Balance en Sección de lavado y clasificación de pasta
- 6.- Balance en la Sección de blanqueos
- 7.- Balance en la Sección de tratamiento de rechamos
- 8.- Balance en todas las secciones
- 9.- Listado completo de equipos
- 10.- Listado completo de las constantes utilizadas
- 11.- Modificación del archivo de constantes
- 12.- Salir del Sistema

Escriba su selección

Figura 2

En el caso de escoger una de las secciones, se presenta un sub-menú con los diferentes reportes que puede realizar (ver Figura 3).

SELECCION DE REFINACION Iría

- 1.- Reporte equipo por equipo en pantalla
- 2.- Reporte equipo por equipo en papel
- 3.- Reporte de la Sección por pantalla
- 4.- Reporte de la Sección en papel
- 5.- Reporte de la Sección en papel
- 6.- Regreso a Menu Principal

Escriba su Selección

Figura 3

El direccionamiento a los bloques respectivos está a cargo del ejecutivo, el cual, al comienzo del programa abre cinco archivos de acceso directo con la siguiente estructura:

**Archivo 1 (Datos de Proceso):** en este archivo se almacenan las constantes a utilizar en el program (su valor y unidades); además de su ubicación a través del nombre de la sección, nombre del equipo, símbolo de la constante e identificación de la constante en el programa.

**Archivo 2 (Datos de las corrientes):** en este archivo se almacenan los siguientes parámetros:

- Nombre del equipo.
- Símbolo de la corriente en el balance.
- Identificador de la corriente en el programa.
- Número de componentes de la corriente.
- Número de localidad en el archivo de componentes.
- Descripción de la corriente.

**Archivo 3 (Datos de los equipos):** para la presentación gráfica de los balances se usa la siguiente información:

- Nombre de la Sección.
- Nombre del equipo.
- Código de caja (el cual identifica la configuración del equipo o caja, ejemplo: unión de dos corrientes, separación de corrientes, etc.).
- Número de corriente de entrada.
- Número de corrientes de salida.
- Número de registro en el archivo de corrientes.

**Archivo 4 (Datos de composición):** usado para la identificación de los diferentes componentes de una corriente dada, consta de:

- Nombre del equipo.
- Número de corriente.
- Nombre del componente.

**Archivo 5 (Datos de la planta):** recoge la información general de la planta en cuestión por medio de:

- Nombre de la Sección.
- Número de registro en archivo de equipos.
- Número de equipos en la Sección.

Para mayor velocidad de procesamiento, el contenido de estos archivos al ser leídos por el ejecutivo es asignado a varias matrices.

El ejecutivo, usando los diferentes apuntadores almacenados en los archivos descritos, es capaz de realizar la función seleccionada en el menú respectivo.

El algoritmo de solución está integrado por las ecuaciones obtenidas después de realizar los balances en los diferentes puntos e insertadas en el programa en forma lógica.

Los reportes, tanto en pantalla como en papel, se pueden hacer en forma gráfica, diagramando los distintos equipos o secciones en forma de módulo o caja con las diferentes corrientes representadas mediante flechas con el sentido apropiado.

Para la ubicación en pantalla de los dibujos antes mencionados, se usan coordenadas contabilizadas en la

forma de pixels los cuales están almacenados en dos matrices, así como también utiliza la información que recibe el ejecutivo del archivo 3 de los datos de equipos.

También se desarrolló un programa para graficación, el cual puede ser conectado al Sistema CTMP con el fin de elaborar gráficos de producción, consumo, eficiencia, etc.

### **COMENTARIOS**

En la concepción del simulador se han encontrado muchas dificultades como la falta de información sobre propiedades de materiales complejos como fibras, licores y subproductos (en contraste con otras áreas como la petroquímica), inclusión de corrientes sólidas, líquidas y gaseosas a la vez, etc., por lo cual creemos que se debe hacer mayor estudio e intercambio de conocimientos en este aspecto.

### **CONCLUSIONES**

Aunque existen muchos aspectos por mejorar en el diseño del programa, se ha elaborado un instrumento útil para el ingeniero en las diferentes labores que desempeña en una planta de celulosa químio-termomecánica.

Se demuestra que existe la capacidad de elaborar en nuestro medio sistemas como el presentado, el cual puede ser complementado y adecuado a situaciones específicas.

## BIBLIOGRAFIA

1. CARROL, CHARLES W.: "An operation research approach to the economic optimization of a Kraft pulping process". TAPPI, abril, 43 (4): 1960.
2. CHURCH, D.F.: "Current and projected pulp and paper industry problemas in process control and process modeling". Chemical Process Control, AICHE Symposium series nº 159, 72.
3. DE PEDRO, SANZ JOSE L.: "El proceso al bisulfito para la fabricación de la pasta de papel", Ingeniería Química, abril 1983.
4. RUSHZTON, JAMES D.: "Managment benefits from process simulation: meaninful complet information" TAPPI Journal. Octubre, 1982.
5. "Microcomputer spreadsheet calculations for a bleach plant". TAPPI Journal. Agosto, 1985.
6. BOYLE, T.J.; M.G. TOBIAS: "A kraft mill mathematical model". TAPPI. Agosto. 55 (8): 1972.
7. FERRERIA, LIMA A; P.S. WON; J.M. PINTO: "Simulacao de processos na industria de celulose e papel". Sao Paulo. Brsil, Noviembre 1987
8. CORVINO I., MARCO A.: "Simulação em caldeira de recuperacao". XXI Congreso anual de celulosa y papel de la ABCP, Sao Paulo-Brasil. Noviembre, 1988.
9. NELMS, M.C.: "Recausticizing material balance using an electronics spreadsheet". TAPPI. 68 (10): 132, 1985.
10. CHANDRA, S. y A.G. KIRKMAN: "Macros and energy balance in a blow heat recovery system". TAPPI. 68 (10): 118, 1985.
11. MARTINEZ, PATRICIO: "Simulación de un sistema de evaporadores". Concepción-Chile. Celulosa y papel. 4 (1): 21, 1988.
12. PARES P., JOSE y SANCHEZ, Iván: "Simulador de proceso para la industria de celulosa y papel".

Concepción-Chile. Celulosa y Papel. 4 (4): 23, 1988.

13. BANOMI, ANTONIO (Ed.): "Conservação de energia na industria de celulosa e papel" . CNP-FINEP-IPT-Sao Paulo, Brasil. 1985.
14. HENLEY, E. (Editor): "Computer programs for Chemical Engineering Education". Universidad de Houston, 1972.