

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

En este libro se intentó presentar en una manera amena pero rigurosa una introducción a la Simulación Dinámica de Procesos de Tiempo Real. Para ello se empleó un Simulador Específico, el HTST 1.0, diseñado para un proceso de pasteurización HTST. Este simulador permitió demostrar la utilidad de la Simulación Dinámica para el estudio de transientes, tema en el que los estudiantes de ingeniería tienen pocas oportunidades de ahondar sin este tipo de herramientas.

Además, el simulador HTST incorpora características que no son frecuentes en otros simuladores como son: la simulación de ruidos, de fallas, una interfaz interactiva que imita una sala de control, y el procesamiento en Tiempo Real. Estas características hacen del simulador HTST 1.0 una excelente herramienta para el entrenamiento de operarios y estudiantes de Ingeniería Química. En efecto, al contar con una interfaz interactiva que imita todos los detalles de una sala de control, el operador o estudiante tiene la oportunidad de practicar las acciones que luego ejecutará en el proceso real. Además, la operación del Simulador de Tiempo Real permite que el operador se familiarice con el tiempo de respuesta del proceso. La simulación de ruido es otro elemento que

aporta mayor realismo y que obliga al operador a agudizar sus observaciones a fin de determinar valores o tendencias de las variables. Finalmente, la simulación de falla ofrece una oportunidad única para entrenar al operador en el manejo de situaciones inesperadas. En este sentido, el simulador es insustituible ya que no se pueden provocar fallas en el proceso real para entrenar al operador sin elevar los costos de producción y aumentar la probabilidad de accidentes. Tampoco es del todo conveniente recurrir a un operador “experto” para que transmita su experiencia al nuevo operador, ya que la experiencia del primero se limita únicamente a las situaciones que enfrentó, además la transmisión siempre será incompleta, el nuevo operador no entenderá todo, asimilará algunos conceptos erróneos y al no haber vivido las mismas experiencias pronto olvidará lo poco que aprendió.

Los simuladores como el descrito no sólo pueden ser utilizados en el entrenamiento sino que también pueden hacer grandes aportes en el diseño, la determinación de las condiciones de operación, y la formulación de los procedimientos de arranque, parada y emergencias. También sirven para determinar la instrumentación, sistemas de alarmas y configuración de la mesa de control óptimas. Esto se lleva a cabo en base a estudios para determinar cuáles son los instrumentos necesarios para poder

supervisar con éxito el proceso desde el arranque hasta la parada, incluyendo las situaciones que puedan presentarse debido a fallas de equipos. La instrumentación del proceso debe contar con todos los elementos necesarios para permitir una adecuada supervisión del mismo, pero no debe ser exagerada porque los costos aumentarían innecesariamente, la nueva información sería redundante y se correría el riesgo de abrumar al operador. La colocación de alarmas debe seguir el mismo criterio, suficientes para alertar al operador pero sin aturdirlo. En cuanto al desarrollo de procedimientos de operación, es una tarea que se puede llevar a cabo de una manera similar a la que se presentó en el capítulo anterior.

Se ha mencionado ya el importante rol que puede desempeñar la simulación en el entrenamiento de operadores, no menos importante es su papel en la formación de nuevos profesionales. En este campo el simulador puede ser utilizado para realizar todas las tareas que ya se discutieron: entrenamiento para supervisión, diseño, determinación de la instrumentación y sistema de alarmas, determinación de procedimientos óptimos de operación, etc.. Sin embargo, el simulador puede ser utilizado para adquirir experiencias que van más allá del proceso simulado. Un ejemplo de este tipo de experiencias es la que adquiere el operador al

enfrentar situaciones de fallas de equipos, donde, luego de realizar una serie de pruebas, se convencerá que en algunos casos la mejor “acción” es no hacer nada y dejar que el proceso evolucione por sí mismo.

Los Simuladores Dinámicos de Tiempo Real como el HTST 1.0 ofrecen la oportunidad de realizar un gran cambio en el sistema de enseñanza de las ingenierías. Este cambio ya propuesto en libros como “La familia conectada” (Papert, 1997) se orienta hacia un modelo donde el aprendizaje se realiza por “experiencia propia”, tal como lo hacen los niños sabiendo que a esa edad es cuando más y mejor se aprende. Los Simuladores Dinámicos de Tiempo Real hacen que lo que antes era simplemente imposible, ahora esté al alcance de todos los estudiantes: la posibilidad de explorar por ellos mismos las plantas químicas y redescubrir los principios fundamentales que las gobiernan. Esta experiencia les hará comprender el por qué de algunas teorías, métodos, procedimientos, ciencias, despertando su interés en ampliar sus conocimientos recurriendo a libros, profesores, o quizás otros simuladores.

Las universidades pueden disminuir notablemente sus costos y aumentar simultáneamente la calidad de enseñanza al utilizar los simuladores como

paso previo al empleo de los laboratorios y plantas pilotos. Al proceder de esta forma, el estudiante tiene la oportunidad de explorar libremente el proceso a operar o el experimento a realizar, y puede practicar hasta encontrar por sí mismo la mejor forma de proceder sin tener que memorizar una guía que contiene una de las tantas “recetas” posibles. De esta manera, cuando el estudiante opera el proceso real o realiza el experimento real tiene la confianza y destreza que brinda la “experiencia”. Esto significa que no se desperdiciarán drogas, que no se perderán ciclos de operación de la planta piloto, que los riesgos de accidentes provocados por errores serán mínimos, y que el tiempo de utilización de laboratorios y plantas será notablemente reducido. Por otro parte, el estudiante aprovechará al máximo este tiempo a la vez que la calidad y la cantidad de conocimientos adquiridos aumentará drásticamente. La reducción de los costos de operación y mantenimiento de los laboratorios y plantas pilotos posibilitará que los fondos ahorrados puedan utilizarse para otros fines como ser: actualización del material bibliográfico, contratación de cursos de perfeccionamiento, investigación, etc..

Para que este cambio se realice se requiere una decisión política. La mayoría de las universidades cuentan con un laboratorio de informática. Las máquinas ya están, sólo hace falta el *software* adecuado y ésto a

priori puede ser considerado como un escollo. Sin embargo, éste es un elemento más a favor del cambio. En efecto, este *software* puede ser generado en las mismas universidades, y la realización de semejante proyecto necesariamente las enriquecerá desde el punto de vista científico. Son las universidades pequeñas y con pocos recursos las que posiblemente estén obligadas a dar el primer paso a fin de compensar la falta de elementos de laboratorios o de una planta piloto, y lo que al principio harán por necesidad y sin convicción pronto las colocará en la vanguardia dejando muy atrás al resto. Ojalá que este libro haya logrado sembrar en el lector la inquietante semilla del cambio para que participe activamente en la concreción de ese primer paso.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Amiot J., 1991, “Ciencia y Tecnología de la Leche”. ACRIBIA, España.

Charte F., 1996, “Programación Avanzada con Delphi ”, ANAYA MULTIMEDIA, Madrid.

Charte F., 1996, “Programación Avanzada con Delphi 2.0”, ANAYA MULTIMEDIA, Madrid.

Cheftel, Jean Claude, Cheftel Henri y Pierre, Besancon, 1992, “Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Volumen II”, ACRIBIA, España.

Creus A., 1987, “Simulación y Control de Procesos por Ordenador”, MARCOMBO S.A., Barcelona.

Creus A., 1989, “Simulación de procesos con PC”, MARCOMBO S.A., Barcelona.

Finch F.E., Oyeleye O.O., Kramer M.A., 1990, “A Robust Event-Oriented Methodology for Diagnosis of Dynamic Process Systems”. *Comput. chem. Engng.* **14**(12), 1379-1396.

Gould H., Tobochnik J., 1996, “An Introduction to Computer Simulation Methods. 2nd edition”, ADDISON-WESLEY, USA.

Hall H. S., 1976, “Fabricas Lecheras Experimentales Estandarizadas”. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Programa Cooperativo de Industrias. Colección FAO. Roma.

Himmelblau, O.M., 1987, “Fault Detection and Diagnosis in Chemical and Petrochemical Process”, ELSEVIEN, Amsterdam.

Huebner K., Thornton E., Byron T., 1995, “The Finite Element Method for Enginners. Third edition”, JOHN WILEY & SONS, Canada.

Husain A., 1986, “Chemical Process Simulation”, JOHN WILEY & SONS, New York.

Kramer M.A., (1987), "Malfunction Diagnosis using Quantitative Models with Non-Boolean reasoning in expert systems. *AICHE J.* **33**, 130-140.

Luyben W.L., 1973, "Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers", MC GRAW-HILL, New York.

Papert S., 1997, "La Familia Conectada", EMECÉ EDITORES S.A., Buenos Aires.

Rose P., 1990, "A Model Based System for Fault Diagnosis of Chemical Process Plant", M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston.

Tarifa E.E., 1995, "Diagnosis en plantas químicas complejas: Plantas de grandes dimensiones y Procesos Batch", Tesis doctoral, UNL, Santa Fe.

Tarifa, E.E. and Scenna, 1995, N.J., "A Fault Diagnosis Prototype for a Bioreactor for Bioinsecticide Production". *Reliability Engineering & System Safety*, **48**, 27-45.

Umeda T., Kuriyama T., O'Shima E. & Matsuyama H., 1980, "A graphical approach to cause and effect analysis of chemical processing systems". *Chem. Engng. Sci.*, **35**, 2379-2388.

Warner, James N., 1989, "Principio de la Tecnología de Lácteos". AGT Editor S. A., México.

Internet

<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/home.html>

<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/pasteurization.html>

<http://www.foodsci.uoguelph.ca/deicon/basic.html>

<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/home.html>

Indice

A

- Activación de Fallas
 - cuadro de fallas, 90
 - secciones, 90
- Activación de Ruido
 - estado estacionario, 88
 - lecturas oscilantes, 88
- Ajuste de controlador
 - Kc y Ti, 86
 - Sensibilidad, 85
- Ajuste de Controlador, 85
 - solución, 101
- Alarma, 21, 61, 72, 73, 81, 95
- Análisis, 21
 - causa-efecto, 71
 - Puesta en Marcha, 104
- Aplicaciones, 15
 - Simulador Dinámico, 59
 - Simulador HTST, 79

B

- Barra
 - Botones, 63
- Bibliografía, 133
- Bomba, 52, 80, 114
 - apagado, 83, 104
 - Apagado, 103
 - B1, 50
 - Capacidad, 53
 - falla, 93
 - fallas, 67
 - presión, 115
 - Tipo, 52
- Botón

- Esperar, 63
- Estabilizar, 64
- Fallas, 66
- Iniciar, 63
- Ruidos, 65
- Simular, 64

C

- Caudal
 - alimentación, 19, 31, 34
 - constante, 115
 - recirculación, 108
- Computadoras, 13
- Conclusión, 125
- Control
 - de nivel, 19, 31
 - Mesa de, 73
 - Panel de, 59
- Controlador, 20, 22
 - CT, 51
 - Set point, 74
- Corriente
 - de alimentación, 33
 - lecha pasteurizada, 50
 - leche, 50
- Cuadro de Fallas, 66, 67, 91
- Cv, 34

D

- Dinámico, 9
 - comparación, 15
 - definición, 16
 - usos, 21
- Divisor
 - D1, 52, 56

E

Ejemplos, 18, 104
Equipo, 9, 15, 19, 50, 51
 características, 52
 parada de, 98
 puesta en marcha, 79
Error, 21, 67, 129
Estacionario, 14, 15, 20
 régimen, 64
Estado, 13
 estacionario, 14, 20, 53, 93
 final, 14
 inicial, 13, 63, 82
 intermedio, 15
 normal, 34
 variables de, 87

F

Falla, 19, 33, 66, 67
 activación, 96
 lista de, 67
 secciones, 91
Figuras, 19, 39, 51, 62, 66, 69, 74, 75,
 82, 83, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 97,
 106, 109, 110, 112, 115, 116, 118,
 120, 121, 122
flow sheet, 71
Flow Sheet, 60, 61, 71

G

Ganancia, 102
Gráfica, 17, 73

H

HTST, 16, 30, 38, 50, 59
 características, 18
 pasteurización, 50
 simulador, 93, 125

Simulador, 27
 sistema, 59

I

ICC, 52, 54, 63, 74, 76, 99, 103
ICE, 51, 52, 54, 63, 75, 82, 104, 120
Indicador, 60, 61, 88
Informática
 laboratorio, 129
Iniciar, 63, 72, 80, 84, 89, 104
Instalación, 59, 60
Instrucciones
 manual de, 59
Instrumento, 71
 panel de, 72, 74, 81, 85
Interactivo, 18
Intercambiador de calor, 50
Intercambiador de Calor
 calentador, 53
 enfriador, 54
 precalentador, 53

K

Kc, 74, 85
 ajuste de controlador, 89
 solución, 102

L

Leche
 acidez, 44
 composición química, 41
 conductividad eléctrica, 49
 conductividad térmica, 49
 densidad, 45
 homogeneización, 43
 índice de refracción, 49
 Pasteurización, 37
 punto de ebullición, 45

viscosidad
Fórmula de Andrade, 48

M

Manual
control, 55, 63, 82
de instrucciones, 59
del usuario, 17
Marcha
puesta en, 13, 55, 79, 84
solución, 100
Mensaje, 75, 76, 83
Menú
barra, 60, 62
principal, 63
ayuda, 70
Mezclador, 73
M1, 52, 105, 110
Modelo, 13, 128
dinámico, 29

N

Nociones
pasteurización de leche, 37

O

Objetivo, 18, 79
temperatura, 102
Operación, 63
condición de, 27
costo, 29
simulador, 125
Operador, 14, 55, 80, 122
entrenamiento del, 21
Optimizar
diseño, 27
puesta en marcha, 84

P

Panel de control, 59
Panel de Control
figura 11, 86
Parada, 13, 122
de equipo, 98
solución, 103
Parámetro, 33
Cv, 34
Kc, 74
Ti, 74
Pasteurización
de leche, 37
esquema, 51
HTST, 38, 50
Pasteurizador
HTST, 30
tubo, 52, 55, 118
función, 119

PC

potencia, 65
tiempo, 64
Perturbaciones, 27
Planta química, 90, 97
Programa, 16
computadora, 13
dinámico, 9
ejecución, 60

Q

Quemada
leche
mensaje, 75

R

Registrador, 61
lineas de tendencia, 93
variables, 74

Rótulo, 71, 80, 99

Ruido, 21

botón, 65

característica, 30

externo, 31

interno, 31

S

Simulación, 63

Dinámica, 9

Dinámica

aplicación, 27

Dinámica

ventajas, 28

Estacionaria, 27

Tiempo Real, 18

Simulador, 17, 29

Características, 18

de Tiempo Real

características, 33

funcionando, 62

HTST, 27

aplicaciones, 79

ventajas, 9

Software, 129

Solución

Ejemplos, 100

Soluciones, 100

Stress, 13, 17, 93

T

Tablas, 41, 46, 48

Tanque, 19

Temperatura, 72, 75

Controlador, 52, 55

pasteurización, 38

tiempo, 27

Tiempo, 17

Activación, 68

pasteurización, 55

proceso, 65

Real, 9, 17, 18, 27

Simulador, 28

U

Usuario, 17, 27, 84, 93

V

Válvula, 52, 56

descarga, 34

fallas, 68

V1, 20, 51

Velocidad

cálculo, 29, 65

registrador, 61

X

X, 20, 22, 63, 75

Z

Zoom

significado, 64