

Revista Intelligence
Noviembre de 1994.
Páginas 5-6-7.

Revista Network News Line
Noviembre 1994.
Página 4.

Biblioteca Departamental de Cali
Periódico "El Tiempo", Sección informática.
Diciembre 19 de 1994.
Octubre 3 de 1994.

Revista Diners
Año XXX N° 287.
Febrero de 1994.

Revista Innovación y Ciencia
Volumen 3 N° 4.
Año 1994.

Revista Muy Interesante
Año 1993 N° 93.
Junio 15.

UNA SOLUCION ASISTIDA POR COMPUTADOR A PROBLEMAS EDUCATIVOS ASOCIADOS CON EL TEMA METODOS DE TRABAJO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

MARIA EUGENIA VALENCIA

Ingeniera Electricista y Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Valle. Profesora Titular del Departamento de Ciencias de la Computación y Directora de la Línea de Investigación y Desarrollo de Software Educativo en la Universidad del Valle.

JAIME FELIPE MUNERA

Ingeniero Industrial de la Universidad del Valle. Director de la Unidad de Sistemas de la Oficina de Planeación. Universidad del Valle.

RESUMEN

Este documento contiene los aspectos más importantes de un trabajo de investigación realizado en la Universidad del Valle con el propósito de ofrecer una alternativa de solución, apoyada en el computador, a un problema educativo detectado en el proceso de formación de ingenieros industriales, concretamente, en el curso *Métodos de Trabajo*. En él se presentan las características del curso, el problema de investigación formulado y su justificación correspondiente. También, el marco educativo y la metodología de desarrollo utilizada; lo mismo que los resultados obtenidos, en términos de necesidades educativas y causas posibles de los problemas detectados, alternativas de solución por temas, identificación y recomendación de software, existente en el mercado, para ser utilizado

como herramienta de apoyo y, características de dos materiales educativos computarizados (SEPTEBAL y PROBANCO), desarrollados como parte de la investigación.

INTRODUCCION

La Universidad del Valle contempla como parte de la formación del Ingeniero Industrial, el curso *Métodos de Trabajo*.

Este curso tiene como objetivo "Suministrar a los estudiantes los conocimientos necesarios sobre las diferentes técnicas de dirección para aumentar la productividad en una empresa (entendiendo productividad como la medida del rendimiento del trabajo en relación con los resultados del mismo y los recursos utilizados para llevarlo a cabo), la creación del manual de métodos y procedimientos y lo concerniente al

equilibrio de producción, que es un conjunto de procedimientos y herramientas para la optimización del uso de recursos (maquinaria, materiales, mano de obra y métodos de trabajo)». [Gómez, 1992]

El proceso de enseñanza del curso *Métodos de Trabajo* se ha fundamentado básicamente en exposiciones magistrales y, en ocasiones, formulación de algunos problemas para ser solucionados por los estudiantes; la lectura de artículos relacionados con el curso, para su posterior exposición, la realización de un trabajo de aplicación de los conocimientos adquiridos en una empresa de la ciudad y el desarrollo de talleres y prácticas, previamente definidos, dirigidos por un monitor. Aunque se ha tratado de salvar la parte de ejercitación y práctica de los temas, la programación horaria no permite la intensidad deseada por los autores del nuevo plan y los temas no se abarcan plenamente; por otra parte, el trabajo de aplicación presenta graves dificultades, de acuerdo con el monitor del curso, cuando se pretende aplicar la conceptualización teórica a problemas reales diferentes a los modelos previamente estudiados.

De manera general, en el curso *Métodos de Trabajo* se deben abordar dos temas fundamentales:

- El estudio del trabajo: Definido como el diseño de técnicas para el estudio de métodos y medición del trabajo mediante lo cual se asegura el mejor aprovechamiento posible del factor humano y los materiales para llevar a cabo una tarea determinada.
- Medición del trabajo: Entendida como la aplicación de técnicas para determinar el contenido de trabajo de una tarea dada, fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo siguiendo una norma de rendimiento preestablecida.

Adicionalmente, la evolución permanente de las técnicas y métodos de producción (área principal del curso de *Métodos de Trabajo*) exige flexibilidad y visión prospectiva de los instrumentos educativos para el aprendizaje del curso.

De acuerdo con la opinión de los docentes y de algunos estudiantes, el curso presentaba fallas en su efectividad relacionadas con el enfoque de Enseñanza-Aprendizaje utilizado. Concretamente, el aprendizaje dirigido por el docente no explotaba las posibilidades de complementación, ejercitación y práctica que podrían ofrecerse mediante la adición de mecanismos que permitan un aprendizaje autodirigido o dinámico. Se configuraba, pues, un problema de investigación para resolver, que enunciamos así:

"Algunos de los temas del curso Métodos de Trabajo presentan dificultades desde el punto de vista educativo, las cuales se manifiestan como complejidad de algunos temas, falta de motivación de los estudiantes frente a algunos temas y falta de cobertura y énfasis en temas relevantes".

Como solución, se desarrolló un sistema de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo, con la ayuda del computador.

Llevar a cabo esta labor representó invertir esfuerzos en varios frentes: uno de ellos fue el de la elaboración de un diagnóstico del estado actual de la metodología de Enseñanza-Aprendizaje utilizada en el curso *Métodos de Trabajo* para determinar las áreas clave del curso con insuficiencias educativas. El segundo frente fue el desarrollo mismo de un sistema de apoyo, asistido por computador, al proceso de enseñanza-aprendizaje del curso mencionado. Tal sistema está conformado por herramientas computacionales y ambientes de enseñanza-aprendizaje para las mismas, basadas en productos de software existentes en el mercado y por dos mate-

riales educativos computarizados (MECs): PROBANCO y SEPTEBAL, desarrollados como parte de la investigación.

JUSTIFICACION

El curso *Métodos de Trabajo* que ofrece la Universidad del Valle, ha sido evaluado y reevaluado varias veces con el fin de encontrar soluciones concretas a los problemas de falta de cobertura del contenido y escasa complementación práctica de temas que son definitivamente de aplicación práctica. Adicionales a ello se encuentran opiniones típicas de los estudiantes que vieron el curso, tales como "los temas son aburridos, y no se enseñan dentro de un contexto real", es decir, en algunos casos no saben para qué servirán tales temas, y si existe su aplicación práctica, por qué es tan difícil visualizarla. Una de las soluciones de mayor acogida para la complementación práctica y experimentación en el proceso educativo, se encuentra en el uso de materiales educativos computarizados, cuya ventaja, con respecto a otros tipos de solución para problemas similares, se fundamenta en la interactividad que genera el uso del computador y en la ayuda que la imagen, el color, y la animación brindan a estos fines. Tales atributos audiovisuales, combinados con las tecnologías educativas apropiadas, posibilitan el llevar a la práctica los enfoques algorítmico y heurístico o una combinación de ellos, como metodología diferente a los modelos de enseñanza-aprendizaje centrados en el docente. Un sistema como el mencionado, permitiría elevar los niveles de motivación del estudiante hacia el curso, facilitando que adopte una posición más activa frente a él.

MARCO EDUCATIVO

Entre las actividades del diseño educativo de un material educativo computarizado, se encuentra el proceso de adopción o adaptación de alguna de las teorías de enseñanza-aprendizaje

(conductismo, cognoscitivismo, entre otras). No obstante, las características del problema hacían pensar que un matrimonio entre el proyecto y una sola de las teorías analizadas sería insuficiente o quizá ineficaz. Se tomó, por ello, la decisión de articular eclécticamente una serie de conceptos que, a nuestro modo de ver, conformaran un conjunto más adecuado. La labor de articulación de conceptos educativos arrojó como resultado la asimilación de los siguientes principios del enfoque conductista, del cognoscitivista y del conductista-cognoscitivista: [Galvis, 1991]:

- Lo motivante de una situación de aprendizaje es su relación íntima con los objetos de interés del aprendiente.
- Una buena forma para propiciar el aprendizaje es generar ambientes diferentes y materiales textuales y audiovisuales muy ricos.
- Un individuo aprende o modifica su manera de actuar de acuerdo con las consecuencias de sus actos (refuerzos), siendo mayor la probabilidad de repetición de un acto cuando el refuerzo es inmediato.
- El aprendizaje programado, en la práctica, puede ser eficaz.
- La ejercitación y la práctica de situaciones específicas, puede incrementar la posibilidad de situar el contenido de tales situaciones en la memoria a largo plazo, permitiendo el acceso a tales conocimientos en ocasiones futuras.
- El conocimiento tiene lugar cuando se lleva a cabo una acción sobre los objetos. (Interacción sujeto-objeto).

METODOLOGIA

La metodología de desarrollo puede resumirse en una secuencia de siete etapas: Investigación preliminar (bibliográfica), Investigación y priorización de las necesidades educativas del curso, Análisis de resultados, Identificación y

recomendación de software existente, Desarrollo de materiales educativos computarizados (MECs), Creación de ambientes de aplicación y Publicación de resultados [Manotas, 1993]. Su secuencia lógica de ejecución se muestra en la Figura 1.

La metodología de diseño adoptada para el desarrollo de la investigación, se basó en una adaptación del enfoque propuesto por Alvaro Galvis Panqueva [Galvis, 1991] del modelo de Deryn Watson [Watson, 1987] y nuestros propios aportes.

Watson insiste mucho en que el punto de partida para un buen modelo de Enseñanza-Aprendizaje apoyado en el computador es la conformación de un equipo multidisciplinario e interdisciplinario, de manera que se fomente una permanente interacción de las diversas partes, considerando todos los aspectos involucrados en un MEC: áreas de contenido, metodología de diseño, esquemas de programación, posibles usuarios y características educativas y de aprendizaje. De esta forma, en el desarrollo del proyecto se buscó incorporar personas de las áreas antes mencionadas.

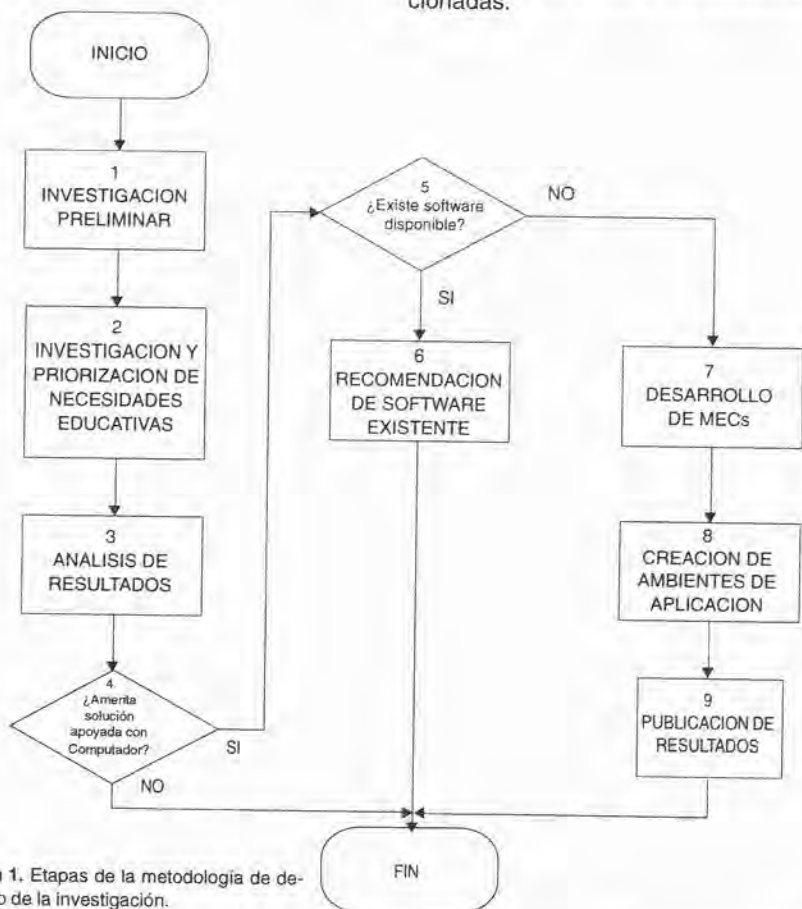


Figura 1. Etapas de la metodología de desarrollo de la investigación.

Fuente: Manotas, Diego y Múnera Jaime. *Sistema de apoyo asistido por computador al proceso de Enseñanza-Aprendizaje del curso "Métodos de Trabajo"*. 1993. pág. 80

Conformado el equipo del proyecto, el paso siguiente fue definir los mecanismos de recolección de información, al igual que la forma de analizarla, esto con el fin de establecer de manera precisa el conjunto de problemas y necesidades encontrados en el curso *Métodos de Trabajo*.

Muchas de las técnicas y procedimientos para identificación de estas necesidades se utilizaron con base en los puntos descritos por Galvis Panqueva, como: encuestas con los estudiantes y entrevistas con los docentes, pero involucrando otro segmento considerado de importancia en este caso, puesto que podría aportar elementos en torno a la utilización práctica de los conocimientos del curso: los egresados de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle. La etapa de análisis de los resultados se orientó desde dos perspectivas: una cuantitativa, tendiente a priorizar los problemas mencionados y otra cualitativa en la cual se indagaron las posiciones de los diferentes agentes involucrados en el proceso educativo del curso *Métodos de Trabajo*.

Las herramientas de análisis utilizadas en la metodología del presente proyecto son de carácter estadístico (Análisis de Pareto) y de opinión (Análisis Multicriterio). Vale la pena resaltar que ninguna de estas técnicas estaba contemplada en los modelos de desarrollo de EAC propuestos por Watson y Galvis Panqueva [Manotas, 1993].

Definidas las necesidades educativas por solucionar, se contempló, inicialmente la etapa de recomendación de he-

rramientas computacionales existentes, ya que éste fue uno de los objetivos del proyecto, con el fin de no duplicar esfuerzos. En segunda instancia, el diseño de MECs, para lo cual se adoptó el ordenamiento propuesto por Galvis pero sin profundizar en todos los puntos que éste expone. En esta etapa del proyecto, los puntos propuestos por Watson se incorporan en términos de recomendaciones puesto que no constituyen en sí mismos una metodología rígida.

Posterior al diseño de los MECs, se contempló en el proyecto la creación de ambientes de aplicación para los materiales diseñados, ya que de ello depende en buena parte la efectividad de los mismos. El objetivo de esta etapa no fue constituir entornos de aplicación muy rígidos, sino formular posibles escenarios de utilización, siempre en procura de lograr el máximo provecho del material, lo mismo que los objetivos de aprendizaje propuestos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se refieren fundamentalmente al análisis de necesidades educativas y posibles causas de los problemas detectados, las alternativas de solución por temas, la identificación y recomendación de software existente y el desarrollo de dos materiales educativos computarizados.

ANALISIS DE NECESIDADES EDUCATIVAS

Para realizarlo, se consideró el contenido del curso de *Métodos de Trabajo*, agrupado por afinidad como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Organización de los temas del curso por afinidad.

| Sección | Tema |
|-------------------------------------|--|
| Producción y productividad | 1. Conceptos básicos sobre sistemas de producción. 2. Productividad como medida del desempeño. 3. Productividad del trabajo. |
| Métodos de trabajo | 4. Procedimientos para la solución de problemas. 5. Estudio del trabajo. 6. Estudio de métodos de trabajo. 7. Análisis de procesos. 8. Flujo de materiales y personas. 9. Diagramas hombre-máquina. 10. Análisis de operaciones. |
| Medición del trabajo y aplicaciones | 11. Introducción a la medición del trabajo. 12. Estudio de tiempos con cronómetro. 13. Valoración del trabajo. 14. Determinación de suplementos y tiempo estándar. 15. Sistemas de tiempos predeterminados. 16. Muestreo de trabajo. 17. Balance de línea. 18. Conceptos de Justo a Tiempo. |

Fuente: Manotas, Diego y Múnera, Jaime. *Sistema de apoyo asistido por computador al proceso de Enseñanza-Aprendizaje del curso "Métodos de Trabajo"*. 1993. pág. 97

Para llevar a cabo un diagnóstico veraz de la situación del curso en cuanto a sus necesidades o insuficiencias educativas, fue necesario realizar la investigación en tres frentes: el de los estudiantes recientes del curso, quienes tenían inquietudes y críticas frescas con respecto al mismo; el de los profesores del curso y el de los egresados que en ese momento se desempeñaban en el área de métodos de trabajo, ya que si alguien podía dar testimonio de la aplicabilidad práctica del curso, eran ellos.

El mecanismo utilizado para la recolección de información de los estudiantes fue una encuesta en la que se pedía consignar las opiniones en cuanto a complejidad de los temas del curso, nivel de tedio de los mismos, falta de cobertura o necesidad de mayor énfasis. Los siguientes diagramas de Pareto (Figuras 2 a 5), uno por cada una de las categorías anteriores, muestran el resultado general de la encuesta. El número de las barras corresponde al tema en la Tabla 1 y cada barra tiene la altura correspondiente al porcentaje asignado por los estudiantes.

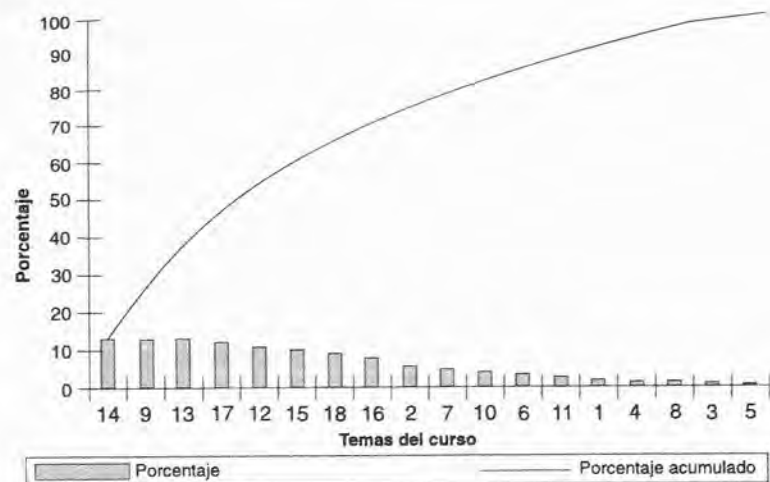


Figura 2. Diagrama de Pareto: Pregunta 1: *Complejidad de los temas.*

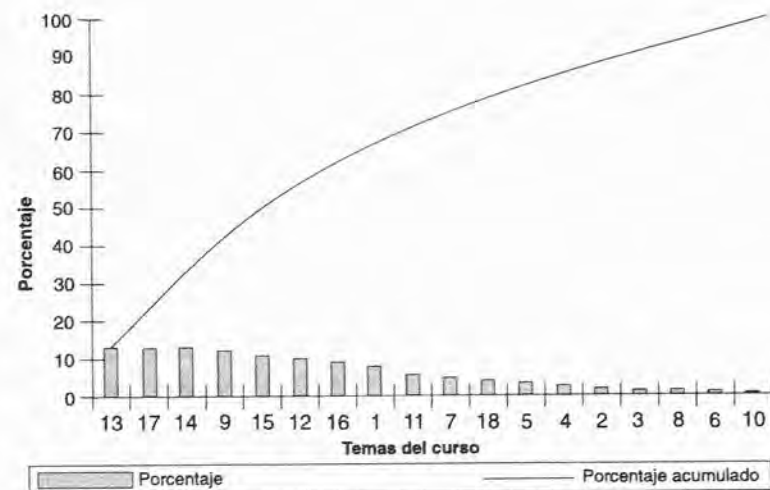


Figura 3. Diagrama de Pareto: Pregunta 2: *Temas tediosos.*

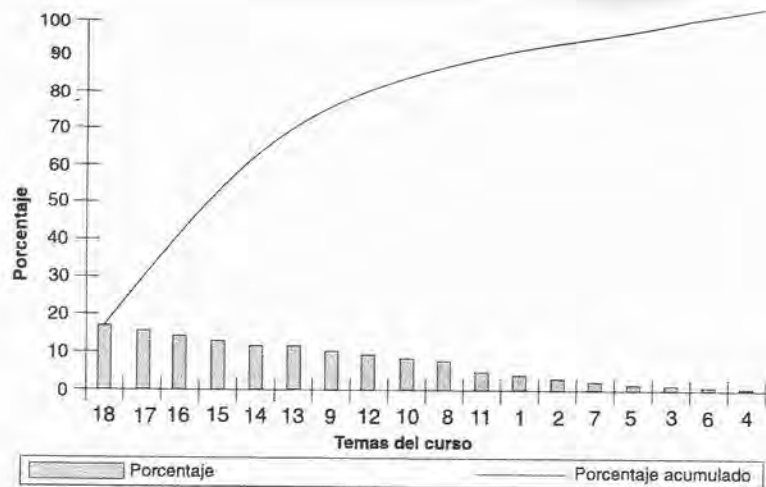


Figura 4. Diagrama de Pareto: Pregunta 3: Falta de cobertura.

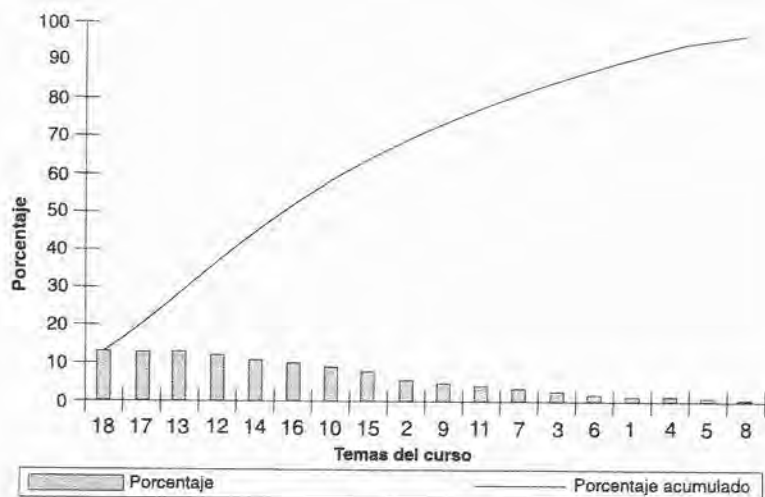


Figura 5. Diagrama de Pareto: Pregunta 4: Necesidad de énfasis.

En cada uno de los gráficos de Pareto, las barras se encuentran dispuestas de manera descendente y la línea ascendente representa el porcentaje acumulado de las barras. Con ello puede observarse cuáles de los temas

(barras) son de mayor importancia en cada pregunta (cuando la línea ascendente alcanza el 80%, las barras anteriores corresponderán al 80%), y cuáles temas no aportan mayor relevancia al problema que se cuestiona (aproximadamente 20% de aporte al problema en cuestión).

Así, pues, un proyecto de mejoramiento deberá enfocarse en esos temas (los de las barras más grandes), ya que al ser abordados, los logros serán mayores que al abordar los temas cuyo aporte al problema sea relativamente bajo.

No obstante lo anterior, existen temas que, encontrándose en ese conjunto de los "importantes por abordar", resultan tener poca participación (o porcentaje) con respecto a otros que también pertenecen al conjunto de "importantes". Es necesario en estos casos analizar la factibilidad de quitarles prioridad en la solución, si ello requiere un esfuerzo demasiado grande.

Recordemos que el factor costo (esfuerzo) beneficio (logros) es de vital importancia al tomar decisiones de este tipo. El análisis de los resultados de estas encuestas y de las entrevistas con profesores y egresados fue el siguiente:

El análisis de los resultados de estas encuestas y de las entrevistas con profesores y egresados fue el siguiente:

El análisis de los resultados de estas encuestas y de las entrevistas con profesores y egresados fue el siguiente:

SECCION 1. Producción y Productividad

- De los temas de esta sección, el de "productividad como medida del desempleo" aparece en el grupo de los importantes por resolver (es decir, el conjunto de causas en el cual se concentra al menos el 80% del problema) en las preguntas sobre temas complejos y temas que deben ser enfatizados, pero su participación es relativamente poca (3.86% y 4.87% respectivamente).
- "Conceptos básicos sobre sistemas de producción" es identificado el 5.43% de las veces como un tema tedioso, porcentaje comparativamente pequeño, al lado de los temas de la sección 2.

- La mayor dificultad observada radica en que el estudiante no está en capacidad de formular y proponer criterios para la medición del desempeño en diversos ambientes de trabajo con base en información previamente suministrada sobre dicho ambiente de trabajo, sin embargo, existe facilidad para manipular los criterios que ya han sido formulados, al igual que los conceptos teóricos básicos que se tratan en esta sección.

- Se llega al acuerdo de que el conocer los conceptos básicos de productividad y, en general, las formas de medir el desempeño, es parte fundamental en la práctica profesional del ingeniero industrial ya que la utilización de herramientas de productividad constituye un patrón de mejoramiento en todo tipo de actividad (manufactura, servicios, cargos administrativos, etc.).

SECCION 2. Métodos de trabajo

El tema 9: "Diagramas hombre-máquina" resulta ser objeto de atención en todos los puntos de la encuesta. Es éste el único tema de esta sección con significativa participación en los parámetros medidos en la encuesta.

- Como el objetivo de esta sección es la formulación de un método de trabajo propicio (generalmente no se adoptan métodos únicos) y los criterios para dicha labor se basan en la creatividad, recursividad, visión crítica, flexibilidad, y experiencia del ingeniero, los docentes aseguran que se necesita llevar a cabo actividades que desarrollen las anteriores cualidades en el estudiante.
- No obstante ser temas de mucha aplicación práctica, la forma en que se dictan es demasiado teórica. Es difícil establecer un paralelo entre los

conceptos manejados en clase y las situaciones que se presentan en la realidad y aunque se desarrollan talleres, éstos se diseñan con base en materiales bibliográficos o en situaciones hipotéticas que en muchas ocasiones distan bastante de la realidad.

SECCION 3. *Medición del trabajo y aplicaciones*

- Los temas de esta sección son definitivamente la mayoría en el grupo de los "más importantes", con una participación muy significativa en cada uno de los aspectos evaluados en la encuesta.
- Por ser la parte final del curso, la mayor deficiencia que se presenta consiste en el desarrollo insuficiente de los temas que comprende y el afán de concluir el semestre. Por esta misma razón, los talleres programados no se pueden desarrollar a cabalidad.
- Algunos de los temas de esta sección carecen de ejemplificación y su desarrollo se limita a la presentación de técnicas de medición, por ello, el estudiante no encuentra significancia en su aplicación.
- Otra dificultad que se presenta en relación con los estudios de tiempos es el tipo de proceso de producción que se analiza, es decir, si es en serie, por lote o por pedido, al igual que si está conformado por tareas manuales, automáticas o semi-automáticas.
- Después de identificar la planeación de la producción y la normalización como dos áreas fundamentales en el desempeño profesional del ingeniero industrial, los egresados están de acuerdo en que los temas de esta sección son el punto de partida para evolucionar en estas dos áreas. Lamentablemente, dicen ellos, los temas no se encontraban estructu-

rados o, lo que es peor, no se recordaban al momento de llevar a cabo planeación de la producción o normalización.

Concluyendo la etapa de investigación de necesidades educativas, se establecen como posibles causas de los problemas detectados, las siguientes:

- Tiempo insuficiente para el desarrollo de cada tema
- Ejercitación y práctica insuficientes
- Desmotivación y falta de interés por parte de los estudiantes y se proponen las siguientes alternativas de solución por temas:

SECCION 1. *Producción y productividad*

- Crear ambientes en los cuales se enfatice tanto en la generación de criterios para medir la productividad como en su análisis y posterior interpretación, para que no sólo se preste atención a la parte operativa de la medición.
- Juego de papeles, en los cuales los estudiantes se ven enfrentados a condiciones simuladas o caracterizadas por el ambiente real de trabajo de diversos tipos de organización (servicios, manufactura, financiera, etc.) y tengan como tarea formular los criterios de medición del desempeño de los roles presentados.
- Acceso a bancos de preguntas y casos resueltos, en los cuales el estudiante tenga la posibilidad de observar alternativas de solución a problemas e interrogantes relacionados con las áreas de contenido del curso, con el propósito de que enriquezca su horizonte de posibilidades al momento de constituir su propia opción.

SECCION 2. *Métodos de trabajo*

- Implementar una videoteca de procesos (industriales, administrativos,

laborales, etc.) para el enriquecimiento práctico y el registro audiovisual de la realidad presentada al estudiante.

- Videos ilustrativos de carácter pedagógico, en los cuales se muestren las técnicas de medición del trabajo y herramientas para el mejoramiento de métodos.
- Prácticas con aplicaciones computacionales de simulación de procesos que manejen una buena librería de los mismos y estén apoyados por una guía metodológica para su uso (ver recomendación de Software existente).

SECCION 3. *Medición del trabajo y aplicaciones*

- Simulación de procesos industriales altamente mecanizados, con gran componente manual y con operaciones que involucren combinaciones hombre-máquina.
- Utilización de herramientas computacionales en la parte de balance de línea para agilizar el proceso operativo y canalizar el esfuerzo del estudiante hacia la interpretación y posterior aplicación.
- Utilización de instrumentos modernos para el estudio de tiempos (tablas digitales y cronómetros).

IDENTIFICACION Y RECOMENDACION DE SOFTWARE EXISTENTE

A la luz de los criterios esbozados en la metodología de desarrollo, se evaluaron los siguientes productos de software:

- AUTOSKETCH
- ABC FLOW CHARTER 2.0
- VISIO
- DRAFIX CAD 2.1 a
- MS DRAW
- FLOW CHARTING 3.0
- SIMFACTORY II.5 y SIMPROCESS
- MICRO SAINT para Windows

De los cuales, los seis primeros constituyen herramientas de apoyo para las tareas de diagramación y diseño que deben llevarse a cabo durante el curso. SYMFACTORY II.5, SIMPROCESS y MICROSAINT para Windows son herramientas de simulación bien desarrolladas para llevar a cabo análisis de una gran cantidad de problemas y situaciones planteadas en el área de organización y métodos y producción en general en las empresas administrativas, de servicio o de manufactura.

MATERIALES EDUCATIVOS DESARROLLADOS

Se desarrollaron dos MECs: SEPTEBAL (Sistema de ejercitación y práctica en toma de tiempos, cálculo de tiempo estándar y balance de línea) y PROBANCO (Banco de problemas y casos resueltos).

El propósito fundamental de SEPTEBAL fue el de proporcionar una herramienta que permitiera al estudiante ejercer el papel de un Ingeniero Industrial en la realización de un estudio de tiempos, de manera similar a la realidad. Por esto se consideraron fundamentales, atributos como el movimiento y el color, un ambiente rico en gráficos, movimientos y parcialmente interactivo, en el cual se simulan operaciones de trabajo llevadas a cabo por personas o máquinas dentro de un proceso determinado de fabricación y que permita considerar aspectos específicos de un estudio de tiempos. En este ambiente de aprendizaje el papel del usuario es similar al de un analista de métodos y tiempos en un proceso real al interior de una empresa de manufactura.

El primer paso en el desarrollo de SEPTEBAL fue la especificación del material en sí, es decir, argumentar que SEPTEBAL es un material mediante el cual el estudiante va a desarrollar todas las etapas necesarias para determinar

el tiempo estándar de una operación involucrada dentro de un proceso productivo y, posteriormente, balancear de una forma adecuada los recursos (centros de trabajo) involucrados dentro de dicho proceso.

La segunda etapa dentro de este desarrollo fue la determinación del tipo de proceso que se utilizaría como escenario de aplicación para un Estudio de Tiempos y Balance de Línea. La escogencia del proceso se llevó a cabo de manera que existiera equilibrio entre el componente manual y el mecánico, es decir, que no fuera un proceso netamente manual ni únicamente mecánico y que fuera representativo, es decir, cuyas características se repitieran con mayor frecuencia en los trabajos finales de los estudiantes del curso *Métodos de Trabajo*.

Con ese marco de referencia se decidió que el proceso que se debía simular era el de fabricación y empaque de un producto capilar (ej. un shampoo).

Definido el proceso de fabricación, el paso siguiente fue determinar el papel del usuario del MEC, en esa medida se estableció que el estudiante operaría frente al MEC de la misma manera como lo haría en la realización de un estudio de tiempos en un proceso real. En otras palabras, el propósito del MEC es familiarizar al estudiante con la realización de un estudio de tiempos en un proceso de fabricación donde éste puede manipular ciertas variables sin restringir su representatividad.

El propósito fundamental del PROBANCOS fue aliviar la dificultad de asimilación que ofrecen ciertos temas, donde muchos de los interrogantes que se relacionan con ellos no tienen una respuesta única.

Se pensó que un MEC tipo banco de problemas y casos resueltos, donde el estudiante tuviera acceso a las solucio-

nes que han dado otras personas a los mismos interrogantes, facilitaría el proceso de creatividad del alumno ya que le daría una gama de posibilidades con las cuales puede interactuar para construir nuevas alternativas. Es sumamente importante resaltar que PROBANCOS no es un banco de preguntas tipo interrogador, donde se estimule al estudiante a continuar con el aprendizaje a medida que éste conteste bien, sino que es un mecanismo de ayuda al mantenimiento de la información obtenida al llevarse a cabo talleres en clase, para ampliar el horizonte de alternativas de solución a un problema en algunos de los temas del curso. El programa presentaría un ambiente descriptivo de tipo textual que facilite al estudiante la tarea de adquisición de conocimientos a través del acceso a un banco de situaciones o problemas resueltos.

Adicionalmente se contempló, posterior al desarrollo de PROBANCOS, la configuración de un ambiente de aplicación donde se motivara más al estudiante hacia su utilización. La idea inicial para ese ambiente, fue la de un escenario tipo concurso donde cada persona o grupo de personas elabora su propia alternativa de solución. Posteriormente se discuten dichas alternativas, se seleccionan las más convenientes hasta escoger la mejor y finalmente dicha alternativa se incorpora dentro del material.

Objetivos de aprendizaje de los MECs

Para SEPTEBAL:

- Adquisición de destreza en la realización de estudios de tiempos con cronómetro, medición del trabajo mediante la aplicación de cronometraje continuo y por la técnica de parar y observar, calificación del trabajo, determinación de suplementos y tiempo estándar de una operación o proceso.

- Facilitar la comprensión de los efectos prácticos de un proceso de balance de línea, identificando de manera clara sus objetivos y aplicación. Comparación de los procesos de balance de línea tradicionales e introducción del concepto de Carga Fabril Uniforme.

Para PROBANCOS:

- Estimular al usuario del material hacia la comprensión del proceso de descomposición de operaciones en elementos de trabajo.
- Estimular el proceso de análisis y solución de problemas y cuestionamientos relacionados con cada área temática del curso.

Mecanismos de retroalimentación, motivación y refuerzo

Las características de los objetivos de aprendizaje por alcanzar y consecuentemente del sistema de ejercitación y práctica no involucran mecanismos evaluativos por considerarse que el fin básico es la adquisición de destreza por parte del usuario. Situaciones de aprendizaje por error y ensayo y descubrimiento deben considerarse para el usuario en un ambiente como éste, pero el principal mecanismo de seguimiento en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje lo lleva a cabo el docente o instructor mediante la aplicación de los conocimientos en un ambiente real. La motivación y el refuerzo al interactuar con SEPTEBAL estarán a cargo de la caracterización gráfica y la animación con lo cual se logra esa continuidad visual que mejora la retención de información y enfoca la atención hacia los elementos relevantes del aprendizaje.

En lo que concierne al ambiente de tipo descriptivo, el proceso de adquisición de conocimientos será evaluado mediante pruebas escritas o talleres. En relación con PROBANCOS, el sistema de

motivación y refuerzo está dado por el ambiente educativo en el que se aplica.

Diseño del sistema de comunicación entre el aprendiz y el MEC

Atendiendo a las características de la población objeto y con miras a una óptima disposición de los medios de comunicación entre el aprendiz y el MEC (la manera de obtener la información del computador al operar los MEC, la disponibilidad y disposición física de los equipos y su capacidad para ofrecer posibilidades en la generación de una buena interfaz de comunicación) (Galvis, 1991), se consideró el uso de computadores con buena capacidad gráfica (que dispongan de adaptador de video gráfico - VGA) y buen rendimiento de procesador para facilitar las operaciones inherentes a la animación y el procesamiento de información. Además, las posibilidades de diseño, programación e instalación del MEC se determinaron teniendo en cuenta los computadores de que disponía la Universidad del Valle en ese momento (capacidad de memoria, de gráficos y accesibilidad a ellos por parte de los estudiantes de Ingeniería industrial).

En este punto es importante aclarar que el equipo de programadores asociado a este proyecto determinó positivamente la prefactibilidad técnica de desarrollar un MEC con el necesario nivel de gráficos y velocidad (animaciones) y ergonomía en el manejo (entorno gráfico por menús, ventanas e íconos) de acuerdo con los equipos, cuyo uso estaría disponible para la población objeto. El grupo de programadores propuso, para facilitar la comunicación, las siguientes pautas en el diseño de la interfaz.

- Mantener un tipo de ambiente definido, textual o gráfico, tanto para el control (opciones, menús, entrada

y salida de datos) como para los efectos especiales (animaciones) en cada MEC.

- Conservar la posición de las opciones, funciones de las teclas y metodologías de operación (ventanas, botones, colores y menús) que, de manera estándar, usan los lenguajes de programación y ambientes operativos más populares (Turbo Pascal, Windows, Turbo C).

De esta manera, se facilitó muchísimo el prediseño computacional de cada uno de los MECs, porque se contó con una estructura de diseño físico conocida y cuyo éxito, en lo referente a la comunicación y el control, está reconocido por la comunidad informática (usuarios de Windows y de aplicaciones en Turbo Pascal y Turbo C). Consideramos también necesario utilizar una serie de principios, señalados por Galvis y formulados por APPLE [Galvis, 1991] como resultado de una investigación sobre interfaces hombre-máquina:

- **Metáforas del mundo real:** Es necesario utilizar metáforas concretas y sencillas de manera que el usuario tenga una buena cantidad de expectativas al trabajar en el mundo real aplicando los conceptos por aprender con el MEC. No hay que olvidar que el plantearse constantemente situaciones comparativas con la realidad puede traer como resultado un MEC de mayor significación para el usuario, mejor dedicación de esfuerzos por parte del equipo asociado de programadores y mayores logros de aprendizaje.
- **Manipulación directa.** Los usuarios quieren sentir que ellos están a cargo de las actividades del computador. Se denominará a esto "control" del MEC. Cada acción física (oprimir una tecla o escoger una opción) demanda una reacción que muestre resultados (iniciar una acción de

acuerdo con la opción, desplegar una serie de posibilidades asociadas a la opción escogida, etc.).

- **Ver y escoger.** La mayoría de los usuarios no expertos trabajan a partir de reconocimiento, no de recuerdo de las opciones que están disponibles. No es lógico que ellos tengan que recordar, por ellos mismos, toda la gama de posibilidades del computador. No necesariamente todas las opciones o ayudas deben estar desplegadas siempre, pero el acceso a las opciones debe ser versátil, y ágil.
- **Consistencia.** Las buenas aplicaciones son consistentes al interior de ellas y con respecto a las de su mismo género; por ello es tan importante aprovechar las destrezas adquiridas por usuarios familiarizados con software comercial, con el propósito de lograr la anteriormente mencionada estandarización del MEC.
- **Control por el usuario.** Es el usuario quien controla las acciones, tanto de inicio y secuencia como de ritmo. La gente aprende mejor cuando participa activamente, ya sea mediante el control directo o por reacción a situaciones o sucesos planeados por el computador.
- **Retroinformación y diálogo.** El aprendiz debe estar informado de lo que sucede. Para ello se acude a la retroinformación inmediata sobre ritmo, secuencia o finalización de una tarea.
- **Tolerancia y perdón de errores.** Los usuarios cometen errores que deben ser corregibles. Un adecuado manejo de la retroalimentación de sus equivocaciones puede constituirse en un elemento de aprendizaje para el usuario.
- **Integridad estética.** La confusión visual o los despliegues poco atracti-

vos obstruyen la comunicación entre el usuario y el computador. Debe permitirse un flujo rico pero fresco de información en el momento y sitio.

CONCLUSIONES

La informática educativa en la Ingeniería Industrial y en general en muchas otras áreas se presenta como un mecanismo de extrema utilidad y gran efectividad al interior de los procesos de enseñanza-aprendizaje; las características de manejo de la información que proporciona el computador facilitan en materias con un elevado nivel de abstracción el acceso a situaciones en las cuales se puede lograr una muy buena representación de la realidad.

En un proceso de desarrollo de software educativo los fundamentos psicopedagógicos sobre los cuales se sustenta el diseño son un punto de vital importancia en relación con la calidad del producto final, ya que la carencia de estos lineamientos conduce a un manejo inadecuado de la información, basándose más en la intuición de los integrantes del equipo de trabajo, lo cual favorece el cometer errores de enfoque.

No obstante se hayan recomendado escenarios de aplicación para los MECs desarrollados (SEPTEBAL y PROBANCO) es posible utilizar estos materiales en un proceso de auto-enseñanza, aprovechando las características de ejercitación y práctica que se ofrecen en el caso de SEPTEBAL y el acceso a información sobre problemas, interrogantes y soluciones en relación con PROBANCO.

La disposición de ánimo y motivación que adopta el usuario de un proyecto de informática educativa es significativamente diferente de la que adopta ante los medios convencionales de enseñanza.

Otro de los aspectos claves en relación con el uso de productos de software educativo es la racionalización del tiempo de interacción entre el docente y los alumnos, lo cual es de gran importancia si se considera lo relevante que es, en la formación académica, el aprovechamiento y asimilación de toda la experiencia que pueda transmitir el educador como elemento activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los MECs desarrollados, tanto SEPTEBAL como PROBANCO, dejan abierta una gama de posibilidades de mejoramiento. Es posible, aprovechando el mismo esquema de desarrollo y programación, analizar otro tipo de procesos en las áreas de manufactura o servicios. Sería muy interesante, a partir de los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la etapa inicial del presente proyecto, que el contenido teórico se extendiera a otros temas del curso *Métodos de Trabajo* como análisis de métodos, diseño y distribución de puestos de trabajo, productividad del trabajo, etc., con el propósito de conformar una aplicación completa.

Igualmente, sería de gran importancia desarrollar otros proyectos dentro de esta misma materia pero a la luz de otras modalidades de aplicación de la informática en la educación como sistemas tutoriales, de diagnóstico, de simulación, o sistemas tipo juego.

Teniendo en cuenta que en una buena parte de las materias en Ingeniería Industrial se proponen situaciones en las cuales no existe una única solución, sino que constantemente se generan alternativas, los recursos audiovisuales y computacionales se constituyen en una excelente herramienta para fomentar el proceso de creatividad a través de una aproximación del estudiante a la realidad del medio empresarial.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, James y HOSNI, Yasser. *Time standards by microcomputers*. En: *Industrial Engineering* (Septiembre, 1981), p. 17-21.

BERWORTH, David y BAILEY, James. *Integrated Production Control Systems: Management, analysis, design*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1982, 431 p.

BUSH, David. VISIO. En: *Windows User*, Vol 2, No. 3 (Abril, 1993), p. 58.

GALVIS Panqueva, Alvaro. *Ingeniería de Software Educativo, Versión 3*. Universidad de los Andes, Bogotá, 1991.

GALVIS Panqueva, Alvaro. *Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje enriquecidos con computador*. En: *Boletín de Informática Educativa*. Bogotá: Universidad de Los Andes - Colciencias. Vol. 1 No. 2, 1988, p. 117 - 138.

GÓMEZ de García, Martha y TREJOS, Carlos A. *Programa Curso Métodos de Trabajo*. Universidad del Valle, 1992.

HOSNI, Yasser y GUEDIRI, Farid. *Line of balance (LOB) using a microcomputer*. En: *Industrial Engineering* (Agosto, 1981), p. 22-24.

KRICK, Edward V. *Ingeniería de Métodos*. México: Limusa - Wiley. 1971, 535 p.

MANOTAS, D. y MÚNERA, J. F. *Sistema de Apoyo Asistido por computador al proceso de Enseñanza-aprendizaje del Curso Métodos de Trabajo*. Tesis. Universidad del Valle, 1993.

MAYNARD, H.B. *Manual de Ingeniería y Organización Industrial*. 3ª ed. Bogotá: Ed. Reverté Tomo I, 1988, 593 p.

MONKS, Joseph G. *Administración de Operaciones*. México: McGraw Hill, 1988, 402 p.

TANEMBAUM, Walter. *How to balance a machine battery*. En: *Industrial Engineering* (Marzo, 1970), p. 28-37.

VALENCIA, María Eugenia. *Computadores en la educación: Un enfoque crítico*. En: *Publicaciones Icesi*. No. 25, 1987, p. 30-31.

VALENCIA, María Eugenia y GUTIÉRREZ, Doris. *Diseño y desarrollo de un producto de software educativo para la enseñanza de la ortografía*. Ortograf. Cali: Universidad del Valle. Magister en Ingeniería de Sistemas.

WATSON, Deryn. *Developing CAL: Computers in the curriculum*. Londres: Harper & Row. 1987, p. 10-126.

WHITEHOUSE, Gary y WASHBURN, Donald. *Solve simple assembly line balance problems*. En: *Industrial Engineering* (Septiembre, 1980), p. 22-24.

WHITEHOUSE, Gary y WASHBURN, Donald. *Work sampling observation generator*. En: *Industrial Engineering* (Marzo, 1981), p. 16-18.

WHITEHOUSE, Gary E. *Practical Partners: Microcomputers and the Industrial Engineer*. Estados Unidos: Institute of Industrial Engineers. 1985, 275. p.

LA ULTIMA LECCION*

DISCURSO DE GRADO
Promoción Decimotercera
Cali, 26 de agosto de 1995

ALFONSO OCAMPO LONDOÑO
Rector del ICESI

Venimos hoy para cumplir con la importante y grata tarea de otorgar los grados a 147 profesionales en Administración de Empresas e Ingeniería de Sistemas, con énfasis en Administración e Informática, y a 127 especialistas de postgrado en Administración, con concentraciones en Gerencia Organizacional; en Mercados, con concentraciones en Mercados Avanzados y Negocios Internacionales; en Finanzas, con concentraciones en Finanzas avanzadas, Negocios Internacionales y Gerencia de Impuestos y en Producción. Un total de 274 graduados en este semestre, lo que indica el importante papel que el ICESI está jugando en la preparación del personal humano de la región y del país, que es, sin duda, la principal riqueza de un pueblo y de sus instituciones. Estamos orgullosos de ellos y de la terminación de su preparación y seguros que desempeñarán un gran papel en el desarrollo de Colombia y del Valle del Cauca, a través de las empresas a las que sirven o las propias que inicien, con el espíritu que se les ha tratado de formar como hombres íntegros y empresarios

emprendedores con dotes de innovación y creatividad.

Salen ustedes en un momento crucial del país, en el cual tienen que jugar un papel importante en la vida nacional. Estamos en un momento de confusión, no sólo debido a un fenómeno coyuntural de unas elecciones, sino a uno general de deterioro de la patria en el cual todos hemos sido protagonistas y responsables, por no haber sido consecuentes con los principios éticos y excesivamente tolerantes e indiferentes, por lo cual tenemos todos también la obligación de salir y volver a dignificar a nuestra nación, no sólo para el mundo exterior sino principalmente para nosotros mismos y para sentirnos bien en ella. Si no lo hacemos, seremos indignos del papel que nos corresponde. Tenemos que volver a colocar a Colombia y a nuestra región en los planos de honradez, comportamiento y liderazgo internacional que teníamos antes de que nos deterioráramos en los aspectos morales. Esta es una tarea que, como lo decía, es obligación de todos y a la cual nos debemos como colombianos y vallecaucanos y como hombres íntegros.

* Este discurso continúa una tradición universitaria en que el rector da la primera y la última lección.