

**SOFTWARE EDUCATIVO MULTIMEDIA PARA APOYAR EL
APRENDIZAJE DEL SISTEMA DE MANUFACTURA MODULAR**

SISMMOD

MARTHA LILIANA JAIMES PINTO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2004

**SOFTWARE EDUCATIVO MULTIMEDIA PARA APOYAR EL
APRENDIZAJE DEL SISTEMA DE MANUFACTURA MODULAR**

SISMMOD

MARTHA LILIANA JAIMES PINTO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de Ingeniería Industrial**

Director:

NESTOR RAÚL ORTIZ PIMIENTO

Ingeniero Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2004

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES	6
2.2 JUSTO A TIEMPO, EN EL AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD	7
2.3 SISTEMA DE MANUFACTURA MODULAR	11
2.3.1 Razones para Utilizar un Sistema de Manufactura Modular	12
2.3.1.1 Cambios en los Mercados	12
2.3.1.2 Cambios en la Tecnología	13
2.3.1.3 Cambios en los Sistemas de Información	13
2.3.1.4 Cambios en las Personas	14
2.3.1.5 Beneficios del Sistema de Manufactura Modular	14
2.3.2 Implementación del Sistema de Manufactura Modular	15
2.3.2.1 Trabajo en Equipo.	17
2.3.2.2 Módulo y Requisitos Previos.	17
2.3.2.3 Sistema Flexible.	18
2.3.2.4 Capacitación.	20

2.3.2.5	Balance de Líneas.	21
2.3.2.6	Pruebas realizadas a los operarios en operaciones específicas.	22
2.3.2.7	Grado de Eficiencia de las Líneas de Producción.	23
2.3.2.8	Fallos de Máquinas.	24
2.3.2.9	Inventarios de Materia Prima.	25
2.3.2.10	Ajuste de la Producción a las Especificaciones.	27
2.3.2.11	Promedio de la Productividad de la Mano de Obra.	28
2.3.2.12	Reducción en el Tiempo de Preparación.	28
2.3.2.13	Metas de producción	30
2.4	SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS (STEP)	31
2.4.1	MTM-2	33
2.4.1.1	Principales usos del MTM-2.	33
2.4.1.2	Limites de la aplicación del MTM.	34
2.4.1.3	Etapas de aplicación de un estudio MTM.	34
2.4.1.4	Origen y construcción de la Tabla.	35
2.4.2	MOVIMIENTOS DEL MTM-2.	35
2.4.2.1	Obtener. Símbolo - G	35
2.4.2.2	Situar. Símbolo - P	39
2.4.2.3	Reasir. Símbolo - R	41
2.4.2.4	Aplicar Presión. Símbolo – A	42
2.4.2.5	Movimiento de los Ojos. Símbolo – E	42
2.4.2.6	Andar. Símbolo- S	43
2.4.2.7	Movimiento del Pié. Símbolo – F	43
2.4.2.8	Inclinarse y Levantarse. Símbolo- B	44
2.4.2.9	Movimiento de Manivela. Símbolo- C	44
2.4.3	Tabla de Tiempos MTM-2	45
3.	REQUERIMIENTOS	47

3.2 LA EMPRESA	47
3.2.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	47
3.1.1.1 Perfil de la Empresa	47
3.1.1.2 Antecedentes de la Empresa	48
3.1.1.3 Visión, Misión y Objetivos de la Empresa	48
4. DESARROLLO DEL SISTEMA	55
4.1 ENFOQUE PEDAGÓGICO	55
4.1.1 Formas Sistemáticas Para Crear Ambientes de Aprendizaje.	56
4.1.2 Tecnología y Educación.	58
4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE	60
4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	60
4.2.1.1 Usuarios	60
4.2.1.2 Area de Contenido	60
4.2.1.3 Limitaciones y Recursos de los Usuarios	61
4.2.1.4 Hardware y Software Necesario	61
4.2.2 DISEÑO EDUCATIVO DEL SEM	61
4.2.2.1 Prerequisitos para el uso del SEM	61
4.2.2.2 Diseño del Ambiente o Micromundos	62
4.2.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ DEL SEM	64
4.2.3.1 Dispositivos de Entrada y Salida	64
4.2.3.2 Diseño Zonas de Comunicación	65
4.2.4 DISEÑO COMPUTACIONAL DEL SEM	69
4.2.4.1 Arquitectura del Programa	69
4.2.4.2 Descripción de la Base de Datos	71
4.2.4.3 Manejador de la Base de Datos	71
4.2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SEM	72
4.2.5.1 Funciones Lógicas Disponibles al Alumno	72
4.2.5.2 Funciones Lógicas Disponibles al Profesor	73
4.2.5.3 Software Necesario para su Implementación	73

4.2.5.4 .	
4.2.5.5 Descripción de Pantallas Principales.	77
5. CONCLUSIONES	83
6. RECOMENDACIONES	85
7. BIBLIOGRAFIA	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Sistema de Halar.	7
<i>Figura 2.</i> Analogía de las rocas y agua para visualizar el problema de exceso de inventarios.	8
<i>Figura 3.</i> Guía de Decisión - Casos de Obtener.	37
<i>Figura 4.</i> Guía de Decisión - Casos de Situar.	40
<i>Figura 5.</i> Guía de Decisión - Andar y Movimiento del Píe.	43
<i>Figura 6.</i> Diagrama de las Zonas de Comunicación.	66
<i>Figura 7.</i> Pantalla Menú.	77
<i>Figura 8.</i> Pantalla Tutorial.	78
<i>Figura 9.</i> Pantalla Tiempos por Cronometro.	79
<i>Figura 10.</i> Pantalla Tiempos Predeterminados.	81
<i>Figura 11.</i> Pantalla Ingreso Módulo Profesor.	82
<i>Figura 12.</i> Pantalla Módulo Profesor.	82

TITULO

SOFTWARE EDUCATIVO MULTIMEDIA PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DEL SISTEMA DE MANUFACTURA MODULAR*

AUTORES:

MARTHA LILIANA JAIMES PINTO**

PALABRAS CLAVES

Sistema Modular

Software

MTM-2

Tiempo Standar

DESCRIPCIÓN

El presente proyecto es un Software Educativo Multimedia usado para apoyar el aprendizaje del Sistema de Manufactura Modular, presenta dos módulos de acuerdo al tipo de usuario; el Módulo Estudiante contiene un Tutor con los conceptos básicos de la Manufactura Modular, así como la presentación del estudio de tiempos, ya sean tiempos predeterminados apoyados en un vídeo o por cronometro; el Módulo Profesor contiene la información de los diagramas que los estudiantes elaboran, además de la actualización. El objetivo de este proyecto consiste principalmente en reforzar y mejorar los conocimientos que tienen los estudiantes de la escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Se consideró ventajoso desarrollar un Software Educativo Multimedia (SEM) que permite procesos de aprendizaje mas integrales, por presentar los conceptos de forma simultanea, visual y auditiva lo cual logra captar la atención de los estudiantes.

Una estrategia de producción efectiva es aquella que es capaz de responder a dichas exigencias con calidad, cantidad, menor tiempo de aprovisionamiento y flexibilidad. Estas exigencias son posibles de cumplir con los principios planteados en el justo a tiempo y en este caso especifico, con los planteados en el Sistema de Manufactura Modular, el cual se apoya en el estudio de los movimientos básicos que se precisan para la realización de las operaciones industriales, esto se hace guiados por el sistema MTM (Medida del Tiempo de los Métodos), para poder establecer tiempos estándar y poder implementar mejoras de los métodos de trabajo existentes. En este proyecto se trabajo con el MTM-2 por ser este el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria.

Se considera que la tecnología multimedia permite superar las dificultades expuestas, pues el estudiante contará con una gran cantidad de material teórico y gráfico, destacando las principales características *de muchas* de las enfermedades y por consiguiente facilitando la apropiación de sus conceptos.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Físico Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Nestor Ortiz Pimiento.

TITLE

SOFTWARE EDUCATIONAL MULTIMEDIAL FOR SUPPORT THE LEARNING OF THE SYSTEM MODULATE*

AUTHORS:

MARTHA LILIANA JAIMES PINTO **

KEY WORDS

System Modulate
Software
MTM-2
Time Standar

DESCRIPTION

The present project is a Software Educational Multimedial used in order to support the learning of the System Modulate, present two modules according to the type of user; the Module Student contains a Tutor with the basic concepts of the System Modulate, as well as the presentation of study of times, for times predetermine support in on video to for chronometer; the Module Professor contains the diagrams of the students that use the software, besides the bringing up to date. The objective of this project consists mainly in reinforcing and improve the knowledge that have the students of the school of study Industrials and Managements of the UIS. Was considered advantageous develop a Software Educational Multimedia (SEM) that permits processes of learning but integral, by presenting the concepts of simultaneous, visual and auditory form in order to capture the attention of the students.

On strategy of production effective is that is capable of responder to said exigencies con quality, quantity, minor time of supplying and flexibility. This exigencies is possible de carry with the principles expound in the just a time and in this case especify, with the expound in the System Modulate, the which is support in the study of the movements basics that se explain for the realization of the operations industrials, this is make guides for the system MTM (Measure Time of the Methods), for power establish times standard and power implement improvement of the methods of work existents. In this project work with the MTM-2 for is this of system of times predetermines more utilized in the industry.

Was considered that the technology multimedia allows to overcome the exposed difficulties, because the student will have a great amount of theoretical material and graph, highlighting the main characteristic of many of the illnesses and consequently facilitating the appropriation of their concepts.

* Project of Degree

** Faculty of Mechanical Physical, School of Study Industrials and Managements of UIS, Nestor Ortiz Pimiento.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas han ampliado su visión en cuanto al mercado, siempre en busca de comercializar sus productos en el exterior, aprovechando las garantías ofrecidas por el gobierno. Sin embargo para el logro de dicho objetivo deben previamente mejorar la calidad de sus procesos tanto administrativos como productivos, su infraestructura, sus productos, etc, de tal forma que puedan adquirir la competitividad necesaria para mantenerse en un mercado internacional. La competitividad se ha convertido en objetivo y condición de la supervivencia para la empresa contemporánea en los mercados globalizados. En la actualidad, uno de los sectores productivos de la economía colombiana que ha visto afectada mayormente su participación en el mercado, es el de la confección textil, en nuestro caso el de la confección de ropa infantil, siendo Bucaramanga destacada en este campo.

Teniendo en cuenta estos factores y el hecho de la necesidad de adoptar nuevos sistemas de fabricación, acordes con las exigencias actuales que impone la competencia tales como los planteados en la filosofía Justo a Tiempo (J.I.T.) y en específico, los Sistemas de Manufactura Modular, se pretende con el software dar una herramienta que permita a los estudiantes de pregrado la comprensión de una manera clara de este concepto, ya sea en su parte teórica o permitiéndole desarrollar algunos de los pasos necesarios para la implementación del sistema de manufactura modular, como son la elaboración de los diagramas de operaciones, su balanceamiento y el análisis de las operaciones para su mejoramiento mediante el vídeo.

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La segmentación de los mercados ha incrementado la complejidad en la operación de una planta industrial. Atrás quedaron los días en los que, la producción masiva de algunos productos a bajo costo y alta eficiencia, alcanzaba para satisfacer las exigencias de los mismos. Hoy existe la necesidad de proveer mayor cantidad de artículos distintos en menor tiempo y en pequeñas cantidades, esto hace que las estrategias de producción, basadas en grandes inventarios de trabajo y tiempo de procesos elevados, ya no sean aceptables.

Una estrategia de producción efectiva es aquella que es capaz de responder a dichas exigencias con calidad, cantidad, menor tiempo de aprovisionamiento y flexibilidad. Estas exigencias son posibles de cumplir con los principios planteados en el justo a tiempo y en este caso específico, con los planteados en el Sistema de Manufactura Modular, el cual se apoya en el estudio de los movimientos básicos que se precisan para la realización de las operaciones industriales, esto se hace guiados por el sistema MTM (Medida del Tiempo de los Métodos), para poder establecer tiempos estándar y poder implementar mejoras de los métodos de trabajo existentes. En este proyecto se trabajo con el MTM-2 por ser este el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria.

El escaso conocimiento sobre los Sistemas de Manufactura Modular, por parte de los estudiantes de Ingeniería Industrial, motivo la creación de este software, si se tiene en cuenta que está es una estrategia importante para el mejoramiento en la industria de la confección, ya que permite alcanzar mayores niveles de competitividad, siendo esto lo que el mercado exige actualmente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un software Educativo Multimedia, que permita favorecer el aprendizaje y análisis del Sistema de Manufactura Modular, orientado a los estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ☒ Recolectar y estudiar la información sobre el Sistema de Manufactura Modular.
- ☒ Generar un software que permita presentar el concepto de manufactura modular y desarrollar algunos de sus pasos mediante la simulación.
- ☒ Implementar micromundos que favorezcan la interactividad y la participación activa del estudiante mediante entornos relacionados con el tema, aplicando en ellos estrategias de motivación.

- 🔗 Desarrollar un Tutorial, el cual será un micromundo para que el estudiante explore varias sub-secciones del tema, afianzando y profundizando en el tema de la Manufactura Modular.

- 🔗 Implantar un micromundo donde el estudiante podrá realizar el balanceamiento de una prenda, incluyendo las diferentes operaciones que sean necesarias para su elaboración, los tiempos estándar, la eficiencia de los operarios, la cantidad de operarios requeridos para la confección de la prenda, el tiempo requerido del operario y las unidades por hora que se esperaría elaborara.

- 🔗 Crear un sistema de ayuda, acerca del contenido y la correcta utilización del software, para brindar al estudiante apoyo y asesoría en cualquier micromundo que el estudiante se encuentre.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Uno de los objetivos del Ingeniero Industrial cuando se encuentra a cargo de la producción de una planta es mejorar la competitividad desde el punto de vista operativo, diseñando una estrategia, que cumpla las siguientes condiciones: precios competitivos, productos de excelente calidad y un alto nivel de servicio al cliente. Una de las posibilidades que se presenta como alternativa viable para conseguir estos objetivos son las técnicas de manufactura modular, las cuales se fundamentan en los principios de la filosofía Justo a Tiempo. En el caso específico de la industria de la confección, aparecen los denominados "Sistemas de Manufactura Modular", los cuales se convierten en una alternativa de mejoramiento para este tipo de empresas.

Pero para lograr ese objetivo es necesario que como estudiantes hayan adquirido la mayor cantidad de elementos de juicio y de conocimientos bien fundamentados en las diferentes áreas de la ingeniería; con el software se pretende abarcar un tema que en este momento debido a lo corto del semestre no se presenta a los estudiantes de pregrado de la escuela, pero que es significativo en el aprendizaje del estudiante, ya que le da a su formación como persona y como profesional nuevas herramientas al llegar el momento de ejercer su profesión.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Durante las décadas de los años 60's y 70's las estrategias competitivas de las empresas industriales estaban orientadas a la fabricación en masa con el animo de lograr mejoras sustanciales y diferenciación en costos. Actualmente, aunque reducir costos es una condición necesaria para poder ser competitivo, esto no es suficiente, dadas las características y evolución en el comportamiento de los consumidores contemporáneos y la creciente competencia de otros países, a raíz del fenómeno de globalización de la economía.

Dentro de este marco y en específico para la industria de la confección, resulta importante, dadas sus características, entrar a considerar la adopción de nuevas estrategias que le permitan alcanzar mayores niveles de competitividad, ya que el mercado lo exige actualmente.

Para que una empresa se considere competitiva desde el punto de vista operativo, debe diseñar su estrategia, para cumplir las siguientes condiciones: precios competitivos, productos de excelente calidad y un alto nivel de servicio al cliente.

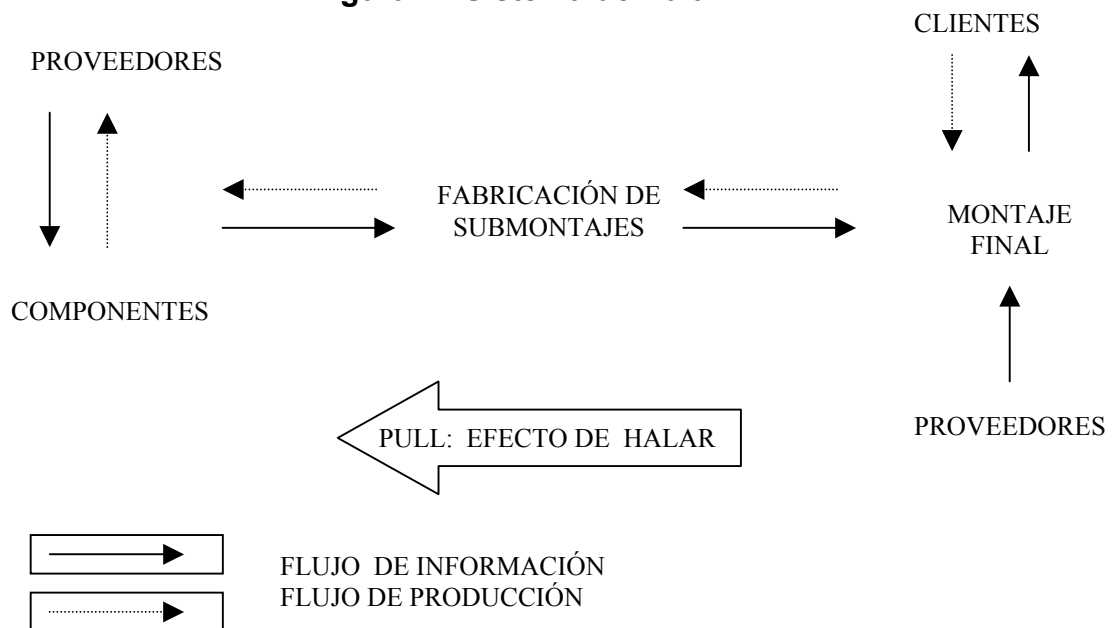
En el caso específico de la industria de la confección, aparecen los denominados Sistemas de Manufactura Modular, estos sistemas se

convierten en una alternativa viable de mejoramiento para este tipo de empresas, que hoy por hoy deben adoptar medidas radicales que les permitan mejorar su capacidad competitiva. Las técnicas de manufactura modular se fundamentan en los principios de la filosofía justo a tiempo.

2.2 JUSTO A TIEMPO, EN EL AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD

Esta filosofía de producción, desarrollada inicialmente en las empresas japonesas, persigue como principal estrategia competitiva, la reducción de los ciclos de fabricación, el aumento de flexibilidad, de la calidad y la reducción de costos, a través de un sistema logístico de "halar". En pocas palabras, la filosofía Justo a Tiempo (JAT) tiene como principio básico: "que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilice el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier despilfarro o costo innecesario".¹

Figura 1. Sistema de Halar.

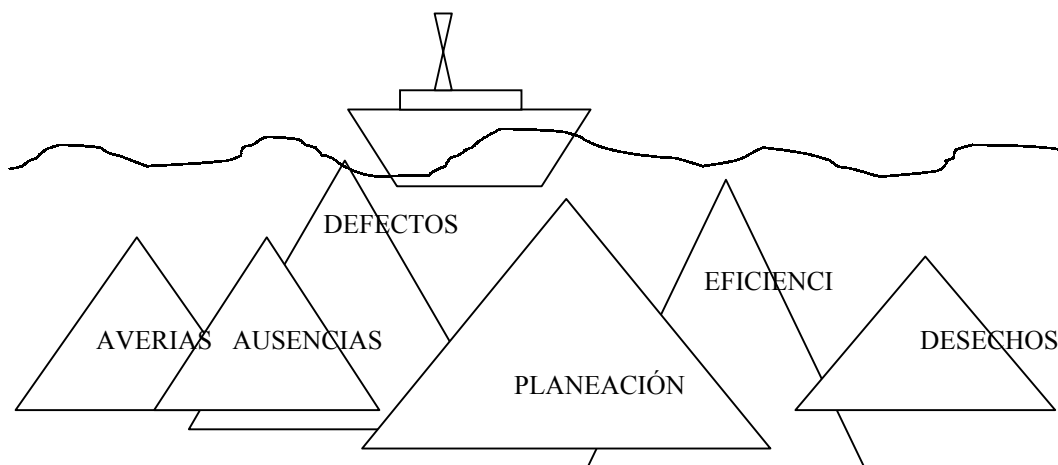


En el sistema J.A.T; el tamaño ideal del lote es una pieza y para alcanzarlo, necesita un sistema de producción estructurado, de tal forma que la distribución de planta facilite el manejo de lotes de este tamaño. La idea es aproximar a cero las acumulaciones de piezas en espera de ser procesadas y de esta manera poder lograr:

- Invertir lo mínimo en inventarios
- Reducir los tiempos de entrega de la producción
- Reaccionar más rápidamente ante los cambios de la demanda
- Descubrir cualquier problema en la calidad.

Dentro de este propósito, uno de los aspectos interesantes es la forma como la filosofía JAT visualiza el problema de los inventarios. En la figura 2, se muestra al sistema productivo como un barco que navega tranquilamente por un río cuyo fondo esta lleno de rocas filosas que representan las causas de los problemas que, por efecto de la cantidad de agua o profundidad del río (inventario), no pueden ser detectadas por éste.

Figura 2. Analogía de las rocas y agua para visualizar el problema de exceso de inventarios.



¹ Domínguez Machuca, 1995, p.202

Bajo este esquema, las empresas japonesas (pioneras en la aplicación del JAT) reconocen al exceso de inventario como "el enemigo número uno" de la productividad, pues, generalmente, los procesos manufactureros se "cubren" o protegen contra contingencias, usando este. Es así como algunos problemas, se solucionan produciendo algunas unidades de más; El problema de las fallas mecánicas se prevé con un aumento en la capacidad productiva o con inventarios de seguridad en proceso, la incertidumbre en la demanda se soluciona produciendo para inventario, los pedidos a los proveedores se hacen con una anticipación y en una cantidad mayor a la necesaria, etc.

Por las razones antes expuestas, los esfuerzos para alcanzar mejores niveles de competitividad, deben enfocarse en "reducir la profundidad del río" (bajar el nivel de inventarios) y así poder empezar a visualizar los verdaderos problemas de la empresa (rocas); esto, por supuesto, se debe hacer a través de un proceso gradual en un ambiente de mejoramiento continuo.

Esta forma de gestionar el sistema productivo, unido al cumplimiento de una serie de elementos necesarios para su implantación, han llevado a los productores japoneses a convertirse en fabricantes de categoría mundial. Sin embargo, se presentan algunos problemas en su aplicación.

La respuesta, a estos problemas posiblemente se centre en los aspectos siguientes:

- 1. El factor humano:** El esquema de organización "occidentalizada" basada en la asignación de tareas y pago de incentivos de manera individual, exige una concientización previa a nivel de directivos, organizaciones sindicales y trabajadores individuales para llevar a cabo los cambios, los cuales exigen una forma de trabajo radicalmente distinta, que en primera

instancia podría recibir el rechazo propio de todo proceso que implique modificar las estructuras existentes.

2. La cultura empresarial y el apoyo decidido de la alta dirección: El justo a tiempo, como filosofía, se soporta en una cultura de mejoramiento continuo, basada en un profundo respeto por el ser humano, cuyas acciones deben orientarse hacia el aumento del nivel de servicio al cliente y esto requiere, como primera medida, un apoyo decidido y participativo de la alta dirección, lo cual en gran parte de las empresas colombianas, es difícil de lograr a causa de los esquemas organizativos piramidales que mantienen alejados a los directivos del sistema productivo y a la ausencia de liderazgo para gestionar los procesos de cambio. Al respecto, Uribe Macías² citando los resultados de recientes estudios señala que, uno de los problemas que restringe la competitividad en Colombia, lo constituye el estilo de dirección enfocado hacia el corto plazo, rígido y con planificación insuficiente, sumado entre otros a la baja cualificación profesional del talento humano.

3. Relación con los proveedores: No es fácil encontrar proveedores que estén dispuestos a entregar pequeños lotes de materiales de manera continua que permitan sostener el sistema logístico de un cliente que trabaje con JAT; así mismo, las distancias y otros problemas propios de la infraestructura vial y la ausencia de alternativas de transporte de carácter multimodal, sumadas a las características topográficas de la geografía colombiana, dificultan las entregas justo a tiempo. Lo ideal sería tener una pequeña base de proveedores que realicen pequeñas entregas de manera continua. Pero esto exigiría reducir distancias, lo cual no siempre es posible.

² Uribe Masías, Mario E. (1998), Productividad y competitividad en las organizaciones latinoamericanas. Revista temas y reflexiones. No. 2, Abril, p.73

No obstante, a través de la incursión en procesos de mejoramiento y sabiendo adaptar los aportes del JAT a la solución de problemas de competitividades es posible alcanzar niveles de excelencia en las organizaciones. En el caso específico de la industria de la confección, aparecen los denominados sistemas de manufactura modular, los cuales se convierten en una alternativa viable de mejoramiento para este tipo de empresas, ya que en el momento que se lleve a cabo su implementación, permitirá a la organización un acercamiento a mayores niveles de competitividad, que le permitirán entrar a nuevos mercados con productos no solo de excelente calidad, sino además de bajo precio y con entregas rápidas.

2.3 SISTEMA DE MANUFACTURA MODULAR

"Manufactura Modular es sinónimo de predisposición al cambio, búsqueda continua de mejoras, libre pensamiento, responsabilidad y mentalidad ganadora"³

Un Sistema de Manufactura Modular se define como un cambio profundo en la naturaleza técnico - filosófica en la forma de operar una empresa, que nace a partir de las nuevas necesidades del mercado y que implica una nueva actitud de todos los integrantes de la empresa sin importar su nivel jerárquico, tendiente a crear un marco de mejora continua y un sistema flexible orientado hacia las necesidades del cliente.⁴

Desde el punto de vista filosófico, acoge los conceptos **Justo a Tiempo** (JAT); desde el punto de vista técnico, exige la desintegración de las líneas

³ Swana L. (1996) Diseño de un sistema modular para la industria de la confección Guatemala. www.Agaexpront.org.gt

rígidas de producción y la adopción de un sistema de trabajo en equipo, bajo la conformación de grupos de trabajo polivalentes y autónomos, que trabajan bajo los criterios de **calidad total**.⁵

La manufactura Modular ha hecho que la industria de un giro completo: primeramente, existió el sistema por el que una sola persona confeccionaba la prenda; más tarde, con el advenimiento de la producción en masa se implantó el sistema de bultos, en que se utilizaba el método de paga a destajo. Al emplearse dicho método, los operadores hacían los mismos trabajos repetidamente, y pensaban que mientras más produjeran, más les pagarían.

Este sistema funciona basado en la teoría del trabajo en equipo. Los operarios cooperan y cada uno trabaja en una parte de la prenda: las piezas cortadas entran en el módulo y el último operario termina la prenda de vestir. La manufactura modular se presenta al desarrollar una prenda; y para su confección, todos los operarios dominan todas las operaciones que esto implique. Esto es necesario, ya que para realizar un trabajo en forma modular, se mueve una prenda en la línea y ésta es trasladada de operación en operación por los operarios; quienes a su vez, distribuyen el trabajo en la línea al moverse junto con la prenda. Para poder desarrollar un sistema de manufactura modular es necesario que exista mucha comunicación y trabajo en equipo a todo nivel en la empresa y principalmente en la línea de producción.

2.3.1 Razones para Utilizar un Sistema de Manufactura Modular

2.3.1.1 Cambios en los Mercados:

⁴ RUBENFELD, H (1990) Aplicación de líneas modulares. Pag 51 -52

⁵ Castillo J.(1993) La Implementación de Sistemas de Producción Modular, p. 44

La segmentación de los mercados ha incrementado la complejidad en la operación de una planta industrial. Atrás quedaron los días en los que, la producción masiva de algunos productos a bajo costo y alta eficiencia, alcanzaba para satisfacer las exigencias de los mismos. Hoy existe la necesidad de proveer mayor cantidad de artículos distintos en menor tiempo y en pequeñas cantidades, esto hace que las estrategias de producción, basadas en grandes inventarios de trabajo y tiempo de proceso elevados, ya no sean aceptables.

Una estrategia de producción efectiva es aquella que es capaz de responder a dichas exigencias con calidad, cantidad, menor tiempo de aprovisionamiento y flexibilidad. La apertura de mercados(ALCA) será de gran ayuda para el crecimiento de la industria, pero es necesario estar preparados para responder a los requerimientos.

2.3.1.2 Cambios en la Tecnología:

Con la ayuda de las computadoras es posible en pocas horas crear un nuevo producto, realizar los patrones, hacer los trazos, extender la tela y cortarla.

Para poder explotar al máximo las posibilidades que nos dan la nueva tecnología, es imperativo realizar cambios en el sistema de manufactura. Existen máquinas automáticas y aditamentos que reducen el tiempo de la operación y lo hacen más eficiente al reducir el factor humano en la producción.

2.3.1.3 Cambios en los Sistemas de Información:

Utilizando sistemas de telecomunicaciones como el EDI (Electronic Data Interchange) el vendedor mayorista puede realizar sus pedidos con mayor frecuencia y en menor volumen reduciendo el riesgo inherente a la baja predictibilidad de los mercados.

Sin un sistema de manufactura flexible, esta automatización de los pedidos, lejos de ser una oportunidad para dar respuesta a las necesidades del mercado, puede tornar inoperante a la empresa industrial. Dichos sistemas hacen que la empresa responda rápidamente a las necesidades y requerimientos del cliente.

2.3.1.4 Cambios en las Personas:

La escasez de operarios calificados es una realidad que a diario se ve en plantas industriales de muchos países. Prácticamente, ningún hijo de los antiguos operarios sigue los pasos de sus padres. Es por ello que un sistema productivo que, además de efectivo, satisfaga las necesidades del trabajador (operarios y supervisores) es imprescindible para disminuir la rotación y el ausentismo mejorando el clima de trabajo y haciéndolo sentir como lo que realmente es, una persona humana tan importante como los demás con la posibilidad de la capacitación constante y la apertura a la creatividad permanente.

2.3.1.5 Beneficios del Sistema de Manufactura Modular

Los aportes importantes, que los sistemas de manufactura modular ofrecen se evidencian en la mejora de los siguientes aspectos:⁶

- ☒ Reducción del tiempo de fabricación del producto y costos de producción, representados en el aumento de la eficiencia de la mano de obra, reducción del inventario en proceso y la disminución de los gastos por concepto de manejo de materiales.
- ☒ Respuesta rápida a las exigencias del mercado, aumentando el servicio al cliente ya que se reduce el ciclo de fabricación.

⁶ SARACHE, William, Justo a tiempo y manufactura modular: en plantas de confecciones.

- ⌘ Mejora la calidad debido a que es posible implantar sistemas autocontrolados y además, porque es más fácil la detección temprana de errores debido al bajo nivel de inventarios.
- ⌘ Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta, dado que el reordenamiento de los equipos y la disminución de los niveles de inventario, elimina recorridos innecesarios y la necesidad de espacios para el almacenaje.
- ⌘ Establece reglas sencillas sobre el traslado con el fin de que cada quién sepa cuándo y por qué cambiar de una operación a otra.
- ⌘ Menor capital inmovilizado por inventarios innecesarios.
- ⌘ Un sistema de pago (A base de incentivos grupales) que estimule a los operarios a trasladarse y prestar atención a la línea de sistema integrado total, y no como una serie de operaciones y trabajadores autónomos y desorganizados.
- ⌘ Incremento de la rentabilidad.
- ⌘ Disminuyen los índices de rotación y ausentismo de personal creando un mejor clima laboral.

2.3.2 Implementación del Sistema de Manufactura Modular

Su implementación no requiere solo cambios tecnológicos; principalmente implican una nueva actitud de los integrantes de la empresa, no importa su nivel jerárquico, tendiente a crear en un marco de mejoras continuas un sistema de manufactura flexible enfocado a satisfacer las necesidades del mercado como objetivo primario. Las tendencias en el mercado son reducir los volúmenes de producción de un mismo estilo con el fin aumentar la diversidad de productos, con un nivel de calidad que sobrepase las expectativas del cliente.

Para implementar un sistema modular, se recomienda aplicar los siguientes pasos:

- ☒ Analizar el proceso de producción en términos de tiempo y secuencias de operaciones y maquinaria requerida.
- ☒ Descubrir la destreza del operario y la habilidad al tratar con los demás, por ser un trabajo en equipo.
- ☒ Informar a los operarios del nuevo método de producción y estimular a la cooperación, a la vez recordando el nivel de calidad en el cual, todos deben de estar involucrados.
- ☒ Presentar al supervisor de línea, quien figurará como líder del grupo y será el responsable de llevar a cabo el nuevo método de producción.
- ☒ Una vez implementado el sistema modular se deberá llevar a cabo la evaluación del funcionamiento de dicho sistema y corregir los pasos que no han sido funcionales para lograr la mejor productividad dentro del proceso.
- ☒ Crear una conciencia de calidad a los supervisores y operarios, ya que son quienes hacen el producto, y por lo tanto, hacen la calidad.

A continuación se indican varios aspectos que se deben tener en cuenta para la correcta implementación del Sistema de manufactura Modular:

2.3.2.1 Trabajo en Equipo

Para lograr el éxito de la manufactura modular es necesario concientizar a los trabajadores. Deben comprender que la empresa es un grupo total y que todos son interdependientes. La cantidad de operarios dependerá del proceso que se fije al módulo y la cantidad de producto que se necesita que elaboren.

El liderazgo que debe ejercer el supervisor de línea en los módulos que supervisa, es del tipo participativo. Debe ser un guía y ayudar al grupo a

solucionar sus dificultades para que puedan cumplir con las metas de trabajo impuestas. El supervisor de línea representa la conexión entre el módulo y la empresa. La capacitación juega un papel importante para el desarrollo del sistema, ya que se busca que todos sus integrantes manejen la misma responsabilidad, tanto en cumplimiento de pedidos como la calidad de los mismos.

2.3.2.2 Módulo y Requisitos Previos.

Un módulo, es un equipo de trabajadores asignados a la fabricación de un producto específico, organizado de tal forma que el producto fluya de forma rápida y sincronizada de acuerdo al orden de sus operaciones. Para lograrlo, es necesario previamente estimar los tiempos de producción por cada operación de expresiones matemáticas, llegar a un modelo de distribución de cargas de trabajo o balanceo modular, buscando el aprovechamiento del factor humano, las maquinas y el espacio.

Uno de los requisitos fundamentales para el éxito en el funcionamiento de un módulo, lo constituye la integración de sus componentes como un verdadero equipo de trabajo, con una alta conciencia de calidad y actitud de mejora continua, que permita acercarse a niveles de cero defectos en el corto plazo, con altos indicadores de eficiencia en la operación.

Lo anterior, hace imprescindible que la alta gerencia esté convencida de la necesidad del cambio y de las ventajas que este traería, así como de las medidas a tomar para evitar el fracaso. Posteriormente, es necesario capacitar al nivel medio de la organización, especialmente en las técnicas de organización modular y coordinación de grupos de trabajo, para finalmente, concientizar y hacer participe del cambio al personal de planta, que es quien determina el éxito o fracaso de su funcionamiento. El siguiente paso,

consiste en diseñar y conformar cada uno de los grupos de trabajo de acuerdo con las necesidades del programa de producción.

2.3.2.3 Sistema Flexible

La manufactura modular sigue la demanda; se debe producir sólo lo que se necesita y cuando se necesita. El sistema requiere que se hale (Pull), y no que se empuje (Push). El final de la línea controla el proceso. La persona posterior controla el tiempo de la anterior y crea un flujo consistente y concatenado de trabajo entre todos los operarios. El flujo de entrada de materiales lo determina la velocidad de la primera persona, y de ahí su responsabilidad específica. Este sistema está orientado principalmente a la flexibilidad y simplicidad en la respuesta rápida a la demanda real.

La meta de la producción sin lotes en el ensamble, se logra ubicando cerca todas las estaciones de trabajo. Esto permite que cada unidad del producto sea transferida a la siguiente estación cuando se haya terminado, en vez de acumularse en grandes lotes después de cada etapa; por lo que, estación tras estación se manifiesta el progreso de las actividades y se eliminan inventarios en proceso y áreas para su almacenamiento.

Los trabajadores activos son el recurso principal del sistema. Estos ajustan sus propias máquinas para cambios rápidos para los diferentes modelos. Cuando la demanda baja y se cambia el estilo trabajan rediseñando el módulo para otro producto, realizan mantenimientos preventivos; e incluso, pueden ser reasignados a otros módulos.

El sistema de halar requiere una mayor dirección a nivel de supervisión, deben solucionar problemas en el equilibrio y ajuste del trabajo del módulo diariamente, con el fin de cumplir con las variaciones frecuentes de la

demanda. También es necesario que constantemente se mejore la calidad, reducir las existencias y el tiempo de producción. Esto se logra mejorando los procesos antes y durante la producción.

2.3.2.4 Capacitación

El módulo es responsable de la calidad del producto terminado que producen. Cada miembro del equipo debe velar por la calidad que recibe y la calidad que entrega para lograr un mínimo de segundas y desperdicios, por lo que es necesario que los operarios conozcan realmente la forma correcta para desarrollar sus operaciones.⁷

Es necesario que cada persona del módulo se adiestre para desempeñar múltiples funciones. Una forma de lograr este tipo de capacitación es el proceso llamado uno adelante y otro atrás. Consiste en que, a la vez que el operario aprende su función particular, debe aprender, además, la función que le precede y la que le sigue. Al aprender éstas procede a aprender la que le precede y la que le sigue respectivamente más las dos que aprendió anteriormente, aprendiendo a ejecutar un total de cinco operaciones dentro del módulo.

El resultado de este tipo de capacitación es lograr que todos conozcan y manejen la mayoría de las operaciones y de las máquinas del módulo de trabajo. Así, el operario comprende mejor su función y la de otros en el proceso total de confección. Si el operario comprende mejor el proceso general, mejor será la calidad del producto que sale del módulo.

Otra ventaja de esta capacitación es que prepara a los operarios a ayudarse en el momento de aparecer un cuello de botella o una demora manteniendo

así la producción fluyendo continuamente, aún cuando algunos miembros estén ausentes.

Parte de la capacitación que se le debe brindar a los operarios es: conocer las metas de la organización; aprender a resolver problemas en su área de trabajo, adaptarse rápidamente al cambio en el flujo de trabajo según la demanda del cliente, a involucrarse y a participar directamente dentro del proceso, lo cual implica responder a una gran variedad de retos y oportunidades, que en definitiva, benefician a la empresa y a los operarios.

2.3.2.5 Balance de Líneas⁸

Es el proceso de ordenamiento de las tareas en secuencia de acuerdo con los trabajos, de forma tal, que se obtenga un flujo uniforme con una utilización óptima de la fuerza de trabajo y equipo.⁹

La esencia del problema del balance de líneas consiste en agrupar o dividir las actividades o tareas, en tal modo, que en todas las estaciones haya una cantidad igual de trabajo a realizar de acuerdo con el tiempo requerido para ejecutar las tareas. Cuando se logra esa igualdad, suponemos que existe un balance perfecto y se espera un flujo uniforme; cuando no se logra, la operación más lenta de la secuencia, regirá la secuencia del flujo en toda la línea de producción (convirtiéndose en el tiempo del ciclo) y originará un cuello de botella que restringirá la salida del producto. Como resultado, una estación de trabajo se utiliza al máximo, mientras que las demás no trabajan a plena capacidad. Esto ocasiona tiempo ocioso o muerto, aunque los operarios sigan trabajando lo hacen más lentamente, ajustándose al ritmo de

⁷ Duarte, E (1993) Análisis para la productividad en una maquila de ropa. USAC

⁸ El balanceamiento es uno de los micromundos que se maneja en el software.

⁹ Niebel, B. (1996) Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos. (9° Ed.) Alfaomega.

Un puesto de trabajo es un lugar específico para la realización de una o varias operaciones. El tiempo de ciclo es el tiempo transcurrido entre una y otra unidad que sale de la línea.

Existen dos formas de empezar para balancear una línea:

- ✓ Encontrar el número mínimo de puestos de trabajo para un tiempo de ciclo dado. Para esto, se resuelve un problema de distribución debido a que se debe determinar el número de puestos de trabajo requerido para alcanzar el tiempo de ciclo especificado.
- ✓ Encontrar el tiempo mínimo de ciclo para un número dado de puestos de trabajo. Se resuelve un problema de programación debido a que se sabe el número de puestos de trabajo y por lo tanto, la naturaleza esencial es la programación.

En la práctica, no se hace distinción entre un problema de distribución o programación debido a que los dos utilizan los mismos procedimientos de solución. Una vez se han especificado el tipo y longitud de la línea de producción, se utiliza un método de balance de línea.

Las herramientas de ingeniería necesarias para balancear una línea son:

1. El diagrama de operaciones del proceso o diagrama de ensamble: De esta manera se conocerán las operaciones que se deben realizar.
2. Un diagrama o gráfico de precedencias: Es necesario para saber qué operaciones deben hacerse antes de empezar a realizar otra operación.
3. El pronóstico de la demanda del producto que se realiza en la línea de producción.
4. El tiempo productivo por día. Este tiempo debe estar expresado en la misma unidad de tiempo en que fueron cuantificadas las operaciones en el diagrama de ensamble.

Existen factores que pueden modificar el balance de la línea y su rendimiento. Estos factores no son considerados por los métodos para balancear las líneas de producción. Algunos de estos factores son: la tasa salarial del operario, la ubicación del equipo en la planta, el espacio para las partes en proceso, factores sociológicos, la variación en la forma de realizar las tareas.

Existe una gran cantidad de métodos para balancear una línea, a continuación se enumeran tres procedimientos:

1. Asignar operarios a aquellas tareas en las que se tiene mayor número de tareas subsecuentes.
2. Asignar operarios a aquellas tareas que tienen el tiempo de operación más largo.
3. Asignar operarios a aquellas tareas que tienen en combinación el mayor número de tareas subsecuentes y tiempo de operación más largo.

Ninguno de los tres métodos anteriores da una solución óptima, por lo que es adecuado realizar los tres métodos y escoger el mejor o la combinación de ellos que dé el mejor resultado.

2.3.2.6 Pruebas realizadas a los operarios en operaciones específicas

El supervisor de línea debe asignar las operaciones a partir de la clasificación de los operarios antes de introducir un nuevo estilo a producción; puede realizar nuevamente pruebas de costura a sus operarios con el fin de actualizar el registro de clasificación de operarios. Estas pruebas han sido realizadas a todos los operarios (ya sea al contratarlos o al cambiar de estilo), y se realizan con el fin de poder colocar a las personas donde su desempeño sea más productivo.

Las pruebas que comúnmente son realizadas para asignar las distintas operaciones a los trabajadores son: las costuras rectas y curvas en la máquina que la operación requiera y con el tipo de tela que se utiliza en el estilo a producir. Dichas pruebas son las que podrán determinar, en buena medida, la asignación de trabajadores a operaciones específicas.

La prueba a realizar dependerá básicamente, del estilo que se quiera producir y de las operaciones que éste tenga. Además, se debe tener en cuenta varios factores al momento de asignar a los trabajadores a las distintas operaciones: eficiencia del operario, calidad del trabajo que realiza, flexibilidad, capacidad para relacionarse con sus compañeros, actitud positiva y constructiva, y responsabilidad.

Esta evaluación es una ayuda para determinar en qué grado se podrá alcanzar un nivel aceptable de eficiencia, calidad, y productividad. El proceso productivo de la confección es bastante flexible, y puede aceptar cambios en los operarios casi en cualquier momento, pero la eficiencia se verá afectada si la selección del personal no es la más adecuada.

2.3.2.7 Grado de Eficiencia de las Líneas de Producción

La eficiencia de las líneas de producción es una relación entre la producción real obtenida sobre la producción esperada. La producción esperada es la meta real de la línea, la cual contempla todo tipo de reducciones, tanto por la eficiencia de operarios, materiales, máquinas, etc. Es decir, la eficiencia de la línea mide el desempeño de la mano de obra en el período de trabajo realizado, el cual puede o no ser igual a la jornada laboral por los factores anteriormente descritos.

El nivel de eficiencia que deben manejar las líneas de producción, en relación a las metas establecidas, determina en qué grado se cumple con el pronóstico de producción. Este debe ser por lo menos de un 90% de eficiencia, ya que de lo contrario algún paso del procedimiento de cambio de estilo no se está desarrollando de forma adecuada, incidiendo en el resultado.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real obtenida}}{\text{Meta de producción}}$$

Si al momento de evaluar la eficiencia ésta se encuentra fuera del margen aceptado, se debe investigar las causas principales que incidieron en el resultado, para luego atacarlas y corregir el desempeño de la línea.

La meta de producción se ve afectada por los imprevistos que se presenten; es decir, que sí existe falta de corte, materiales, fallo en las máquinas, etc. La meta que se le establece a la línea será menor en una proporción igual al tiempo perdido por cualquiera de estos factores, por lo que se mide la eficiencia de la mano de obra en su tiempo real de trabajo. La producción obtenida es cuantificada por las auditorías finales de calidad de cada una de las líneas.

2.3.2.8 Fallos de Máquinas

Generalmente al cambiar estilo, las máquinas deben ser ajustadas para el tipo de tela a utilizar, así como a la operación que vaya a realizar en ella. Estas deben ser ajustadas antes que el estilo nuevo se comience a producir, con el fin de evitar retrasos en la línea. Algunos de estos fallos en la maquinaria se podrían haber evitado si se ajustaran de mejor forma las máquinas.

Esto influye, notablemente, en reducir el tiempo en que los operarios alcanzan su máxima eficiencia, ya que crea tiempos muertos y aumentan el período de aprendizaje. Es necesario que se verifiquen todas las máquinas antes de cambiar de estilo y no empezar a producir si éstas no están ajustadas, ya que únicamente se aumenta la cantidad de prendas fuera de tolerancias y especificaciones.

Para que las máquinas se encuentren en óptimas condiciones, es necesario que se cumpla con un plan de mantenimiento, el cual incluye: revisión de los puntos importantes de la máquina (dependen del tipo de máquina y el tiempo de inactividad de la misma); calibración de la máquina al tipo de tela que se desee trabajar; ajuste de la máquina para la operación que se deba realizar en ella, y en caso de necesitar cambio de piezas, se debe evaluar el tiempo de suministro de repuestos. Todo esto debe realizarse antes que el nuevo estilo ingrese a la línea con el fin de reducir los fallos y que éstos produzcan retrasos.

2.3.2.9 Inventarios de Materia Prima

Es necesario que todos los insumos necesarios para la elaboración de la prenda se tengan en el momento justo. Entre éstos se encuentran: hilo, etiquetas de marca y de talla, broches, botones, elástico, cintas, etc. los cuales deben estar en línea al mismo tiempo que el corte (tela). Muchas veces se presentan problemas de falta de inventario de uno o varios materiales extras, lo cual retrasa el cumplimiento de pedidos y aumenta el tiempo de elaboración de la prenda, reflejándose en pérdida de eficiencia y de productividad.

Para tener un nivel de inventario óptimo de todos los materiales a utilizar en determinado estilo, es necesario tomar en cuenta la planificación de producción y la entrega de pedidos de producto terminado. Para establecer

qué materiales y en qué cantidades se van a utilizar es necesario realizar una explosión de materiales por prenda, teniendo en cuenta el lote óptimo, y el tiempo en que los proveedores nos proporcionarán los materiales requeridos en nuestras bodegas.

Un sistema que puede ser utilizado para planificar de mejor forma los inventarios es el Plan de Requerimiento de Materiales (MRP), ya que la producción de las prendas de vestir responde a una demanda irregular, discreta e independiente. El MRP busca disponer del nivel de inventario necesario justo en el momento en que va a ser utilizado. Para poder desarrollar plenamente el sistema MRP es necesario partir del programa de producción, el cual indica las cantidades a producir y las fechas entrega; la lista de materiales por producto y el registro de entradas y salidas de los mismos. Cuando la cantidad a producir es muy pequeña, se deben tener todos los materiales antes de empezar la producción. En el caso que el programa sea muy grande es recomendable que se inicie la producción por lo menos con un mes de inventario de materiales.

Si el problema de falta de materiales se llega a presentar, debe analizarse si conviene o no la introducción del estilo a la línea. Para realizar dicho análisis debe tomarse en cuenta dos factores principalmente: el tiempo que la línea pasará acumulando inventario en proceso, y si el material extra es indispensable para poder desarrollar la confección de ese estilo.

El nivel de inventario de cada uno de los productos que constituyen la prenda terminada, debe ser por lo menos igual al pedido realizado por el cliente en un tiempo determinado.

2.3.2.10 Ajuste de la Producción a las Especificaciones

El cliente realiza cambios en las especificaciones del producto en el período de muestras, y algunas veces las correcciones de especificaciones se reciben hasta el momento de iniciar la producción, causando retraso en la ejecución del nuevo estilo, lo que afecta el compromiso de fechas de entrega. La comunicación con el cliente debe ser constante y rápida, buscando que se minimicen dichos retrasos. Otro factor a tomar en cuenta al momento de empezar a producir por primera vez un estilo, es la adaptación de patrones al tipo de tela que se desea trabajar, con el fin de que se cumplan con las medidas incluidas en las especificaciones. Estos cambios afectan al aprendizaje del operario, ya que no se maneja un estándar de operación al realizar dichos cambios.

Acoplar la producción a las muestras y especificaciones aprobadas es de suma importancia, por lo que se debe hacer lo más rápido posible y disminuir así los defectos en la producción.

En la etapa de preproducción es importante además de tener aprobadas las muestras por parte del cliente; tener una retroalimentación de todas las modificaciones que el estilo en prueba ha sufrido. Esto debería incluir: pesos, composiciones, colores, y combinaciones de hilos según los diseños de la tela, medidas y formas de medir la prenda, procedimientos y escalas de empaque, y todos los procesos extras que el producto necesite. Es muy importante que toda esta información se maneje de manera clara antes que la producción se inicie y que todos los departamentos, que están involucrados en el proceso, conozcan todos los cambios.

2.3.2.11 Promedio de la Productividad de la Mano de Obra

Para medir la productividad se utiliza la producción obtenida en la jornada de trabajo, y se relaciona con el tiempo de duración de dicha jornada. Las unidades producidas son cuantificadas por las auditorías finales de calidad, y las horas laboradas por la línea se obtienen de multiplicar la jornada básica de trabajo por la cantidad de operarios presentes. A diferencia de la eficiencia, en dicho tiempo se incluye todo el tiempo asignado y no únicamente el tiempo efectivo, ya que la finalidad de medir la productividad es determinar qué tan eficiente es la utilización de los recursos, en este caso particular: tiempo y mano de obra.

$$\text{Productividad de la mano de obra} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas laboradas por la línea}}$$

La productividad de la mano de obra debe ir en aumento conforme se avanza sobre la curva de aprendizaje, ya que el nivel de producción es directamente proporcional a la capacidad adquirida por los operarios.

Algunas veces, se marcarán descensos en la productividad de la mano de obra, causado por falta de materiales, tela, fallos de máquinas, etc. Debe tomarse en cuenta dichos descensos para investigar las causas de fondo, y tratar que dichos problemas no se repitan.

2.3.2.12 Reducción en el Tiempo de Preparación¹⁰

Shigeo Shingo es el precursor de la reducción del tiempo de instalación. Redujo en Toyota un tiempo de preparación de herramientas de dos horas a menos de un minuto. Esto es lo que se conoce como “Cambio de troqueles en sólo un minuto” y ha transformado la forma de cambiar troqueles en todas las plantas automotrices del mundo.

¹⁰ O’Neal, C. y Bertrand K. (1990) Marketing Justo a Tiempo, Grupo Editorial Norma.

Los esfuerzos creativos de Shingo en reducción del tiempo de preparación, destruyeron muchos mitos de fabricación largamente sostenidos. Él da mucha importancia a varios puntos que son decisivos para mejorar el proceso de cambio de diseño:

1. Los trabajadores deben estar convencidos que son posibles las reducciones espectaculares. Shingo aconseja que se comience el proceso en una línea de producción para obtener experiencia y que luego se transfiera esa experiencia a otras líneas.
2. Comprometer en el proceso a los operarios de máquinas. Valerse de sus ideas. Capacitarlos y hacer que el operario sea parte del proceso de preparación.
3. Evitar tener que adaptar las partes. Las partes deben encajar sin que haya necesidad de adaptarlas. Los ajustes dependen del toque apropiado, y eso varía según el operario, por lo que se debe de evitar.
4. Los cambios de preparación deben producir artículos libres de defectos desde la primera unidad.

Shingo desarrolló cinco reglas sencillas para reducir el tiempo de preparación:

1. Separar las actividades internas de preparación (que exigen inactividad de las máquinas) de las tareas externas de preparación.
2. Pasar tantas actividades internas como sea posible a actividades externas.
3. Minimizar el tiempo necesario para hacer la preparación interna.
4. Minimizar el tiempo necesario para hacer la preparación externa.
5. Repetir los primeros cuatro pasos para asegurar el mejoramiento continuo.

2.3.2.13 Metas de Producción

Al introducir un estilo, se deben utilizar estándares de tiempo predeterminado por operación, los cuales son desarrollados en el departamento de ingeniería. Estos tiempos representan una base para el cálculo de metas de producción y deben ser corregidos al momento que la línea adquiera experiencia en la realización del estilo. Al momento de empezar a producir un nuevo estilo se calcula la meta final diaria, la cual es obtenida a partir del estándar de producción por operario y la cantidad de operarios que la línea tiene.

La toma de tiempos en la línea de producción se debe realizar a partir del sexto día, ya que es cuando el operario ha alcanzado su máximo nivel de aprendizaje y eficiencia. Dicho nivel será alcanzado si se cumple con todos los pasos que el procedimiento establece.

A partir de esta toma de tiempos, se corrige el estándar de producción por operario y éste será el que se utilice de base para el cálculo de metas. Otro factor muy importante a tomar en cuenta al momento de calcular la meta de producción, es lo drástico que puede ser el cambio de estilo, tanto por las operaciones como por el tipo de tela. Sucede, muchas veces, que el estilo que se introduce es totalmente diferente al que se estaba realizando, haciendo que el operario cambie totalmente su rutina de producción.

Cuando se tienen operarios nuevos en la línea, el cálculo de meta se ve afectado por el factor de eficiencia y adaptación a la empresa, grupo de trabajo y al estilo.

$$\text{Meta de Producción} = [(OA) + (ON \times E)] \times SPrO$$

OA = Cantidad de operarios antiguos presentes en la línea

ON = Cantidad de operarios nuevos presentes en la línea

E = Eficiencia a la que se encuentran los operarios nuevos

SPrO = Estándar de producción por operario (depende del estilo).

La cantidad de operarios se obtiene al pasar asistencia en la línea. Dicha cantidad se debe multiplicar por el estándar de producción por persona, establecido para cada uno de los estilos existentes.

Es fundamental realizar un estudio de métodos y tiempos, con el fin de conocer la forma actual de realizar cada una de las tareas de la línea y poder brindar una propuesta mejorada para la ejecución de las mismas; el tema que se presenta a continuación está relacionado con este aspecto ya que permite realizar un estudio de los procesos al considerar los movimientos y los tiempos necesarios para su ejecución.

2.4 SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS (STEP)

Se describen en como un conjunto de técnicas avanzadas que tienen por objeto fijar el tiempo necesario para ejecutar diferentes operaciones basándose en tiempos previamente establecidos para los respectivos movimientos, y no por observación y valoración directas tal y como ocurre en el cronometraje. Se basan en el supuesto que todas las tareas manuales se pueden reducir a movimientos básicos del cuerpo y de sus extremidades y se suelen establecer a partir de un gran número de estudios de cada movimiento (analizado mediante técnicas cinematográficas). Son sistemas muy extendidos en la industria debido a que eliminan en gran medida la subjetividad de otros procedimientos de estudio de tiempos e incentivan el análisis y la mejora de los procesos de trabajo a la vez que determinan la duración de las operaciones.

Los diversos elementos en que se ha descompuesto la tarea no son otra cosa que micromovimientos similares a los therbligs¹¹ y medidos en la unidad de tiempo denominada UMT (Unidad de Medida de Tiempos), cuyo valor es: 1UMT = 0.00001 hora = 1/1.000.000 hora = 0.0006 minutos = 0.036 seg.

Aunque existen mas de 200 sistemas de calculo de tiempos tipo se diferencian unos de otros fundamentalmente en la clasificación de los elementos que constituyen el ciclo de trabajo. Los más conocidos por los industriales son los denominados:

MTM. (METHODS TIME MEASUREMENT)

MTA. (MOTION TIME ANALYSIS)

WORK FACTOR

BMT. (BASIC MOTION TIMESTUDY)

DMT (DIMENSIONAL NIOTION TIME)

Resaltando entre ellos el MTM, y dentro de éstos, sus derivados:

N4TNI-I, MTM-2 y N'ITM-X, para su aplicación en talleres. LOC, MCD y STA, para su aplicación en la medición de trabajos administrativos.

MTM-1

Los 18 micromovimientos que se denominaron therblig, han sido sustituidos en este sistema, por los ocho elementos básicos siguientes:

- Alcanzar. Mover. Girar. Aplicar presión. Coger. Posicionar. Soltar. Desmontar, cuya cuantía, medida en LMT, y recogida en tablas, varia en función de la distancia recorrida, peso del objeto, enfoque ocular, etc.

MTM-2

Es, con mucho, el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria. Los micromovimientos básicos del MTM-2 son conceptos básicos

¹¹ Movimientos básicos elaborados por los Gilbreth

clasificados y definidos por categorías. Las tablas de los tiempos predeterminados, indican el símbolo, las distancias recorridas, la complejidad del concepto, el peso del objeto y los valores de cada micromovimiento dado en TMU.

Aunque el cálculo de los tiempos empleando los sistemas de tiempos predeterminados da resultados de una gran precisión, su aplicación solo puede ser realizada por aquellos operarios que siendo buenos profesionales, son también cronometradores y han sido formados teórica y prácticamente en estos sistemas de tiempos predeterminados.

La aplicación de Mejora de Métodos de Trabajo, junto con el carácter objetivo que posee la determinación de tiempos tipo por el sistema de tiempos predeterminados, son las razones fundamentales que justificarían su importancia.

2.4.1 MTM-2

MTM-2 es un sistema sintético de datos MTM. Es el segundo nivel general de datos MTM. Se basa exclusivamente en MTM y comprende: Movimientos aislados de MTM de base y Movimientos combinados de MTM de base.

Los datos son relativos al operario e independientes del puesto de trabajo ó del material utilizado. MTM-2 satisface a las principales exigencias impuestas por la combinación de los elementos MTM.

2.4.1.1 Principales usos del MTM-2

- Establecimiento de métodos eficaces antes de empezar una nueva fabricación.

- Mejora de los métodos de trabajo existentes.
- Establecimiento de tiempos standard.
- Establecimiento de fórmulas o tablas de tiempos standard.
- Estimación y previsión de tiempos de ejecución.
- Elección de diseños, forma y contextura de productos a fabricar.
- Creación de útiles eficaces.
- Selección de maquinaria e instalaciones.
- Entrenamiento de mandos para que tengan conciencia de la importancia del método de trabajo.
- Solucionar conflictos con el personal.
- Investigaciones en los dominios de métodos, de tiempos de aprendizaje y de la apreciación de la actividad de los operarios.

2.4.1.2 Limites de la aplicación del MTM

El procedimiento MTM se aplica con exactitud en las operaciones manuales, en las cuales el tiempo requerido para ejecutar el movimiento no está influenciado por la técnica de la misma fabricación. Es decir, en los trabajos libres; no pudiendo aplicarse por tanto en los tiempos máquina o en las operaciones de actividad limitada.

2.4.1.3 Etapas de aplicación de un estudio MTM

- Analizar los movimientos registrándolos y clasificándolos:
 - a) Por visualización directa (vídeo cámara o a simple vista)
 - b) Visualización (imaginando lo que debe hacer el operario)
- Fijar el método normalizado.
- Fijar el sistema de prima.
- Informar a los mandos intermedios para que sepan el método que se va a seguir.

- Formar monitores para que enseñen a los operarios en el nuevo método.

2.4.1.4 Origen y construcción de la Tabla

Los estudios básicos para el establecimiento del MTM-2 fueron realizados por la asociación sueca de MTM, a partir de datos acumulados del proyecto KMD (datos MTM combinados), los análisis MTM de estos estudios provienen de muy diferentes industrias y puestos de trabajo, presentando distintos grados de mecanización y racionalización. Los análisis fueron revisados y controlados para asegurar que cumplieran las exigencias teóricas del MTM de base. Las distancias y pesos fueron verificados. El número de movimientos de estos análisis sobrepasa la cifra de 14.000, los estudios estadísticos con estos movimientos se realizaron con la ayuda de un ordenador. Considerando aparte los flujos menos importantes, el MTM-2 se ha estructurado en dos secuencias básicas:

- | | |
|--------------------------|---------|
| a) ALCANZAR-COGER-SOLTAR | OBTENER |
| b) MOVER-POSICIONAR | SITUAR |

Los autores de MTM-2 buscaban ante todo simplicidad y de hecho ésta es quizá la principal cualidad del sistema.

2.4.2 MOVIMIENTOS DEL MTM-2

Se han clasificado 11 movimientos básicos los cuales se describen a continuación:

2.4.2.1. Obtener. Símbolo - G

Obtener es la acción efectuada por la mano o los dedos, con el fin predominante de alcanzar un objeto, cogerlo y posteriormente soltarlo. Empieza con el alcanzar el objeto, comprende el alcanzar el objeto, obtener el control y posteriormente abandonarlo. Termina con el abandono del control del objeto.

La elección del movimiento obtener se hace considerando tres variables:

1.) Casos de Obtener

Caracterizado por la naturaleza del coger realizado. Los casos de obtener dependen del número de movimientos para coger. Un movimiento de coger es un corto movimiento de dedo efectuado con el fin de obtener un control suficiente del objeto.

Ningún movimiento de coger	—————▶	GA
Un solo movimiento de coger	—————▶	GB
Más de un movimiento de coger	—————▶	GC

☞ **GA .-Ningún movimiento de coger.**

Este caso comprende al coger por contacto. Se trata generalmente de situaciones en las cuales no se ejerce un control suficiente del objeto, para que éste se pueda levantar. Excepcionalmente GA corresponde a un simple alcanzar hacia un emplazamiento indefinido para asegurar el equilibrio del cuerpo, para preparar el movimiento siguiente o para despejar la zona de trabajo. Este último tipo de GA es raramente determinante.

☞ **GB .-Un solo movimiento de coger.**

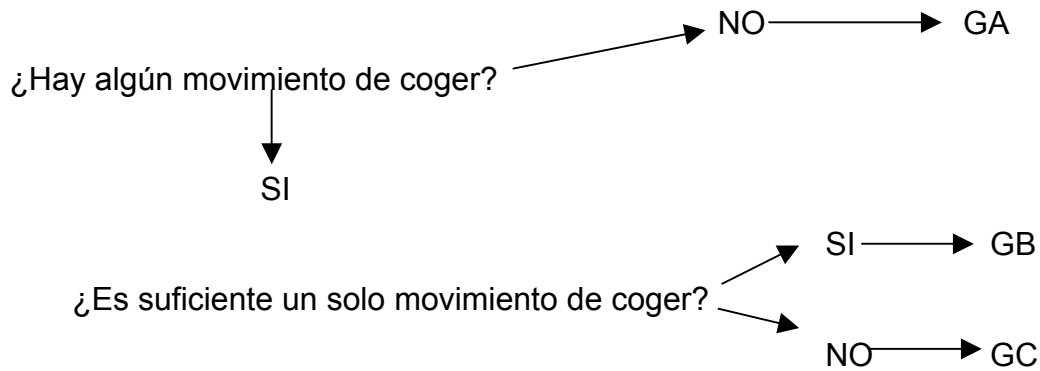
Este caso corresponde al coger efectuado cerrando simplemente los dedos sobre un objeto. Es habitualmente la acción de agarrar un objeto pequeño, medio o grande, aislado y fácil de tomar. GB es el caso de obtener más frecuente.

GC.-Varios movimientos de coger.

Este caso corresponde a las acciones de coger complejas, yendo desde coger un objeto muy pequeño o de un objeto sobre una superficie plana, hasta el coger de un objeto pequeño mezclado con otros objetos. Un GC nunca debe ser seguido por un reasir.

Los casos de obtener se determinan con la ayuda de la siguiente guía de decisión:

Figura 3. Guía de Decisión - Casos de Obtener.



2.) Distancia del Movimiento

La distancia recorrida en la realización del movimiento, es la principal variable de obtener y se han retenido cinco clases de distancia. Las distancias han sido escogidas por debajo de los límites superiores de cada clase que son: 5,15,30,45 y más de 45 cm. El símbolo 80 se da a la clase superior.

Centímetros		
Más de	Hasta inclusive	símbolo
0	5	5
5	15	15
15	30	30
30	45	45
45		80

Las distancias son estimadas siguiendo la trayectoria recorrida por la mano, deduciendo cualquier eventual asistencia del cuerpo. Sin embargo, al principio, los utilizadores del MTM-2 deben verificar sus estimaciones de distancias hasta que logren un alto grado de precisión. Es necesario obtener una apreciación visual precisa de las distancias 5,15,30 y 45 cm. En ningún caso es necesario interpolar o extrapolar.

Observaciones

Retirar la mano en vacío es un GA. Un girar del puño seguido de un coger es un obtener. Cuando un objeto es transferido de una mano a otra se asigna generalmente un GB5.

Ejemplo:

	M.izda.	M.Dcha.	
Obtener un objeto	GB30		
Llevar hacia otra mano	PA30	G-	Hacia el objeto
		GB5	Tomar el objeto
		PA30	Sitarlo

3.) Obtener con Peso o Resistencia al Movimiento. -GW

Obtener con peso es la acción solicitada a los músculos de la mano y del brazo para vencer la resistencia debida al peso del objeto durante la toma de control de este objeto. Empieza cuando el coger del objeto ha terminado, comprende el ejercicio de la fuerza muscular necesaria para obtener el completo control del peso del objeto. Termina cuando el objeto está bajo el control suficiente que permita el desplazamiento del objeto.

Tiene lugar después de que los dedos se hayan cerrado sobre el objeto durante el obtener precedente, debe ser efectuado antes de que ningún otro movimiento pueda tener lugar. Cuando el peso o la resistencia es inferior a 2 Kg. por mano, no debe asignarse GW. Cuando la resistencia sobrepase 2

Kg. 1 TMU debe ser asignado para cada Kg. contando también los 2 primeros Kg. Pesos o resistencias deben ser estimados si los valores exactos son difícilmente medibles. Las fracciones de Kg. deben ser redondeadas al número entero más próximo.

Para movimientos con levantamiento del objeto efectuado por una sola mano el peso a considerar es el del objeto. Si se utilizan las dos manos, el peso correspondiente para GW es la mitad del peso del objeto. Para movimientos con deslizamiento del objeto, el peso a considerar para GW puede ser tomado igual al 40% aproximadamente del peso del objeto si se utiliza una sola mano, o aun 20% si se utilizan las dos manos.

2.4.2.2 Situar. Símbolo – P

Situar es la acción efectuada por la mano o los dedos con el fin predominante de transportar un objeto hacia un destino. Empieza con el objeto cogido y bajo control en el emplazamiento inicial, comprende todos los movimientos de transporte y de corrección necesarios para colocar el objeto en el emplazamiento pretendido. Termina con el objeto aún bajo el control de la mano en el emplazamiento deseado.

1.) Casos de Situar

Dependen del número de movimientos de corrección requeridos:

- Ninguna corrección, movimiento continuo sin vacilación ..PA
- Una corrección PB
- Más de una corrección PC

Una corrección es un paro involuntario, una vacilación o un cambio en la dirección del movimiento hacia el emplazamiento final.

🔗 **PA.- Ningún movimiento de corrección.**

El movimiento se caracteriza desde el principio hasta el final como un movimiento uniforme, sin vacilaciones. Es un movimiento empleado para evacuar un objeto, para situar un objeto en un emplazamiento aproximado o contra un tope. Es el caso más corriente de situar.

🔗 **PB.- Una corrección.**

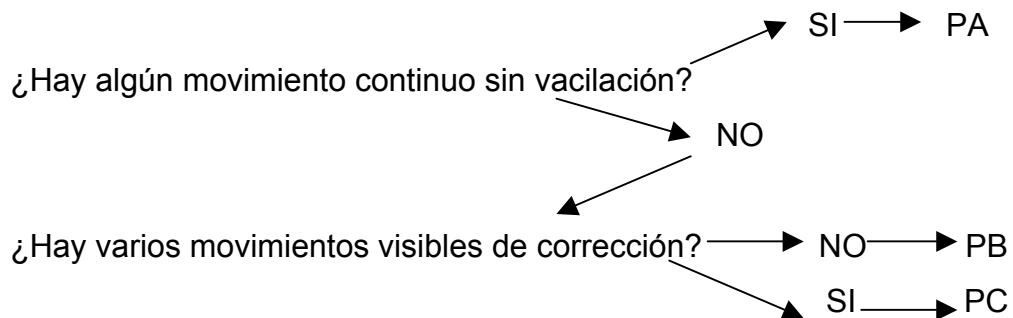
Este situar tiene lugar sobre todo en los casos en que el objeto es posicionado fácilmente, con ajuste libre. Es difícil de reconocer, por ello la guía de decisión está construida a fin de identificarlo por excepción.

🔗 **PC.- Más de una corrección.**

Corresponde habitualmente a la constatación de varios movimientos pequeños muy cortos involuntarios. Estos movimientos involuntarios son causados en general por el pequeño juego disponible, la dificultad de manipulación del objeto, la falta de simetría del objeto con el emplazamiento donde debe alojarse, o una posición de trabajo incómoda.

Los casos de situar se determinan con la ayuda de la guía de decisión siguiente:

Figura 4. Guía de Decisión - Casos de Situar.



En caso de duda, se debe asignar la clase superior. Una corrección no debe ser confundida con un corto PA. Una corrección es un muy pequeño movimiento involuntario, mientras que un PA es voluntario con una amplitud fácil de discernir generalmente.

2.) Distancia

La distancia del movimiento se ha tratado de la misma forma que para Obtener.

3.) Situar con Peso o Resistencia al Movimiento. -PW

Empieza cuando el mover empieza, comprende el tiempo suplementario a añadir al tiempo del Mover incluido en el Situar, y corresponde a la diferencia del tiempo necesaria para desplazar, sobre la misma distancia, objetos pesados en lugar de objetos ligeros. Termina cuando el Mover termina.

Se designan como objetos ligeros aquellos que tienen un peso inferior a 2 Kg., PW no debe asignarse hasta que el peso del objeto o la resistencia del movimiento sobrepase 2 Kg., por mano. El peso a considerar se determina como en el Obtener con peso entre 2 y 5 Kg., se asigna 1 TMU y se simboliza PW5. Entre 5 y 10 Kg. se asignan 2 TMU y se simboliza PW10.

2.4.2.3 Reasir. Símbolo - R

Reasir es una acción de la mano o de los dedos efectuada con el fin de modificar la forma de coger un objeto sin soltarlo. Empieza con el objeto en la mano, comprende el reajuste muscular de la mano y de los dedos sobre el objeto. Termina con el objeto en la nueva posición de la mano.

Un simple Reasir no comprende más que tres pequeños movimientos de los dedos. Los reajustes musculares y digitales efectuados cuando se hace un aplicar presión, están comprendidos en el aplicar presión. Ello significa que un reasir no debe ser asignado en combinación con un aplicar presión. Si la mano abandona el control del objeto e inmediatamente después efectúa otro coger objeto, el movimiento es un Obtener y no un Reasir.

2.4.2.4 Aplicar Presión. Símbolo – A

Aplicar presión es una acción efectuada con el fin de ejercer una fuerza muscular sobre un objeto para completar el control del mismo, para disminuir o para sobrepasar una resistencia a un movimiento. Empieza con el miembro del cuerpo en contacto con el objeto, comprende la aplicación de una fuerza muscular controlada creciente, un tiempo mínimo de reacción para permitir el cese de la fuerza y el abandono posterior de la fuerza muscular. Termina con el miembro del cuerpo en contacto con el objeto pero estando anulada la fuerza muscular.

El objeto no se desplaza más de 6 mm., durante la acción del aplicar presión. Aplicar presión puede ser efectuado por cualquier miembro del cuerpo, es reconocible por una excitación visible durante la aplicación de la fuerza. Comprende 3 componentes:

- 1.- La aplicación de una fuerza muscular controlada creciente
- 2.- Un tiempo mínimo de reacción para permitir el cese de la fuerza.
- 3.- El abandono de la fuerza muscular.

2.4.2.5 Movimiento de los Ojos. Símbolo – E

Movimiento de los ojos es la acción efectuada con el fin de reconocer una característica inmediatamente distinguible del objeto, o de desplazar el eje de

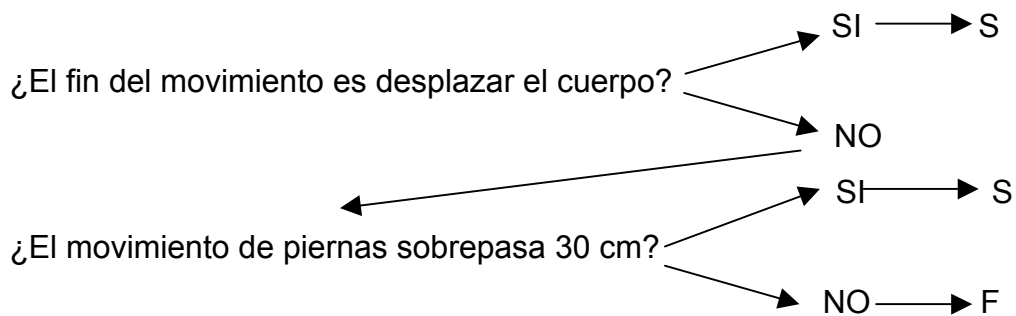
visión hacia una nueva zona. Empieza cuando las acciones deben cesar porque es necesario distinguir una característica de un objeto, comprende la acomodación de los ojos y el proceso mental necesario para reconocer una característica de un objeto. Termina cuando pueden volver a empezar las otras acciones. La zona normal de visión corresponde a un círculo de 10 cm de diámetro a una distancia de 40 cm de los ojos.

2.4.2.6 Andar. Símbolo- S

Andar es un movimiento de la pierna que empieza con la pierna en reposo, comprende un movimiento de la pierna con el fin de desplazar el cuerpo ó un movimiento de la pierna que sobrepase 30 cm. Termina con la pierna en la nueva posición. Para evaluar una operación de andar, es necesario contar el número de veces que el pié toca el suelo.

Andar y movimiento del pié se determinan con la ayuda de la guía de decisión siguiente:

Figura 5. Guía de Decisión - Andar y Movimiento del Pié.



2.4.2.7 Movimiento del Pié. Símbolo – F

Es un corto movimiento del pié o de la pierna efectuado sin el fin de desplazar el cuerpo. Empieza con el pié o la pierna en reposo, comprende

un movimiento que no sobrepasa 30 cm el cual gira alrededor de la cadera, de la rodilla o del tobillo. Termina con el pié en la nueva posición.

El movimiento del pié se asigna con la ayuda de la guía de decisión para el movimiento del pié y andar.

2.4.2.8 Inclinarsse y Levantarse. Símbolo- B

Consiste en la inclinación del tronco seguida de un enderezamiento. Empieza con el movimiento del tronco hacia delante a partir de una posición vertical, comprende el movimiento de inclinación del tronco y de otros miembros del cuerpo, suficientemente para permitir a las manos alcanzar un emplazamiento situado a la altura o por debajo de las rodillas, y a partir de esta posición el movimiento de vuelta a la posición vertical. Termina con el cuerpo en la posición vertical. El criterio para asignar inclinarse y levantarse es saber si el operario puede alcanzar con las manos unan zona situada ala altura o por debajo de las rodillas, y no si lo hace realmente.

2.4.2.9 Movimiento de Manivela. Símbolo –C

Empieza con las manos o dedos sobre el objeto, comprende todos los movimientos de desplazamiento necesarios para mover el objeto sobre una trayectoria circular de más de media vuelta. Termina con la mano sobre el objeto cuando termina una vuelta. Se tienen que considerar 2 variables para la utilización del movimiento de manivela:

Número de Vueltas Efectuadas

El tiempo de 15 TMU por vuelta puede ser utilizado para todos los diámetros de manivela y se aplica tanto para los movimientos continuos como para los movimientos efectuados vuelta a vuelta. El movimiento de manivela se aplica a los movimientos de trayectoria circular tanto si el eje de la manivela

es o no perpendicular al plano de la trayectoria. El número de vueltas debe redondearse al número entero más próximo.

Peso

El peso o la resistencia, influye sobre el tiempo de desplazamiento del objeto. Las reglas de añadir GW y PW relativas a los movimientos situar se aplican igualmente al movimiento de manivela. PW se asigna a cada vuelta, tanto si el movimiento es continuo como si se efectúa vuelta a vuelta. GW una sola vez para cada serie continua de revoluciones, y a cada una de las revoluciones si ellas se hacen vuelta a vuelta.

2.4.2 Tabla de Tiempos MTM-2

GA	GB	GC	SIMBOLO	PA	PB	PC
15	35	70	5	15	50	105
30	50	95	15	30	75	130
45	70	115	30	55	95	150
65	90	135	45	75	120	180
85	115	160	80	100	150	205

GW Por Kg. 5		Peso > 2 Kg./mano			PW por 5 Kg. 5	
A	R	E	C	S	F	B
70	30	35	75	90	45	305

La unidad de medida en MTM es el TMU (unidad de medida de tiempo)

1 TMU = 1 cmh (una cienmilésima de hora)

Sin embargo considerando que la unidad de medida es que aplicaremos será la centésima de minuto, y con el fin de facilitar la transformación de TMU en

centésimas, hemos convertido la tabla de tiempos TMU, en otra con los tiempos en diezmilésimas de minuto (dmn) por lo que dividiendo el resultado de la tabla de tiempos (dmn) por 10, obtendremos el valor en centésimas de minuto.

3. REQUERIMIENTOS

3.1 LA EMPRESA

Con el fin de desarrollar el software multimedia, fue necesario tener bases sobre el Sistema de Manufactura Modular, por esta razón previamente a la presentación de este proyecto se trabajó en la fábrica de "Confecciones MORRY'S" ubicada en la carrera 18 con calle 38 en el edificio Pasarela 3 piso.

Esta fábrica maneja dos marcas de ropa, una es TOM KIDS orientada a la fabricación de ropa infantil y TOMBSTON para ropa de hombres.

3.1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

3.1.1.1 Perfil de la Empresa

DATOS GENERALES:

- Razón Social: CONFECCIONES MORRY'S
- Dirección Empresa: Carrera 18 No 38-10 Piso 3
- Teléfonos: 6301619 - 6334358
- Fax: 6330440
- E-mail: cmorrys@hotmail.com
- Nit: 91278757-1/27947368-8
- Gerente Comercial: Javier Enrique Moreno.

- Sector Económico de la Empresa: Confección

3.1.1.2 Antecedentes de la Empresa

Confecciones MORRY'S inicia posicionando sus productos en el ámbito nacional, siendo su principal producto la Ropa Sport para Niño; Confecciones MORRY'S vende sus productos al mercado nacional y exportan a países vecinos como Ecuador y Venezuela, logrando consolidarse nacionalmente y traspasando las fronteras, gracias a la exclusividad de sus diseños y calidad en sus prendas.

Actualmente las instalaciones donde se encuentran permiten tener una mayor productividad y ampliar su capacidad de producción, satisfaciendo tanto las necesidades de los clientes como las exigencias del mercado.

Con el tiempo ha venido diversificando sus productos para ampliar el mercado, creando nuevas líneas de ropa como son las camisetas y camisas para hombre con su marca Tombstom, y en su línea infantil la ropa sport para niña con su marca Tom Kids, ambas con gran aceptación entre sus clientes. Actualmente Confecciones MORRY'S, con su marca TOM KIDS produce ropa para bebé, ropa casual para niños, niñas y junior, abarcando desde la talla 0 hasta la 16, es una marca que cuenta con diseños exclusivos y calidad en sus prendas; Confecciones MORRY'S con sus marcas TOM KIDS Y TOMBSTON se encuentra bien posicionado en el mercado nacional, además de estar realizando exportaciones a Ecuador y Venezuela, aunque a este último se han frenado un poco las exportaciones debido a los problemas económicos presentes en ese país.

3.1.1.3 Visión, Misión y Objetivos de la Empresa

- MISIÓN

Ser una empresa de confecciones líder nacionalmente, incursionando en mercados internacionales, buscando la satisfacción de los clientes; trabajando con un equipo de proveedores y recurso humano altamente calificado, responsable y honesto, con una permanente actualización integral, cumpliendo con estándares de calidad y generando bienestar social.

Confecciones MORRY'S se caracterizará por mantener procesos de investigación y desarrollo con el objetivo único de adaptar la tecnología necesaria en el campo de la confección de sus productos, la comercialización y servicio al cliente

- VISION

Ser una empresa de confecciones líder en el mercado nacional e internacional, a través de los alcances en investigación y desarrollo de sus diseños, proyectando la perfección de sus líneas infantil y masculina, hacia la alta calidad y competitividad, para que los clientes encuentren en los diseños, además de la plena satisfacción un gusto y una imagen.

Confecciones MORRY'S planea ampliar la cobertura y la participación nacional e internacional como aporte al crecimiento y desarrollo de esta gran organización.

- OBJETIVOS

- ▣ Mantener la empresa en el mercado.
- ▣ Incursionar en mercados internacionales principalmente con marca propia.
- ▣ Fortalecer el mercado nacional, posicionando la marca y los productos.

La empresa siempre pensando en la satisfacción y exigencias del mercado ha procurado tener una mayor productividad y ampliar su capacidad de producción, apoyados en este pensamiento es cuando deciden aplicar

nuevas herramientas en cuanto a producción que permitan mejorar estos aspectos, inclinándose por el Sistema de Manufactura Modular.

Para lograr este objetivo se contó con la ayuda del Ingeniero Ricardo Villalba, quien es Asesor en la implementación del Sistema de Manufactura Modular y es por medio de él, que se pudo obtener la documentación y guía sobre el tema, al trabajar bajo su supervisión en la empresa.

Aquí se implementaron diferentes actividades para la aplicabilidad del sistema modular, como fueron:

- Charla de motivación donde se explico los estándares en una planta de manufactura, su función, las eficiencias individuales, las del grupo, que es un sistema modular y como se implementa, además de un juego en el que se aplican los conceptos de manufactura modular.
- El levantamiento de los tiempos estándar, apoyados en vídeo.
- La elaboración de los diagramas de procesos por prendas.
- Los cuadros de costos de acuerdo al rendimiento de la mano de obra directa, indirecta y los gastos de la empresa.
- La estructura de costos por manufactura, determinando el valor minuto de la mano de obra directa, indirecta y gastos generales.
- Diagrama de recorrido de la planta y mejoramiento de acuerdo al balanceo de maquinaria de acuerdo al flujo del producto.
- Fichas técnicas de costos por producto, teniendo en cuenta el consumo de materia prima, insumos, el valor de la mano de obra, el margen de utilidad.
- Manejo de cuadros de Eficiencia individuales.
- Establecimiento de cuadros de Control de producción y rendimiento por modulo.

En esta etapa, se reunió toda la información posible sobre el Sistema de Manufactura Modular, logrando no solo tener la información sobre el tema, sino realizar el proceso en una forma practica y no simplemente en el papel.

Además se conto con la posibilidad de conocer un software llamado ESTIM, el cual permite la elaboración de los tiempos de fabricación de la mano de obra directa, sin la necesidad de utilizar el cronómetro en la planta de producción, de forma rápida y con la máxima precisión. La base de este sistema son los tiempos predeterminados (MTM-2) con los que se crean elementos específicos para la industria de la confección y análogas, pudiendo estudiar cualquier tipo de operación de todas y cada una de las secciones de producción.

De aquí surge la idea de realizar un software que permita al estudiante conocer acerca del sistema de manufactura modular, además de darle la posibilidad de hacer actividades similares a las realizadas por el ESTIM.

En la actualidad en Bucaramanga el ESTIM es un software utilizado en confecciones La Hormiguita y se encuentra en el CDP de la Confección, donde las empresas de confecciones pueden solicitar asesoría al respecto.

El CDP de la Confección sirve como instrumento de apoyo en el desarrollo del Sector Textil - Confecciones, vinculando especialmente a la micro, pequeña y mediana empresa, bajo un enfoque de desarrollo productivo, elevando el nivel de competitividad con la capacitación de operarias de bajos estratos, asesorías y la prestación de servicios.

El **CDP** de la confección en Santander tiene como misión y visión:

MISIÓN: Contribuir al fortalecimiento del desarrollo productivo del sector de las confecciones, proporcionando soporte técnico y tecnológico que permita aumentar la productividad y competitividad textil, creando una nueva cultura empresarial.

VISIÓN: Ser una corporación que ayuda a la integración regional e interregional del sector de las confecciones, promoviendo los valores participativos mediante proyectos productivos y de desarrollo tecnológico apoyados en la realización de alianzas estratégicas con entidades estatales y privadas a nivel nacional e internacional.

Tiene como objetivo, contribuir con el desarrollo, crecimiento y competitividad del subsector de la confección, facilitando el mejoramiento de la actividad productiva y la calidad de vida de las personas, a través de la formación de mano de obra calificada, asesoría técnica y prestación de servicios tecnológicos.

Ofrece formación técnica para la calificación de mano de obra y el mejoramiento de la productividad y la calidad de procesos y productos.

Brinda cursos técnicos a los micro y pequeños empresarios del subsector de la confección y presta asesoría para soluciones prácticas a los problemas de sus empresas.

Además entre los servicios que presta el CDP se encuentran:

- Tecnológicos: consultoría, asesoría y soporte
- Asistencia técnica empresarial.
- Sistema de orientación tecnológica (S.O.T.)
- Elaboración de productos físicos.
- Preconfección: fusionado, encauchado, collarín, crocheta, cerrado de codo, filete

- Terminados: ojalado, botonado, dobladillo invisible, presillado.

Al igual que se debe conocer sobre Manufactura Modular, también se debe tener documentación sobre las metodologías pedagógicas de enseñanza y todos los aspectos tecnológicos que están relacionados con las herramientas software involucradas en el desarrollo de aplicaciones multimedia. En este aspecto se cuenta con formación académica en Ingeniería de Sistemas, además de la capacidad de realizar el software con eficiencia, creatividad y rendimiento.

El desarrollo de este software, se planteo, con el fin de crear una herramienta que permita de una manera clara asimilar el concepto de manufactura modular ya sea en su parte teórica mediante un Tutorial que sirve como guía para los estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS, interesados en el Sistema de Manufactura Modular, ó permitiéndoles desarrollar mediante el autoaprendizaje algunos de los pasos necesarios para su implementación. Esos pasos son: el balanceamiento de una producción ficticia determinada por el profesor, donde los estudiantes después de realizar el operacional de la prenda, ingresaran los datos obtenidos al sistema, el número de unidades a producir, la eficiencia con la que se trabaja en la planta y la cantidad del lote a producir y el software suministra el número de operarios requeridos, el tiempo requerido por cada operario y las unidades que se espera deberían producir. El otro es la determinación del tiempo estándar de cada uno de los pasos del operacional de la prenda, mediante el estudio de un vídeo y los tiempos predeterminados, ó mediante los tiempos por cronometro tomados previamente en la planta.

Con este software se pretende dar apoyo a los procesos de enseñanza del estudiante ayudándolo a desarrollarse en el autoaprendizaje, permitiéndole

explorar los temas del área, según sus intereses de forma que vaya construyendo conceptos, competencias, habilidades y destrezas. Esto se lograra aclarando y reforzando los conocimientos relacionados con el tema del área de estudio, ya que se podrá utilizar el software como herramienta de consulta y de análisis, lo cual se realizara de una forma dinámica, apoyando su estudio por medio de videos, practica y texto.

El ESTIM no es el único software que existe de este tipo, claro está que es el único desarrollado por ingenieros colombianos. Este software es distribuido por CIDETEXCO, si se quiere obtener información sobre este software es posible comunicándose con Marcos Jara al correo electrónico mjara@textil-confeccion.co, ó dirigirse a la pagina de internet www.Textil-confeccion.com.co.

En el mercado existen otros software similares entre los que se encuentran el TPCONT y el MODAPTS.

MODAPTS se deriva del "arreglo modular de los estándares de tiempo predeterminados", es usado para calcular estandares de producción confiables con el fin de mejorar la productividad de una organización. Todos los movimientos requeridos por una persona para terminar una tarea se registran y se analizan para la mejora de los métodos. Aunque a diferencia del ESTIM, este no realiza el estudio de tiempos predeterminados basados en la tabla MTM-2.

4. DESARROLLO DEL SISTEMA

4.1 ENFOQUE PEDAGÓGICO

“La educación trasciende, definitivamente, los límites de la escolaridad; es algo que dura toda la vida y se centra en el desarrollo del individuo en todo su potencial.”

Los procesos de enseñanza y aprendizaje pueden desarrollarse bajo dos métodos, el aprendizaje dirigido por el docente y el aprendizaje autodirigido. En el primer caso predomina la metáfora de transmisión mientras que en el autoaprendizaje predomina el diálogo y la actividad de quien aprende.

En la metáfora de transmisión fluctúa información desde la fuente de ésta, ya sea el docente y/o los materiales de enseñanza, hacia el destinatario de la misma, el estudiante. En la metáfora del diálogo, docentes y estudiantes se ayudan mutuamente en la búsqueda de la verdad. Así, el docente, se convierte en un facilitador que colabora con los estudiantes a apropiarse del conocimiento.

➤ **Aprendizaje dirigido por el Docente:**

Este tipo de aprendizaje asume que el estudiante es un ser dependiente cuya experiencia es de menor valor que la del docente, autores y otras fuentes de aprendizaje; que el estudiante está listo para aprender y que va a la educación con un interés determinado en las materias que se

estudian, cumple con las funciones propias de su labor en espera de recompensas o en su defecto castigos. El estudiante asume que el docente tiene la responsabilidad de decidir qué y cómo enseñarle y que intenta transmitirle de una forma organizada su experiencia.

➤ **Aprendizaje Autodirigido:**

El aprendizaje autodirigido está basado en la idea de que el ser humano cree en su capacidad y necesidad de autodirigirse, que lo motivan incentivos como la necesidad de progresar y de crecer tanto social como individualmente, y en que la experiencia del estudiante se convierte en una fuente cada vez más rica de autoaprendizaje, que debe ser explotada junto con los recursos que ponen a su disposición los expertos. En este sentido se asume que el individuo está dispuesto a aprender lo que lo motiva y necesita para llevar a cabo las diversas tareas que conlleva cada nivel de desarrollo de su vida, siguiendo un patrón individual de aprendizaje.

Es erróneo afirmar que todo aprendizaje dirigido por el docente sea limitante, ni que todo aprendizaje autodirigido sea lo ideal. Si el alumno reconoce la necesidad de ser enseñado, hará uso de los recursos que se le ponen a disposición, sin perder su autodirección. Y, si el docente reconoce que el método de transmisión no es suficiente para estimular al estudiante a asumir parte del proceso de búsqueda de sus propios modelos de pensamiento podrá contribuir de manera más eficiente al desarrollo de cada individuo.

4.1.1 Formas Sistemáticas Para Crear Ambientes de Aprendizaje

El sistema educativo debe ir más allá del conocimiento que posee una persona, debe construir nuevo conocimiento sobre estas bases, llevando al estudiante a adquirir la capacidad de controlar lo que aprende. Con base en

la existencia de los dos enfoques de aprendizaje anteriormente expuestos, coexisten dos formas sistemáticas para la creación y uso de ambientes de aprendizaje¹²; por lo cual es necesario que el profesor decida cuál de los dos enfoques aplicara en su actividad de enseñanza:

- **Enfoque Educativo Algorítmico:** El enfoque Algorítmico se orienta hacia la definición y realización de secuencias predeterminadas de actividades que, cuando se acierta en los supuestos sobre el nivel de entrada y las expectativas de los destinatarios y cuando se llevan a cabo las actividades en forma esperada, conducen a lograr metas predeterminadas. Enfatiza un modelo de enseñanza en el que el diseñador pretende lograr una transmisión eficiente del conocimiento que considera que debería aprender el alumno; diagnostica o lanza hipótesis a partir de las cuales establece el cómo, el hasta dónde y con qué nivel y modelo de conocimientos guiará al estudiante.

Al ser este un modelo en el que predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento, desde quien sabe hacia quien lo desea aprender entonces el papel del alumno, bajo este enfoque es el de asimilar el máximo de lo que se transmiten, convirtiéndose en depositario de los conocimientos de los modelos de pensamiento de su maestro. Estos modelos, la forma de pensar y la información que la sustentan, son el objeto de conocimiento que le profesor trata de transmitir a través de los diversos medios y materiales de enseñanza.

El computador en este caso puede convertirse en un tutor que ofrece diferentes secuencias de aprendizaje y niveles de enseñanza, además se adapta al ritmo de cada estudiante. Los tutoriales y los sistemas de

¹² DWYER, T. Heuristic Strategies for Using Computers to Enrich Education. International Journal of Man-Machine Studies, 6 edition, 1974. Pag. 47

ejercitación y práctica se clasifican como materiales con enfoque algorítmico.

- **Enfoque Educativo Heurístico:** Se relaciona directamente con el aprendizaje autodirigido; el docente aquí entra a estimular la capacidad de autogestión en el estudiante. No se trata de que el profesor no enseñe, solo que el conocimiento no lo proporciona el directamente. El alumno debe construir el conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento, sus propias interpretaciones del mundo, interactuando conjeturalmente con el objeto de conocimiento o con un ambiente de aprendizaje que permita llegar a él.

El computador actúa no como un tutor, sino que ofrece al estudiante herramientas y reglas que le permiten explorar el micromundo y así aprender cosas de él. Existen varios tipos de sistemas heurísticos: sistemas expertos, simuladores, juegos educativos, micromundos exploratorios y sistemas tutores inteligentes.

Sin embargo, para promover el aprendizaje por descubrimiento no basta con que haya dispositivos heurísticos que hagan posible la vivencia en que se basan las experiencias físicas o mentales que realiza el aprendiz. Es necesario que el profesor favorezca el desarrollo de las capacidades de autogestión en el aprendiz.¹³

4.1.2 Tecnología y Educación

La Tecnología, en nuestro caso la Informática como herramienta para el procesamiento automático de la información, exige al docente el desempeño de un rol más dinámico, el cual requiere un acompañamiento y actualización constantes, que permita convertir esta herramienta en un verdadero apoyo

¹³ PIAGET, J. Science of Education and the Psychology of Child. New York; Orion Press, 1970

para alcanzar el fin principal de la educación, es decir, potencializar los saberes, competencias, actitudes y valores, con el fin de socializar este saber subjetivo en el cual prima el elemento humano, y crear enlaces entre la raza humana a través del recurso de las redes de comunicación.

En el caso del computador como herramienta en los procesos de enseñanza y aprendizaje su efectividad radica tanto en las características técnicas que posee la máquina, como en los desarrollos de la tecnología educativa en que se fundamenta el diseño de ambientes de aprendizaje y esencialmente en la utilización que de éste hacen los participantes en este proceso.

Una de las características más importantes del computador es la interactividad que permite establecer con el usuario, mediante el diseño de ambientes que faciliten la intercomunicación hombre - máquina, los cuales se denominan interfaces; a lo anterior se suma la capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión de información, así como la posibilidad de crear ambientes multimediales. Esta interactividad, es lo que genera el concepto de “aprendizaje abierto” que tantas repercusiones sobre la investigación y el desarrollo han generado. Desde esta perspectiva se distinguen dos formas básicas que adopta el conocimiento que se transmite. En primer lugar la noción del “conocimiento encapsulado”, el cual establece que el conocimiento que se puede encapsular en un programa informático es más general y amplio que el conocimiento de un libro u otro sistema de representación no electrónico, brindando al usuario dinamismo en la información y en la interacción. En segundo lugar la noción de “interacción encapsulada” que permite revelar el conocimiento en función de las decisiones del usuario del sistema.¹⁴

Aprovechando las características y potencialidades que nos ofrece la informática y el computador, se abre un nuevo espacio de posibilidades para

¹⁴ CERVANTEZ, Julieta .Metodología para el desarrollo de software educativo. Universidad del Norte, 1998. Pag 9.

acercar los procesos educativos a un mundo global, donde la importancia radica en:

- ✓ Otorgar la posibilidad de que los alumnos experimenten aprendizajes a través del uso de estos medios.
- ✓ Abrir la oportunidad de que el alumno pueda interactuar con otros compañeros y profesores que no se encuentren en el mismo sitio.
- ✓ Establecer educación entre docentes ubicados en sitios geográficos distantes.
- ✓ Permitir a los docentes el desarrollo de actividades didácticas más flexibles y dinámicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- ✓ Acceder a grandes bases de datos, que apoyan los trabajos de consulta e investigación, propias de las actividades educativas.
- ✓ Posibilitar la actualización y capacitación permanente de los docentes en los aspectos referidos a la educación.

4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

4.2.1.1 Usuarios

El software será utilizado por estudiantes de la escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander que se encuentran cursando la materia Métodos y Tiempos.

4.2.1.2 Area de Contenido

- **Tema General:** Sistema de Manufactura Modular, MTM-2".
- **Nivel:** Pregrado de Ingeniería Industrial.

4.2.1.3 Limitaciones y Recursos de los Usuarios

Para el correcto uso del software se requiere que los usuarios posean conocimientos previos sobre el manejo del entorno y aplicaciones de Windows, así como de fundamentación en el análisis de tiempos y la terminología básica de la Ingeniería Industrial, que les permitan entender con mayor facilidad la teoría tratada. El software puede ser usado individualmente por el estudiante o en parejas, sin la supervisión de un profesor; aunque se recomienda contar con ella ante las posibles dudas que puedan surgir en el uso de éste.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales cuenta actualmente con una sala de cómputo compuesta por 25 equipos que pueden ser solicitados para el uso del software.

4.2.1.4 Hardware y Software Necesario

Microprocesador Pentium Intel II de 400 Mhz, velocidad de proceso de 400Mhz, memoria RAM 64 Mb, Tarjeta de Vídeo de 8Mb, Disco Duro de 6.4 Gb. CD ROM 50x, Hardware Multimedia: tarjeta de sonido, micrófono, parlantes.

4.2.2 DISEÑO EDUCATIVO DEL SEM

4.2.2.1 Prerequisitos para el uso del SEM

Para lograr los objetivos del SEM es necesario que el estudiante que lo vaya a utilizar, posea conocimientos previos sobre Métodos y Tiempos o que actualmente este cursando la materia y además domine la terminología general de la carrera.

Respecto al computador, los estudiantes deben poseer los conocimientos necesarios para usarlo de una forma adecuada y así obtener los resultados esperados.

4.2.2.2 Diseño del Ambiente o Micromundos

Teniendo en cuenta todas las necesidades educativas expuestas anteriormente se pretende ofrecer al usuario mediante el software, micromundos que favorezcan la interactividad del usuario con el software, permitiendo que sea el mismo quien elija en cada pantalla los elementos sobre los cuales desee obtener información.

Dependiendo de lo que desee, el usuario contará con elementos multimediales como gráficos, animaciones, videos, sonidos y textos que crean un ambiente lúdico y apropiado para captar la atención del usuario y de esta forma reforzar la teoría mostrada ayudándole a adquirir los conceptos sencillos de forma clara, amena y sencilla; es decir, que con los micromundos se pretende, que además de servir de contexto para lo que se aprende, sean un medio poderoso para favorecer la interactividad y la participación del usuario.

El usuario podrá ir moviéndose en cada uno de estos micromundos, explorando los contenidos a su propio ritmo, y probando de esta manera su nivel de comprensión mediante el trabajo realizado en estos micromundos. Se clasifico el software en cinco micromundos los cuales se describen a continuación:

Un tutorial, el estudiante aprenderá y podrá profundizar explorando diferentes sub -secciones, ubicadas en los tres temas que se presentan:

Justo a Tiempo, Sistema de Manufactura Modular y los Sistemas de Tiempos Predeterminados (STPD).

Estudio de Tiempos: el cual presenta las siguientes opciones:

Tiempos Predeterminados, aquí el usuario podrá escoger entre 5 opciones de vídeo, también es posible que el usuario incluya sus propios videos. Después de seleccionado el vídeo, este se deberá analizar para poder determinar los micromovimientos elementales que lo componen y poder así valorar cada uno de ellos utilizando las tablas correspondientes, el tiempo necesario para ejecutar los diferentes micromovimientos, se podrá fijar basándose, en la tabla MTM - 2, la cual indica tiempos previamente establecidos para los respectivos movimientos.

Tiempos por Cronometro, se ingresaran los datos del diagrama de operaciones completo de una determinada referencia o código y si alguna de las operaciones del diagrama no existe, está se podrá llenar en la opción de operación individual. Esta opción se escoge si los tiempos (por cronometro) fueron tomados con anterioridad, directamente en la planta.

Balanceamiento, de acuerdo o los datos ingresados con anterioridad se podrá realizar el balanceamiento de una producción ficticia, ya sea de un diagrama de operaciones de un proceso ya registrado en la base de datos, o un diagrama de operaciones que el estudiante cree, en el que se indicara solamente la operación.

Modulo Profesor, en esta zona el administrador del software podrá actualizar la base de datos en cada una de las tablas del MTM-2, ya sea en su descripción o en el tiempo asignado, y cambiar el nombre de usuario y su clave de ingreso.

4.2.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ DEL SEM

La interfaz es la zona de comunicación entre el usuario y la máquina, de allí su importancia para la educación. Si los mensajes no los comprende el usuario o no se adaptan a sus características especiales, el software no generará interés o motivación en los estudiantes. Los dispositivos de entrada y salida, las zonas de comunicación (menús, texto, apoyo gráfico, colores, balances de las figuras en la pantalla), van a contribuir a mejorar o a obstaculizar la interacción usuario - máquina.

En resumen, el diseño de la interfaz en el software educativo va a contribuir a la motivación, interacción, eficiencia y comprensión del material educativo con el que se aprende o trabaja.

4.2.3.1 Dispositivos de Entrada y Salida

Los dispositivos de entrada utilizados para la comunicación entre el usuario y el SEM son:

El mouse que permite al usuario realizar la exploración y el control de todos los componentes de los micromundos que se ofrecen,.

El teclado que se usa para introducir datos, pedir ayuda y ejecutar el programa.

Al elaborar una herramienta que haga uso de la multimedia, se deben tener en cuenta como dispositivos de salida, dos aspectos importantes el sonido y el entorno gráfico, los encargados de esto son la pantalla y los parlantes.

La Pantalla: es mediante ella que se presentan todos los elementos gráficos que contienen la aplicación además permite visualizar las zonas sensibles, imágenes, textos y en general todos los medios que conforman el software gracias a su capacidad gráfica.

Los parlantes: reproducen los sonidos que complementan la imagen presentada, además de presentar contenidos por medio de la voz. El sonido tiene un componente emotivo en el oyente, lo cual es importante, para crear un ambiente de aprendizaje determinado, siendo este más eficiente al favorecer la memoria auditiva en el usuario. Es importante atender la entonación de las palabras, que también refuerza o anula el mensaje que se habla.

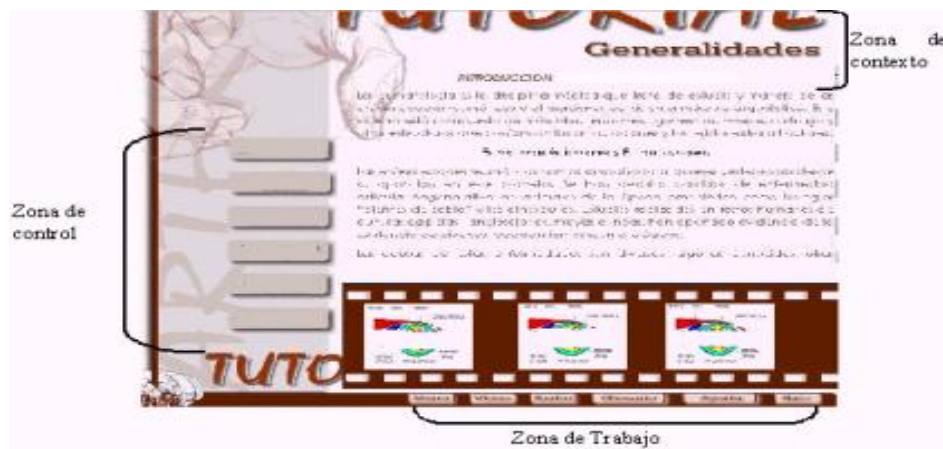
4.2.3.2 Diseño Zonas de Comunicación

Hacer el diseño comunicacional de un software es parecido a hacer el guión de una película. En realidad tienen muchos aspectos en común: Debe elaborarse un guión, planear qué va a aparecer en la pantalla, incluyendo aspectos como escenarios, audio, elementos, personajes, movimientos, etc. Pero existe una diferencia; en una película se cuenta una historia, pero en un computador, además, implica un diálogo directo entre el estudiante (usuario) y el programa. El papel del estudiante es activo: él se moverá dentro del software, actuará en él, y provocará de esta manera una respuesta. El software es pues, en este sentido, más flexible, orgánico, vulnerable a la acción del sujeto. En la definición de estas relaciones sujeto - programa, el software puede provocar total confusión, o ser muy claro. Puede ser hermético o abierto. Puede ser sorpresivo o predecible. Puede ser cambiante, o estático. Puede motivar o provocar apatía. Puede demandar la participación activa del sujeto, o hacerlo ente pasivo. Puede ser complicadísimo, o intuitivo y fácil de manejar. Esto implica que todos estos

cuestionamientos se hayan tenido en cuenta para el desarrollo de las diferentes zonas que irán asociadas a los dispositivos que dan forma a la interfaz y que permiten la comunicación entre el usuario y el computador, además no debemos olvidar que la percepción influye en la comunicación, ya que el usuario de acuerdo a sus propias características perceptivas, prestará atención a una cosa u otra, el tipo de letra, velocidad con que pasan los párrafos, los sonidos, afectarán también a la comprensión del material.

Las diferentes zonas que se presentan en el software son:

Figura 6. Diagrama de las Zonas de Comunicación



- ❖ **Zona de Trabajo:** Son las que contienen los textos gráficos, las animaciones y los videos relacionados con los contenidos que se quieren transmitir en cada uno de los módulos ya especificados; es en esta zona en la que el usuario puede abrir y cerrar las pantallas, acceder a nuevas pantallas por medio de los hipervínculos, acudir a la ayuda, al glosario o desarrollar las diversas actividades que propone el software. En este software cada uno de los micromundos presenta diferentes zonas de trabajo aunque afines entre si, lo que facilita el uso de los controles por parte de los usuarios.

- ❖ **Zona de Control del Programa:** En esta zona el usuario puede acceder a las diferentes módulos o a cada uno de los temas que se presentan en cada uno de los micromundos.
- ❖ **Zona de Contexto:** Representada por las zonas de la pantalla donde se informa al usuario donde se encuentra, es decir el nombre del tema en la parte superior, el cambio del puntero del mouse al pasar por algunas zonas, indicación, menús desplegables en los micromundos que permiten ver todas las opciones.

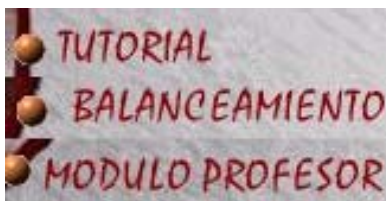
Características de las Zonas de Comunicación

❖ BOTONES

A continuación se realiza una descripción de cada uno de los botones usados en el software:



Los botones en esta barra permiten realizar diversas tareas en cada uno de los micromundos, por lo general la barra posee las mismas posibilidades en cada uno de los micromundos.



Mediante estos botones se logra el ingreso a cada uno de los micromundos que se presentan, para poder trabajar y navegar en ellos.

Se encuentran en la parte izquierda del Menu Principal.

❖ TEXTO

Debido a la extensión de contenidos y conceptos teóricos del tema a tratar, el texto es esencial en el desarrollo del SEM, por esto se trabaja de la siguiente forma:

- Con texto estático, de manera que se brinde la información al usuario todo el tiempo que necesita para comprenderlos, siendo el usuario quien decida avanzar o retroceder según su ritmo.
- Los tipos de letra que se utilizan y su tamaño varían de acuerdo a los fondos y los diseños de cada una de las pantallas

❖ **APOYO GRÁFICO**

Al ser este un software que realiza un estudio de tiempos se hace necesario el uso de material gráfico que permita realizarlo. Por esta razón, se usan videos relacionados con la temática tratada.

Estos videos que se presentan son reales, inicialmente tomados del estudio de métodos y tiempos que se realizo en Confecciones MORRYS, con el tiempo irán variando de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Estos videos permiten al estudiante observar operaciones a las que le determinaran el tiempo estandar, guiándose por la tabla suministrada de valores MTM-2; pueden ser observados por el estudiante el tiempo que requiera.

La inclusión de los vídeos tiene por objeto permitir al estudiante una visualización de la forma de actuar de los operarios frente a algunas operaciones particulares de la elaboración de una prenda o de una actividad particular, lo cual se constituye en un elemento motivador de gran impacto.

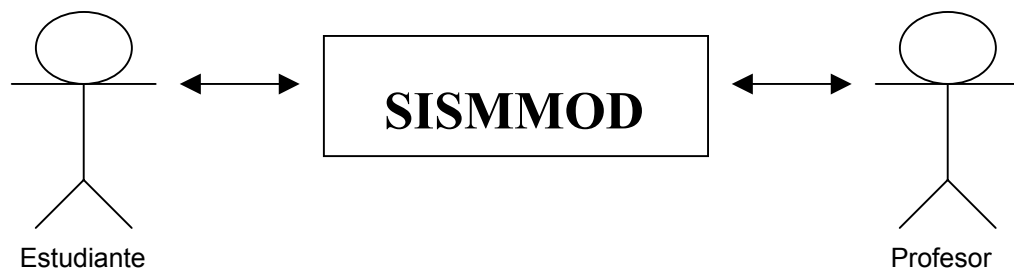
Las animaciones algunas hechas en Flash 5 y otras en Director 8 representan parte del elemento motivador de la aplicación, de manera que hacen parte del proceso de aprendizaje algo divertido e interesante.

Al trabajar con los sonidos, las voces y los efectos musicales empleados en el software, se ha tenido en cuenta crear una atmósfera motivante para el usuario de modo que brinde entretenimiento y al mismo tiempo permita afianzamiento de los conceptos, además de buscar favorecer la memoria auditiva del usuario, de manera que pueda relacionar un sonido con cierto concepto o imagen en un momento determinado.

4.2.4 DISEÑO COMPUTACIONAL DEL SEM

4.2.4.1 Arquitectura del Programa

Como una primera aproximación identificamos a los actores que interactúan con el sistema:



🔗 Módulo Estudiante

Este módulo está compuesto básicamente por el Menú principal a partir del cual se accede a cuatro micromundos, Tutorial, Balanceamiento, Tiempos por Cronómetro y Tiempos Predeterminados. Como opciones alternativas el usuario encuentra el enlace "Web", donde puede consultar páginas web relacionadas con temas afines al sistema de manufactura modular, las cuales presentan temas del Tutorial de una forma más extensa, también el enlace "Acerca de" que permite identificar a quienes participaron en el desarrollo del Software.

Menú Principal: Página elaborada en Director 8, con algunas animaciones en Flash 5. El estudiante tiene la posibilidad de conocer a manera global la descripción de cada uno de los micromundos, simplemente ubicándose sobre el nombre de dicho tema.

A continuación se presenta la estructura de cada micromundo.

➤ **Tutorial:** Consiste en una revista electrónica, en la que el estudiante realiza la lectura basándose en tres temas principales:

Justo a Tiempo, en el que se hace referencia a la relación existente entre el JAT y los Sistemas de Manufactura Modular y teoría sobre este concepto.

Sistema de Tiempos Predeterminados, en el que se nombran los diferentes STPD, pero sobre todo orientándose al MTM-2 que es el sistema utilizado en el software.

Sistema de Manufactura Modular, se resume todo lo referente a la Manufactura Modular, desde su explicación hasta los pasos para su implementación.

➤ **Tiempos Predeterminados:** donde se evaluarán los micromovimientos y el tiempo asignado a cada uno de ellos, mediante el estudio de un video, además estos datos quedarán guardados en la base de datos.

➤ **Tiempos por Cronometro:** de los valores correspondientes a cada una de las operaciones presentadas por el estudiante, por observación y valoración directa tal y como ocurre en el cronometraje.

➤ **Balanceamiento:** de acuerdo a un diagrama de operaciones establecido con anterioridad y presentando una producción ficticia en cuanto a tiempo de jornada, unidades a elaborar y eficiencia de la planta.

➤ **Módulo Profesor**

Este módulo es de acceso limitado, solo puede ingresar el docente asignado; se ingresa digitando el código del docente y el password en la pantalla registro de profesor, dicha información queda registrada en la base de datos y es la única válida para el ingreso a este módulo, si el administrador digita mal su Código de Usuario o Password, se le pide verificar sus datos; todo lo anterior mediante mensajes de alerta.

Actualización: Aquí se le presenta al administrador o profesor un menú en el cual puede determinar el tipo de actualización que va a realizar, cualquiera que sea la opción quedará registrada en la base de datos. El profesor podrá actualizar o modificar los datos que se presentan en la tabla de datos MTM-2, la clave de acceso a este modulo, los vídeos que serán estudiados y los temas presentados en el tutorial.

4.2.4.2 Descripción de la Base de Datos

Para relacionar los dos módulos que comprende el software y los micromundos que dichos módulos contienen, se diseñó una base de datos llamada modular.v12; que permite guardar cada uno de los datos ingresados en el sistema ya sea por el estudiante o por el profesor al interactuar con el software; además de permitir estar actualizando su información, la que entra y la que ya estaba almacenada en la base de datos.

4.2.4.3 Manejador de la Base de Datos

Para poder manejar bases de datos en Director es necesario contar con un Xtra llamado V12-DBE Behav Lib D7, D8, este es el extra manejador de bases de datos más versátil y amigable sobre diferentes plataformas sobre

Director Macromedia; e igualmente posee una herramienta de creación de bases de datos llamada V12-Database Engine (V12-DBE), la cual es una excelente herramienta para desarrollar aplicaciones interactivas que necesiten manipular contenido dinámico, debido a que el permite manejar texto, números, fechas, imágenes, sonidos, y otros elementos de Director de una forma más eficiente.

La base de datos se creó principalmente para permitir al usuario catalogado como estudiante acceder a la información de los módulos de balanceamiento, estudio de tiempos, ya sea en Tiempos por Cronometro o Tiempos Predeterminados; y permitir que los profesores o el administrador actualicen ya sea los videos correspondientes al modulo de estudio de tiempos o de los datos ingresados con anterioridad en el software.

V12-DBE crea dos archivos en el momento de la creación de la base de datos, un archivo V12 que es la base de datos en si y otro archivo .txt donde se encuentra la estructura de las tablas.

4.2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SEM

El presente software busca apoyar los conceptos relacionados con el sistema de manufactura modular y algunos pasos necesarios para su implementación. El software ofrece experiencias, tanto al estudiante como al profesor, que les posibilitan el desarrollo de habilidades y funciones, que hacen parte activa del proceso de aprendizaje.

4.2.5.1 Funciones Lógicas Disponibles al Alumno

Respecto al alumno el SEM le ofrece opciones como:

- Retroalimentación al cometer algún error, con mensajes de orientación.

- Consulta sobre el contenido
- Ayuda para manejar el software.
- Selección de opciones utilizando el mouse.
- Elección entre varios ambientes.
- Control del ritmo de aprendizaje.
- Decisión sobre el momento de abandono o reinicio.
- Orientación al usuario sobre en qué módulo se encuentra.
- Paso de un módulo a otro cuando lo requiera.

4.2.5.2 Funciones Lógicas Disponibles al Profesor

- Información inicial a los estudiantes (objetivos, trabajo a realizar, materiales y metodología, fuentes de información...).
- Edición de los contenidos de la temática almacenada.

4.2.5.3 Software Necesario para su Implementación

- **FLASH¹⁵**. Es una herramienta que permite crear aplicaciones basadas en vectores que se cargan rápidamente, logrando crear actividades interactivas y formularios en la web. Es el software de desarrollo más avanzado para crear animación interactiva, tanto si se crean logotipos animados, controles de navegación o animaciones con gran formato, la capacidad y flexibilidad de Flash es el medio ideal para desarrollar aplicaciones creativas. Los miembros de tipo Flash se componen de cuadros, cada cuadro puede contener distintos elementos, como formas, mapas de bits, botones y sonidos. En lugar de ser elementos estáticos como los mapas de bits, los miembros de tipo Flash varían en el tiempo como el vídeo digital.

¹⁵ MARTINEZ, Jorge. Flash 5 para windows. Anaya. 2001.

- **DIRECTOR 8**¹⁶. Lenguaje de programación, utilizado en el desarrollo de los diferentes módulos de que consta el programa. Macromedia Director 8 es un entorno para la creación de multimedia, se ha convertido en la herramienta de autor estándar del mercado actual para la producción de aplicaciones multimedia e internet, como demostraciones, puntos de información, presentaciones interactivas, juegos, programas formativos, etc. Además, Director es también una herramienta de gran utilidad para crear animaciones en formato de vídeo digital y elementos interactivos en paginas web, no sólo reúne elementos multimedia en una película transferible a distintos soportes, sino que facilita su ejecución gracias a Lingo, el lenguaje de guiones interactivos exclusivo de Director. Director es una herramienta clave en la producción multimedia de páginas web y títulos en CD-ROM, así como para crear presentaciones multimedia de carácter comercial. Para su manejo debemos pensar como la metáfora de Director, en un escenario (Stage). En este escenario puede representarse su propia producción. Cualquier elemento de la producción se denomina miembro del reparto o, simplemente miembro. La pantalla de la computadora donde se desarrolla la acción es una ventana llamada escenario. El resto de los elementos que componen Director siguen también la metáfora cinematográfica.

- **FIREWORKS:** Herramienta escogida para el diseño de las pantallas. Fireworks es un gran programa para crear gráficos en Web. En este nuevo producto de Macromedia se combinan características propias de edición de imágenes, software especializado en Web y programas de dibujo vectorial. Nosotros manejamos básicamente dos elementos que nos da Fireworks: las opciones de previsualización (preview), y las opciones de optimización. En las opciones de optimización tenemos a mano los formatos en los cuales podemos optimizar la imagen, y algunas

¹⁶ ROSENZWEIG, Gary. Macromedia Director 8. Prentice Hall, 2001.

otras que hacen referencia a la calidad que tendrá como resultado final. La combinación que se le da a estas opciones es la que define, en mayor o menor medida, una imagen de máxima calidad con el menor peso posible. Una vez optimizada la imagen, sólo falta exportarla a la carpeta que tengamos designada a tal efecto, en nuestro caso a Director. Para eso vamos a el menú Archivo (File)> Exportar (Export), o directamente al botón Exportar de la barra de herramientas superior. Las imágenes se insertan con su tamaño y su peso original. Algunas de las imágenes debieron ser insertadas desde un Scanner, fue aconsejable determinar la resolución en 200 dpi, y no en 72, como es común para resolución web, ya que de esta manera se obtiene inicialmente una imagen de buena calidad.

- **Herramienta Grabadora de Sonidos de Microsoft:** empleada para la captura, creación y edición de los diferentes archivos de sonidos y voces (Wav) utilizados en los diferentes micromundos. Wav es también conocido como archivos de forma de onda. Este tipo de formato es uno de los más comunes debido a que es fácil de editar, aunque utiliza mucho espacio en disco.

- **Software para el tratamiento de imágenes:** La captura y la digitalización de las imágenes se hizo por medio de un scanner de página completa, guardándolas bajo el formato JPG debido a su alto grado de portabilidad. La creación, edición y posterior tratamiento de las imágenes se hicieron con la ayuda de:
 - Photo Editor: herramienta que sirvió para cambiar el tamaño y el formato de archivo de las imágenes y así lograr una mayor portabilidad y velocidad de carga.
 - Corel Photo Paint: es una herramienta para el manejo de imágenes que contiene funciones innovadoras y fáciles de manejar, aplicables a todos

los niveles de especialización. Cuenta con muchos filtros de ajuste que se pueden utilizar para retocar y refinar imágenes. También incluye filtros de efectos especiales que se pueden utilizar para cambiar completamente el aspecto de las imágenes.

- **Software para la elaboración de vídeos:** Los videos se realizaron en Corel Photo Paint 9.0, la cual ofrece herramientas de edición y creación de películas, que se pueden utilizar para crear protectores de pantallas o para animar un entorno determinado. Los videos realizados fueron guardados en un formato de archivo .MPEG

- **LINGO.**¹⁷ Es un lenguaje de programación. Es una forma de hablar a la computadora proporcionándole comandos y haciéndole preguntas. En Director, podemos hablar con el entorno del programa: El guión (Score), el reparto(Cast) y el escenario (Stage). Lingo es un lenguaje de programación parecido al inglés. Todos los comandos, las funciones y otras palabras clave en Director son palabras, grupos de palabras o abreviaturas en inglés. Lingo es un tipo de miembro de reparto, lo que significa que cuando creamos código Lingo para controlar nuestra película, se guarda en miembros del reparto llamados scripts. Los scripts son miembros del reparto que contienen un fragmento de texto formado por código de Lingo válido. Dichos scripts forman parte del reparto junto con los mapas de bits, sonido y formas de nuestra película Director. Lingo es muy potente. De todas las cosas que se pueden hacer con Director, sólo unas pocas se pueden hacer sin usar Lingo. Casi cualquier proyecto que se haya hecho con software se puede conseguir hacer con Lingo y Director.

¹⁷ Ibid,271

4.2.5.4 Descripción de Pantallas Principales.

🌀 Modulo Estudiante

Al ingresar al software el estudiante se encontrara con el Menu principal, y desde ahí podrá dirigirse a cada uno de los micromundos en el momento que lo desee y a su propio ritmo, siendo él, el encargado de su autoaprendizaje.

En el menú aparecen vínculos a Tutorial, Balanceamiento, Tiempos Predeterminados, Tiempos por Cronometro, Enlaces web, Acerca de y Modulo Profesor. Solo los 6 primeros podrá recorrer ya que el modulo profesor requiere de una contraseña para poder ingresar.

Figura 7. Pantalla Menu

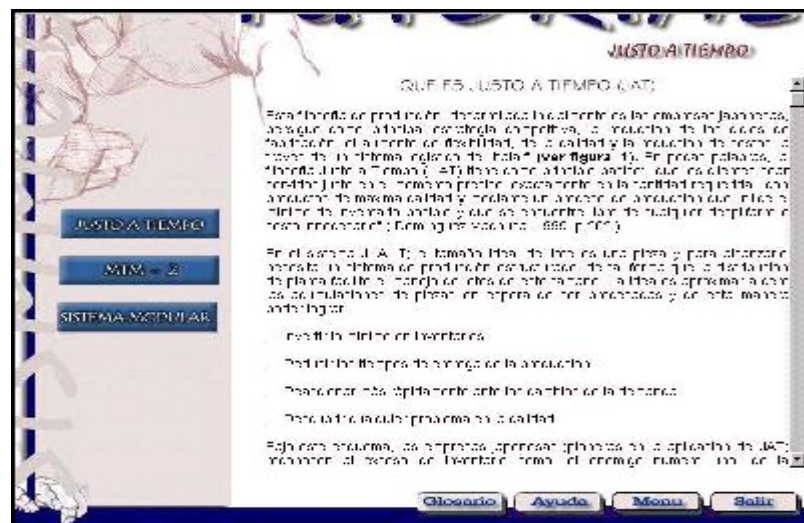


En **Enlace Web**, el estudiante abrirá una pantalla, en la cual se encuentra un listado de paginas de internet, a las que el estudiante con solo dar click sobre la que le interese podrá ir a ella. Esta ventana se cerrará dando click en el botón salir ubicado en el extremo inferior derecho de la pantalla.

En **Acerca de**, aparecen los datos de las personas que colaboraron en el desarrollo del SEM, está ventana se cerrara dando click en el botón salir ubicado en el extremo superior derecho de la pantalla.

Al dar click en **Tutorial**, se llega a este micromundo en el se encuentran tres temas principales: Justo a tiempo, Sistema de Manufactura Modular y Sistema de Tiempos Predeterminados. Al dar click sostenido en estos botones, se abren menús desplegables correspondientes a cada tema, en estos menús se seleccionan los temas que se quiera consultar. Es el estudiante quien decide que tema quiere abarcar, eso estará influenciado por el conocimiento que tenga el estudiante de cada tema.

Figura 8. Pantalla Tutorial



En la barra de tareas se presentan las siguientes opciones:

- ✓ **Ayuda**, aquí el usuario puede consultar las dudas que tenga acerca del contenido del SEM y la correcta utilización y forma de explorar cada uno de los ambientes que componen el software, se realiza además una explicación del funcionamiento de cada uno de los botones con que cuenta el software.

- ✓ **Glosario**, se puede consultar el significado de varios terminos relacionados con el tema, estos se encuentran organizados por letra.
- ✓ **Menu**, al dar click en este botón se vuelve a la pantalla menú.
- ✓ **Volver**, si me encuentro en uno de los sub-temas que presenta el tutorial, para volver al inicio.
- ✓ **Salir**, al oprimir este botón se sale definitivamente del SEM.

En **Tiempos por Cronometro**, nos encontramos con dos opciones al ingresar en este micromundo. La primera es ingresar datos por diagrama operacional y la segunda es hacerlo por operación.

Si se selecciona el botón Ingresar Operacional, se abriría una pantalla en la que primero se debe asignar el número del proceso o código del diagrama operacional y luego se irán agregando el nombre de cada operación. Cuando se le da guardar, estas operaciones son buscadas en la base de datos si ya existen las casillas donde se encontraban no aparecerán, en cambio si la operación es nueva deberá llenarse las casillas correspondientes a esa operación, es decir recurso y tiempo.

Figura 9. Pantalla Tiempos por Cronometro



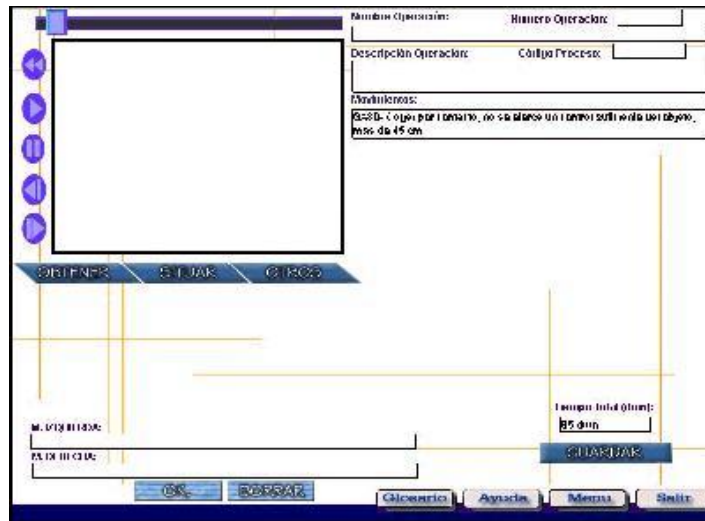
Estos datos se llenan en Datos por Operación aparecen varias casillas, las que se encuentran en la parte superior permiten determinar el tiempo estándar, para esto es necesario conocer el tiempo por cronometro, la eficiencia de la operaria a la que se le tomo el tiempo y los suplementos que se le asignan. Las casillas de la parte inferior son las que permiten el ingreso de las nuevas operaciones a la base de datos, se debe dar el nombre a la operación, el recurso o maquina en la que se ejecuta y la eficiencia.

En **Tiempos Predeterminados**, se puede escoger entre 5 opciones de vídeo, después de escogerlo, es posible correr ese vídeo con los botones de movimiento del vídeo que se encuentran ubicados al lado izquierdo del mismo, o con la barra de desplazamiento del vídeo. La tabla MTM-2 maneja varios movimientos que aparecen al dar click en los botones Obtener, Situar y Otros. Estas tablas podrán ser recorridas con las flechas que se encuentran ubicadas al lado izquierdo.

Se debe determinar el movimiento que realiza cada una de las manos, es por eso que aparecen unas casillas en la parte de abajo, cuando se selecciona un movimiento de la tabla MTM-2 este se ubica en una de estas casillas, luego al dar click en el botón OK se selecciona el más predominante de los dos con el fin de determinar el tiempo. El tiempo total aparece en la casilla ubicada en la parte inferior, este tiempo está dado en diezmilésimas de minuto (dmn) al dividir el resultado por 10 se obtiene el valor en centésimas de minuto.

El botón guardar se debe oprimir cuando ya se ha terminado de valorar todos los micromovimientos, estos datos quedaran registrados en la base de datos.

Figura 10. Pantalla Tiempos Predeterminados



En Balanceamiento, se ingresa el proceso o el código que se quiere balancear, las unidades a producir, la eficiencia de la planta, el tiempo de la jornada laboral y se da click en el botón diagrama operacional, al hacerlo aparece el diagrama operacional de la referencia establecida, después dando click en el botón datos aparecerá el balanceamiento de esa referencia. Si se desea se puede imprimir el resultado o simplemente se vuelve al Menú.

🔗 Modulo Profesor

Como se había dicho con anterioridad este módulo es de acceso limitado para el docente asignado o administrador. En el Menu, dando click en la opción Módulo Profesor aparecerá una pantalla en la que se debe ingresar el nombre de usuario y la contraseña para poder entrar al módulo.

Figura 11. Pantalla Ingreso Modulo Profesor



El botón clave, es donde se muestra el nombre de usuario y la clave, si estos se quieren modificar solo debe cambiar el texto y dar click en modificar.

MTM-2 muestra y permite modificar las tablas de Obtener, Situar, y Otros, se puede escoger el registro a modificar avanzando o retrocediendo con las flechas que se encuentran en la parte de abajo del registro. Para modificar solo debe dar click en modificar. También se puede ver los diagramas de operaciones registrados en la base de datos, modificar los vídeos que se presentan en tiempos predeterminados, agregar nuevos registros. El botón menú que se presenta en la barra de tareas vuelve al Menu.

Figura 12. Pantalla Modulo Profesor



CONCLUSIONES

- ☞ La implantación del Sistema de Manufactura Modular, proporciona a la empresa que lo realiza aumento en la productividad de la mano de obra, la reducción de inventarios en proceso, la reducción del ciclo de fabricación y la economía en el espacio necesario para su operación; sin embargo vale la pena aclarar que la adopción de este sistema exige un cambio profundo en la filosofía y en la forma de operar de la organización, la cual debe comenzar por cambiar los antiguos esquemas de producción e incentivos individualizados y tender hacia la promoción del trabajo en equipo bajo una cultura de calidad total, donde el recurso humano represente un aspecto de máxima importancia y sobre el cual se deben iniciar programas de capacitación en todos los niveles jerárquicos, que les permita conocer la técnica y la filosofía que lleva implícita la manufactura modular.

- ☞ Con el software, al analizar los videos que se presentan, se puede describir el método actual en detalle mediante el uso de una gráfica de operaciones, el estudiante debe presentar o ser capaz de desarrollar un método mejorado. Esto se lleva a cabo analizando el diagrama de operaciones de acuerdo a los tres aspectos de la tarea: uso del cuerpo humano, acomodo del lugar de trabajo y diseño de las herramientas y del equipo; todo esto con el fin de reducir el tiempo standard de la operación y poder mejorar la eficiencia de la empresa.

☞ El desarrollo de software educativo es una necesidad actual que debe ser muy bien atacada, pues el avance tecnológico unido con la cultura informática cada vez mayor a nivel de estudiantes y profesores, permite pensar en tener materiales educativos computarizados cada vez más sofisticados que exploten todo el potencial tecnológico en pro de apoyar efectivamente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por estas razones, la presente es una respuesta a la necesidad de desarrollar medios educativos en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, que permitan una óptima asimilación de los conocimientos y habilidades que requiere el estudiante para la mejor comprensión de los mecanismos de la carrera.

RECOMENDACIONES

- ☞ Ante todo, se recomienda hacer una exhaustiva prueba del programa como tal y una evaluación de la metodología con el fin de lograr una verdadera medida de impacto sobre el proceso educativo.

- ☞ Es necesario llevarlo al trabajo en el aula, donde el alumno entregará aportes de acuerdo a su experiencia y de este modo lograr una apreciación cuantitativa y cualitativa de este hecho, para establecer nuevos requerimientos y correcciones y así mejorar las especificaciones de esta estrategia educativa, en especial lo referente al estudio de tiempos.

- ☞ Para el desarrollo de este tipo de proyectos se recomienda tener conocimientos previos referentes al estudio de métodos y tiempos.

- ☞ SISMMOD se propone como punto de partida para el desarrollo de software educativo que contribuya al apoyo en la enseñanza de la manufactura modular y el estudio de tiempos; para las próximas versiones se recomienda:
 - Ampliar la base de datos permitiendo que se incluyan otras tablas de tiempos predeterminados, como podrían ser los MTM-1.

- Implementar en el software, una zona de autoevaluación donde el estudiante pueda evaluar sus conocimientos.

- Gestionar la compra de los equipos necesarios para permitir al estudiante traer su cámara de vídeo y convertir sus videos, para observarlos directamente en el software.

BIBLIOGRAFÍA

BARNES, Ralph M; Estudio de Movimientos y Tiempos. México: Aguilar, 1986.

BUFFA, Elwood. y RAKESH, K, Administración de la producción y las operaciones. (4 edic.) México; Limusa, 1996. 939 p

Dominguez Machuca, J.A. (1995) Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid : Editorial Mc Graw Hill

Niebel, B (1996) Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos. (9° edición) Mexico; Alfaomega.

Rubinfeld, H (1990) Aplicación de líneas modulares. Revista: La Bobina Notivest, pag. 51 - 52

Uribe Macias, Mario (1998) Productividad y competitividad en las organizaciones latinoamericanas. Revista: Temas y Reflexiones N° 2 Abril pag 73