

**Recepción:** 21 de diciembre de 2015

**Aceptación:** 14 de marzo de 2016

**Publicación:** 29 de marzo de 2016

# MODELIZACIÓN DEL GRADO DE INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN RESPECTO AL CONCEPTO DE CIM. PARTE 2

## MODELING THE LEVEL OF INTEGRATION OF A MANUFACTURING SYSTEM REGARDING THE CONCEPT OF CIM. PART 2.

David Juárez Varón<sup>1</sup>

Ana Mengual Recuerda<sup>2</sup>

Miguel Ángel Peydró Rasero<sup>3</sup>

Santiago Ferrándiz Bou<sup>4</sup>

1. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [djuarez@mcm.upv.es](mailto:djuarez@mcm.upv.es)
2. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [amrecuerda@hotmail.com](mailto:amrecuerda@hotmail.com)
3. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [mpeydro@mcm.upv.es](mailto:mpeydro@mcm.upv.es)
4. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [sferrand@mcm.upv.es](mailto:sferrand@mcm.upv.es)

## RESUMEN

El presente artículo trata de analizar el grado de integración de los elementos de la célula de fabricación de flexible ubicada en el Campus de Alcoy de la Universidad Politécnica de Valencia. Se aplica el modelo matemático planteado para analizar el grado de integración.

## ABSTRACT

This article attempts to analyze the degree of integration of the elements of the flexible manufacturing cell located at Alcoy Campus of the Polytechnic University of Valencia. The mathematical model proposed to analyze the degree of integration is applied.

## PALABRAS CLAVE

CIM; sistema; integración; áreas; informática

## KEYWORDS

CIM; system; integration; areas; software

## INTRODUCCIÓN

Un sistema de fabricación flexible [1] no está condicionado por un tamaño mínimo de lote sino que puede mecanizar incluso piezas únicas en cualquier sucesión, siempre bajo la premisa de la existencia del correspondiente programa de pieza.

En la práctica se utilizan ya bastantes sistemas de este tipo [2]. La concepción técnica y la organización están siempre adaptadas a la tarea específica de fabricación.

La fabricación flexible consta de un proceso automático de mecanizado e inspección, mantenimiento y transporte, bajo un elemento de control que coordina todas las operaciones elementales del equipo.

Las principales funciones desarrolladas por un sistema de fabricación flexible [3] son:

- Mecanización automática.
- Cambio automático de piezas y herramientas.
- Transporte automático entre máquinas.
- Identificación de piezas y herramientas.
- Autocorrección de desviaciones.
- Gestión de máquinas, materiales y herramientas.

Las características de una fabricación flexible son:

- ✓ Flexibilidad.

En el producto en cuanto a: forma, dimensiones, materiales, previsión, etc.

En la producción en cuanto a cantidad, lotes, programas, etc.

- ✓ Automatización

En el mecanizado, cambio de pieza, cambio de herramienta, transporte, identificación, limpieza de piezas, verificación de piezas, etc.

- ✓ Productividad

Debido a la fabricación desatendida, rapidez de cambio de herramienta, rapidez de cambio de pieza, pocas averías, optimización del mecanizado, etc.

- ✓ Calidad del producto

Asegurada por: la inspección de piezas, precisión de las máquinas, estabilidad térmica, rigidez de las máquinas, autocorrección, etc.

- ✓ Fiabilidad del proceso

Gracias al: control de desgaste, control de desviaciones, control de condiciones de mecanizado, mantenimiento preventivo, etc.

## DESARROLLO

### OBJETIVOS BUSCADOS CON EL CIM

Considerando el CIM [4] como la utilización integrada de la informática en todos los ámbitos de fábrica relacionados con la producción (interacción de CAD (Diseño), CAP (Planificación), CAM (Fabricación), CAQ (Garantía de Calidad) y PPC (Planificación y Control) a nivel de tecnología de la información), podemos seleccionar los siguientes parámetros como índices para evaluar el funcionamiento de un Sistema de Fabricación Flexible y su proximidad al CIM [5]:

- Planificación de la empresa: objetivos, pronósticos, estrategias, operativa.
- Contabilidad Industrial: costes, financiera, sueldos y salarios, instalaciones.
- Ventas: Consultas de clientes y ofertas, Administración y seguimiento de pedidos, Planificación de ventas.
- Compras: Selección de Proveedores, Sistema de pedidos y su seguimiento, Tramitación de devoluciones, facturación.
- Planificación y control de la producción: programa de producción, cantidades, materiales, fabricación, lanzamiento y seguimiento de órdenes de trabajo, Inventario y estadísticas.
- CAD: Esquemas, cálculos, especificaciones, simulación, conservación de lista de piezas, cálculo previo de costes, modificaciones.
- CAP: (Planificación asistida por ordenador) Planificación del trabajo, administración de los procesos, planificación del montaje, verificación, medios de producción, simulación de procesos de fabricación y montaje, Normalización y control de normas.
- Garantía de Calidad: Planificación de la calidad, control y supervisión, verificación, documentación, estadística.
- CAM: Control de sistemas de mecanizado y transporte, supervisión de máquinas, Obtención de datos del taller y obtención de datos de las máquinas.
- Control de taller: Administración de órdenes de trabajo, lanzamiento de órdenes de fabricación, lanzamiento de órdenes de flujo de materiales, Supervisión del taller.
- Almacén: Administración de las órdenes de almacén, administración del almacén, especificación de trabajos, supervisión.
- Transporte: Administración de órdenes y programación de medios de transporte, control y supervisión.
- Fabricación de piezas: Administración de órdenes, especificación de trabajos, abastecimiento y retirada interna de materiales., supervisión del estado de las instalaciones, administración de programas NC, RC, PLC, control de procesos.
- Montaje: Administración de las órdenes de trabajo, especificación de trabajos, abastecimiento y retirada interna de materiales, supervisión del estado de las instalaciones, administración de programas NC, RC, PLC, control de procesos.
- Embalaje: Administración y programación de las órdenes de embalaje, administración de programas NC, RC, PLC, abastecimiento y retirada interna de materiales, control de procesos, preparación de la mercancía, embalaje y rotulado, supervisión del estado de las instalaciones.
- Expedición: Administración de las órdenes de expedición, control de la expedición.

- Conservación: Planificación del mantenimiento preventivo, programación de las órdenes, administración y supervisión de las órdenes, ejecución de las órdenes de mantenimiento y reparación.

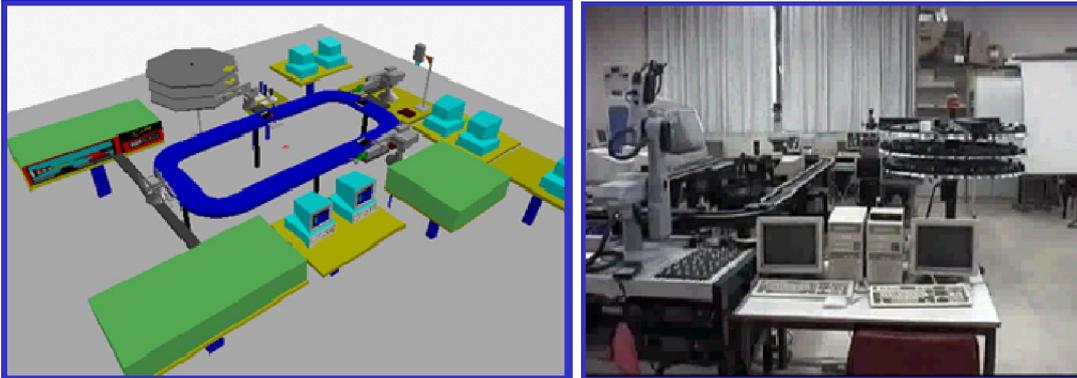
De esta manera, los objetivos que persigue la empresa busca con el C.I.M. son:

- Especificar Sistema de Fabricación Flexible a implantar en una industria.
- Ensamblaje de módulos con diferentes partes y piezas (electrónicos, mecánicos, etc.)
- Conocer y usar correctamente distintos componentes mecánicos.
- Habilidad para poner en marcha sistemas automatizados.
- Ensamblar y desensamblar componentes mecánicos.
- Conocer, optimizar e instalar componentes neumáticos (Cilindros, Válvulas).
- Leer y Desarrollar planos de circuitos neumáticos.
- Conocer el uso de compresoras y secadores.
- Conocer el uso de los distintos tipos de sensores (inductivos, capacitivos, ópticos, etc.).
- Conocer la Estructura y modo de operación de un PLC.
- Programar un PLC con diferentes lenguajes de programación.
- Conocer la interfase entre un PLC y el Controlador de un Robot.
- Conocer la Estructura de un Sistema Automatizado.
- Diseñar e implementar Sistemas Automatizados.
- Conocer las aplicaciones de sistemas LAN, RS-232 buses de campo y comunicación industrial.
- Conocer el uso de Estructuras Maestro-Eslavo.
- Conocer el uso de la relación Cliente/Servidor.
- Conocer el uso de un sistema de Visión (Cámara 3-CCD).
- Programar robots industriales.
- Conocer el uso de sistemas de ensamblaje automatizados y los diferentes tipos de grippers.
- Localizar y corregir fallas en un Sistema Automatizado.
- Optimizar sistemas automatizados.
- Conocer y operar máquinas herramientas CNC (Torno y Fresadora).
- Programar y simular usando programas NC.
- Diseñar piezas de trabajo usando software CAD.
- Generar programas CNC usando software CAM.
- Conocer el uso de los Sistemas de Transporte y su interacción con los sistemas de producción.
- Mantenimiento de unidades y/o Sistemas de fabricación flexible.
- Balancear Líneas de Producción.
- Planeamiento y Control de Materiales.
- Administrar y controlar inventario.
- Toma de Tiempos en una línea de Producción.
- Aplicar conceptos de MRP, JIT y TQM.
- Diseñar Diagramas de Procesos para distintas líneas de producción.

## EXPERIMENTAL

### CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA – CAMPUS DE ALCOY

La Célula “Open-CIM”, del fabricante ESHED ROBOTEC, está situada en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales, Edificio Viaducto, de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia.



**Figura 1.** Sistema de fabricación flexible: simulación y real. **Fuente:** elaboración propia.

### ELEMENTOS DEL SISTEMA

Consta de los siguientes componentes:

#### Elementos Integrados:

- Almacén automatizado en forma de carrusel (ROUND ASRS), marca ESHED ROBOTEC
- Cinta transportadora con dispositivos de lector magnético para identificación de palets, para 4 estaciones de trabajo, marca ESHED ROBOTEC
- PLC, marca OMRON, modelo SYSMAC CQM1
- Lector de código de barras, marca SYMBOL
- Máquina de Medición por Coordenadas, marca DEA, modelo MASTER P
- Visión Artificial, marca SONY, modelo ROBOT VISION PRO
- Mesa XY para ensamblajes en 2D, marca ESHED ROBOTEC
- 2 Robots, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER VII + 2 controladores de robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER VII
- 1 Robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER V PLUS + 1 controlador de robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER V PLUS
- 1 Estación de Trabajo (PC) para CAD/CAM
- 1 PC para Manager
- 3 PCs para Estaciones de Trabajo (CIM PC1, CIM PC2, CIM PC3)
- 1 PC para Elemento: Máquina de Medición por Coordenadas
- 1 PC para Elemento: Visión Artificial

### Elementos no Integrados:

- Torno de Control Numérico, Marca ALECOP, modelo MÁGNUM, con Control Numérico FAGOR 8025.
- Fresadora de Control Numérico, Marca ALECOP, modelo SUPERNOVA, con Control Numérico FAGOR 8025.
- 1 Robot, marca MITSUBISHI, modelo MOVEMASTER EX MELFA RV-M1 + 1 controlador de robot, marca MITSUBISHI, modelo MOVEMASTER EX MELFA RV-M1
- 1 PC para Estación de Trabajo

## ÍNDICES CARACTERÍSTICOS DEL SISTEMA "OPEN-CIM"

La célula de fabricación flexible ubicada en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales, en la E.P.S.A., U.P.V., es una versión educacional destinada principalmente al mecanizado de piezas de ejemplo, ensamblaje y verificación de parámetros.

A continuación se listan los parámetros característicos, clasificación y valores orientativos que se manejan actualmente:

CRITERIO	CARACTERIZACIÓN	VALORES
Flexibilidad de producto	Piezas semejantes (familias de piezas)	---
Productividad	Media	---
Tiempo de ciclo	Variable, generalmente de longitud media	12-15 min. c.u.
Tamaño de lote	Variable	4-5
Preparación	Escasa, tiempo de preparación corto	30 s. – 1 min.
Régimen de trabajo	Por herramientas o almacenes	---
Flujo de materiales	Flexible	---
Control del flujo de materiales	Forzosamente con asistencia de ordenador	---
Transporte	Por herramienta o almacenado	---
Repercusión de las perturbaciones	Mediana	Alta

**Tabla 1.** Parámetros característicos del sistema "Open-CIM". **Fuente:** elaboración propia.

## ÁREAS DEL CIM: EXISTENCIA, INFORMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN

A continuación se listan las diferentes áreas del CIM, donde de manera simplificada quedan plasmados los datos que manejan, así como las interrelaciones con el resto de áreas (a nivel de integración).

### CONTABILIDAD INDUSTRIAL

Esta área no está contemplada en el sistema "OPEN-CIM", por lo que no aparece ni informatizada ni integrada.

## PLANIFICACIÓN DE EMPRESA

Esta área no está contemplada en el sistema “OPEN-CIM”, por lo que no aparece ni informatizada ni integrada.

## VENTAS

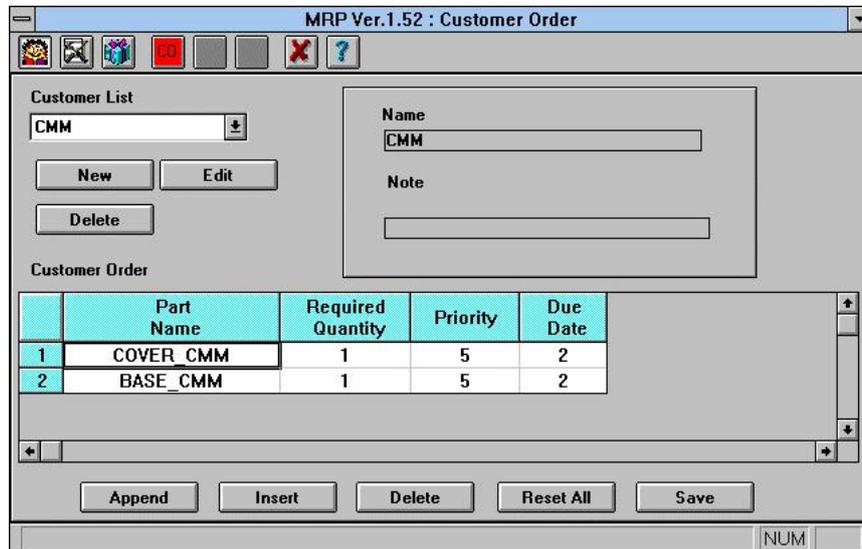


Figura 2. Área de ventas – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada. Los datos son introducidos por el personal que recepciona los pedidos.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del cliente
- Nombre del pedido
- Comentarios al pedido
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, prioridad y fecha de entrega.

## COMPRAS

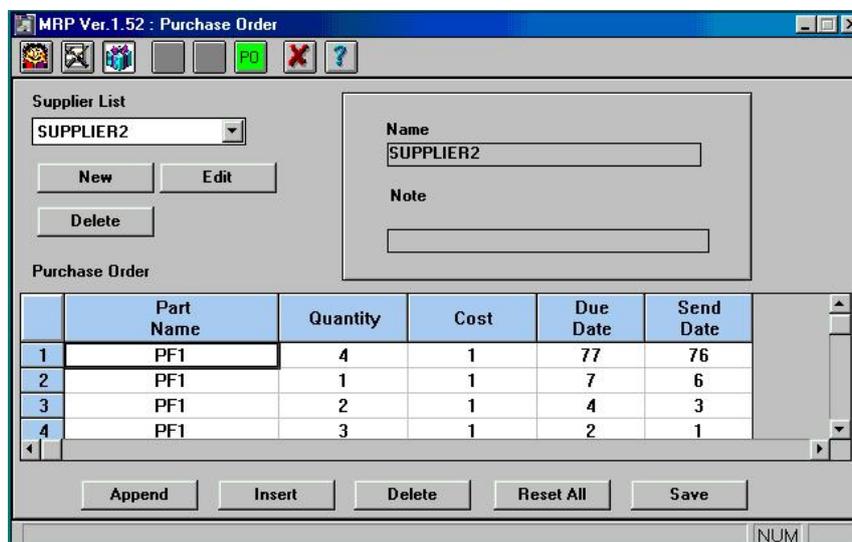


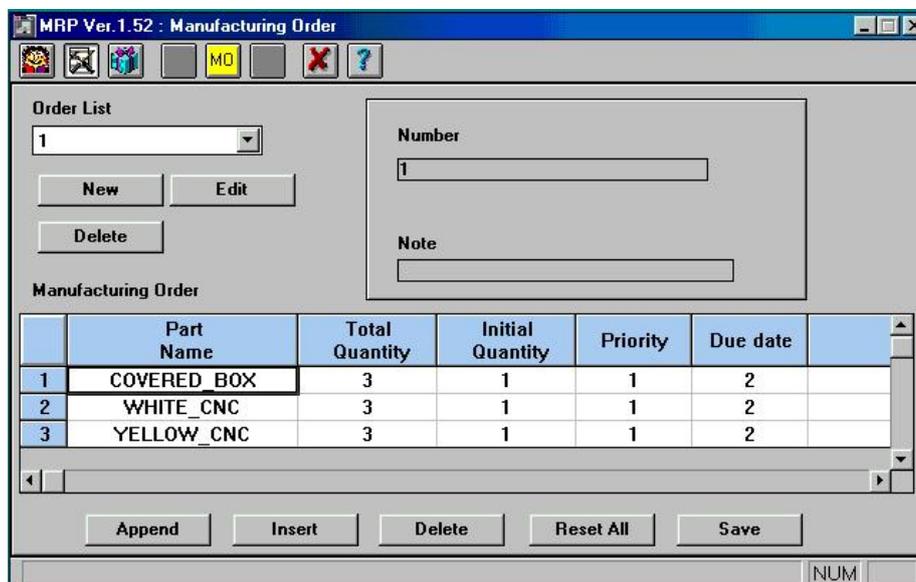
Figura 3. Área de compras – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada. Los datos son introducidos por el personal que realiza los pedidos. Está unido a Ventas, Planificación (PPC) y Almacén (CAM), de manera que tras confirmar un pedido Ventas y lanzar el pedido a fabricación mediante el MRP, comprueba el sistema informático si hay Materia Prima en Almacén y en caso contrario automáticamente informa del lanzamiento de un Pedido a Proveedores.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del proveedor
- Nombre del pedido
- Comentarios al pedido
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, coste, prioridad, fecha de entrega y fecha de envío.

### PPC: PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN



**Figura 4.** Área de planificación y control de producción– sistema “Open-CIM”. **Fuente:** elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada. Los datos son introducidos por el personal que realiza los pedidos. Está unido a Ventas, Planificación (PPC) y Almacén (CAM), de manera que tras confirmar un pedido Ventas y lanzar el pedido a fabricación mediante el MRP, comprueba el sistema informático si hay Materia Prima en Almacén y en caso contrario automáticamente informa del lanzamiento de un Pedido a Proveedores.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del proveedor
- Nombre del pedido
- Comentarios al pedido
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, coste, prioridad, fecha de entrega y fecha de envío.

CAD: DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR



Figura 5. Área de diseño CAD – sistema “Open-CIM”. Fuente: Solidworks.

Esta área sí está Informatizada pero No Integrada.

Los datos que maneja han de ser pasados manualmente al resto de áreas con las que está relacionada.

CAP: PLANIFICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

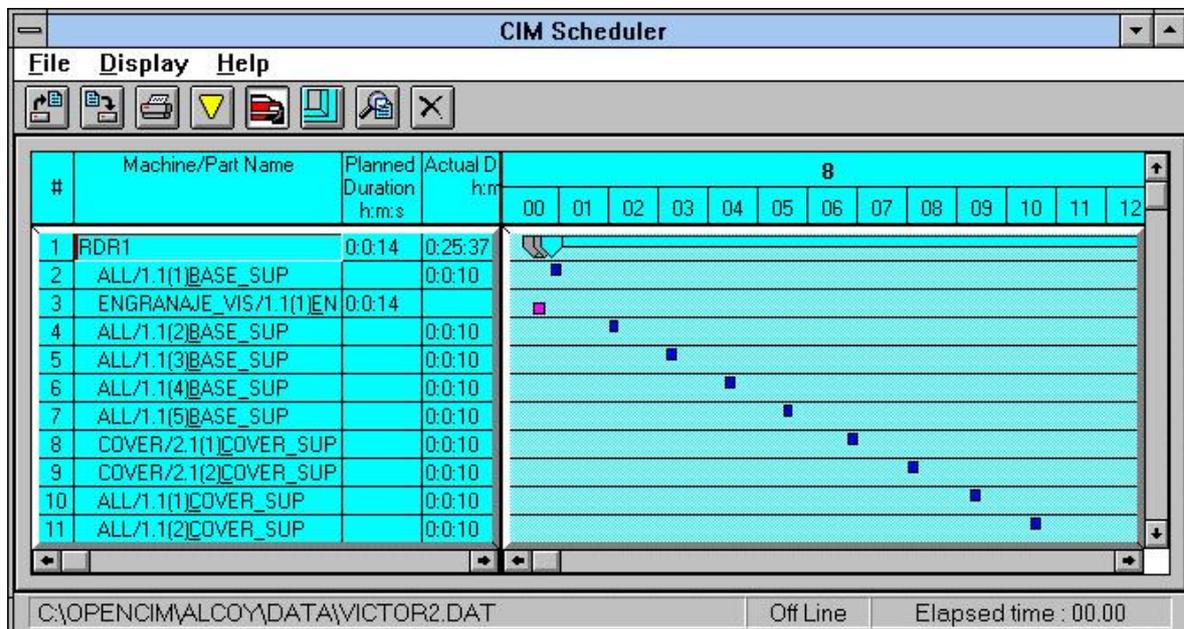


Figura 6. Área de Planificación asistida por ordenador – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

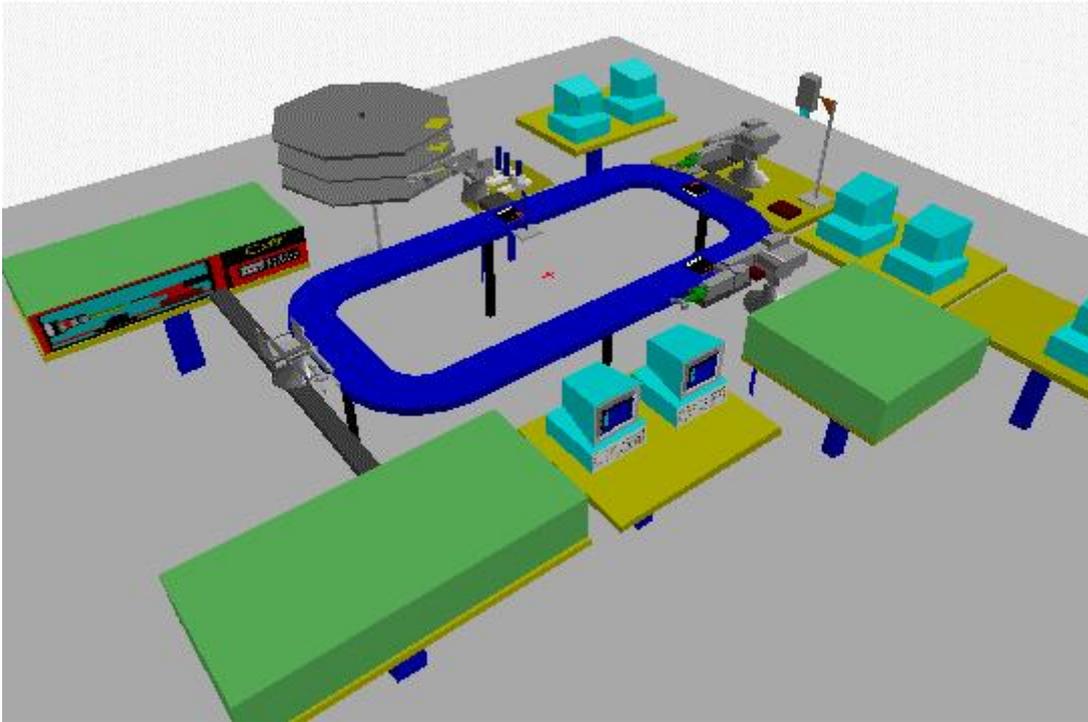


Figura 7. Célula CIM, simulación 3D – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada.

Trabaja con la Planificación del trabajo, así como la simulación de los procesos de fabricación y montaje.

#### CAM: FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR



Figura 8. Mastercam – sistema “Open-CIM”. Fuente: Mastercam.

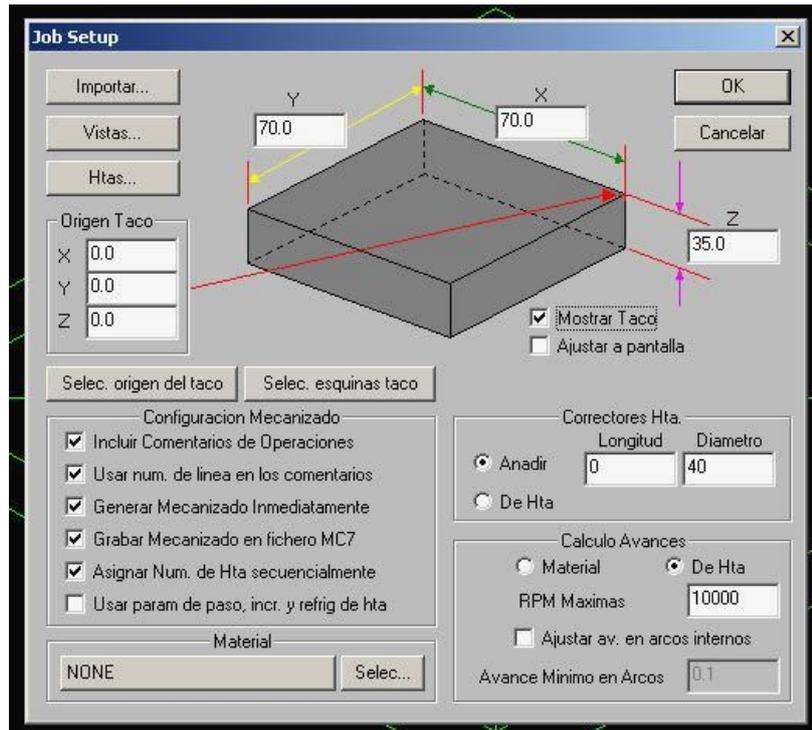


Figura 9. Software MasterCAM – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

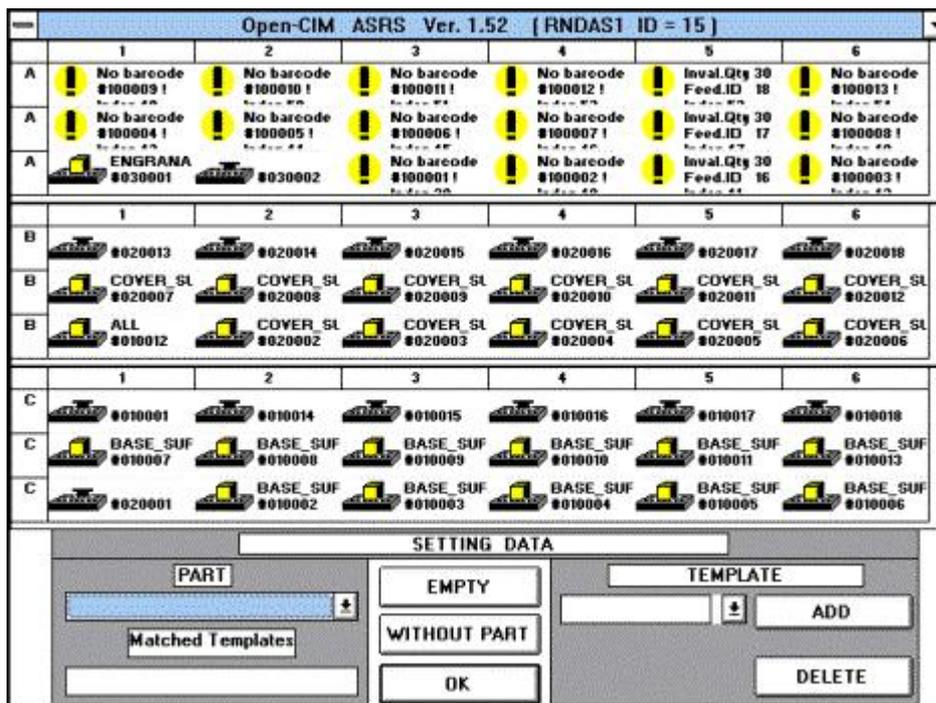


Figura 10. Sistema de almacén de piezas – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

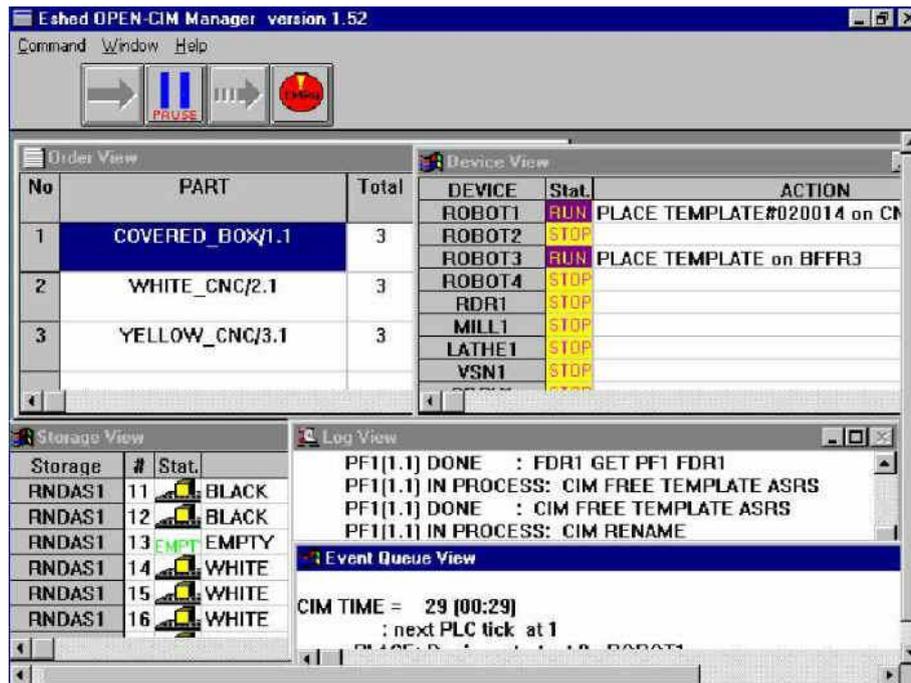


Figura 11. Configuración de pieza – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada.

Maneja datos de Pedidos, Almacenaje, Fabricación, Expedición, etc.

#### CAQ: GARANTÍA DE CALIDAD ASISTIDA POR ORDENADOR

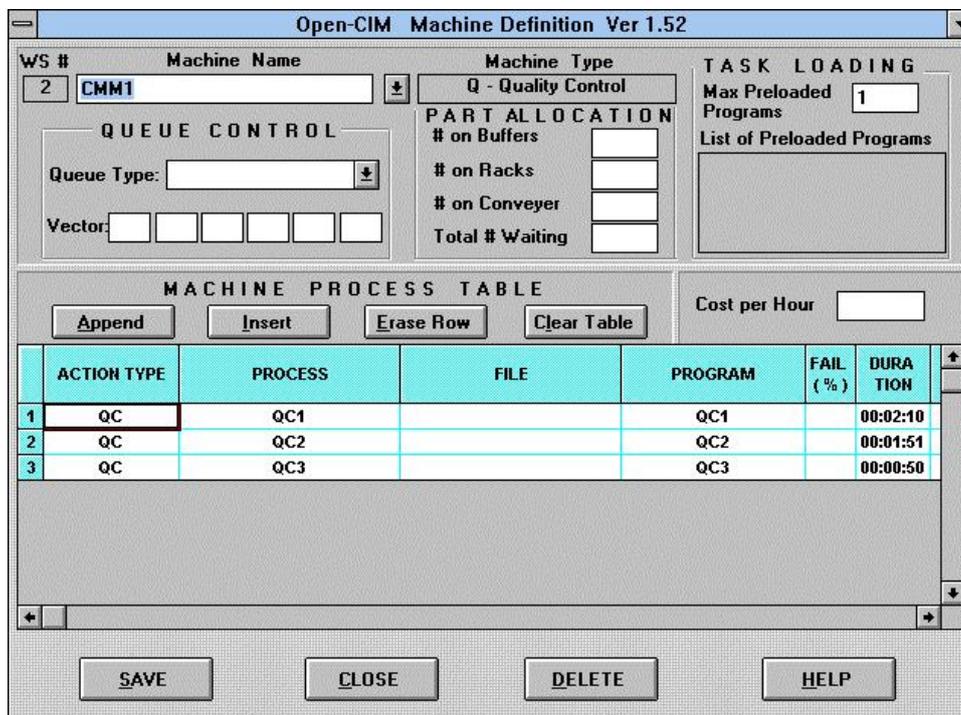


Figura 12. Definición de programa de control de calidad – sistema “Open-CIM”. Fuente: elaboración propia.

Esta área sí está Informatizada e Integrada.

En base a la configuración de la pieza y de los estados o etapas en las que han de realizarse los controles de calidad, se configuran los tipos de control de calidad, equipos que lo realizan y alternativas ante los posibles resultados.

## RESULTADOS

### ESTIMACIÓN DEL GRADO DE INTEGRACIÓN DE LA CÉLULA "OPEN-CIM"

Conforme a los datos indicados y a la aplicación informática desarrollada, los resultados de la Estimación del grado de Integración de la Célula "OPEN-CIM" respecto a la referencia CIM son:

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE INTEGRACIÓN: 72.55 %

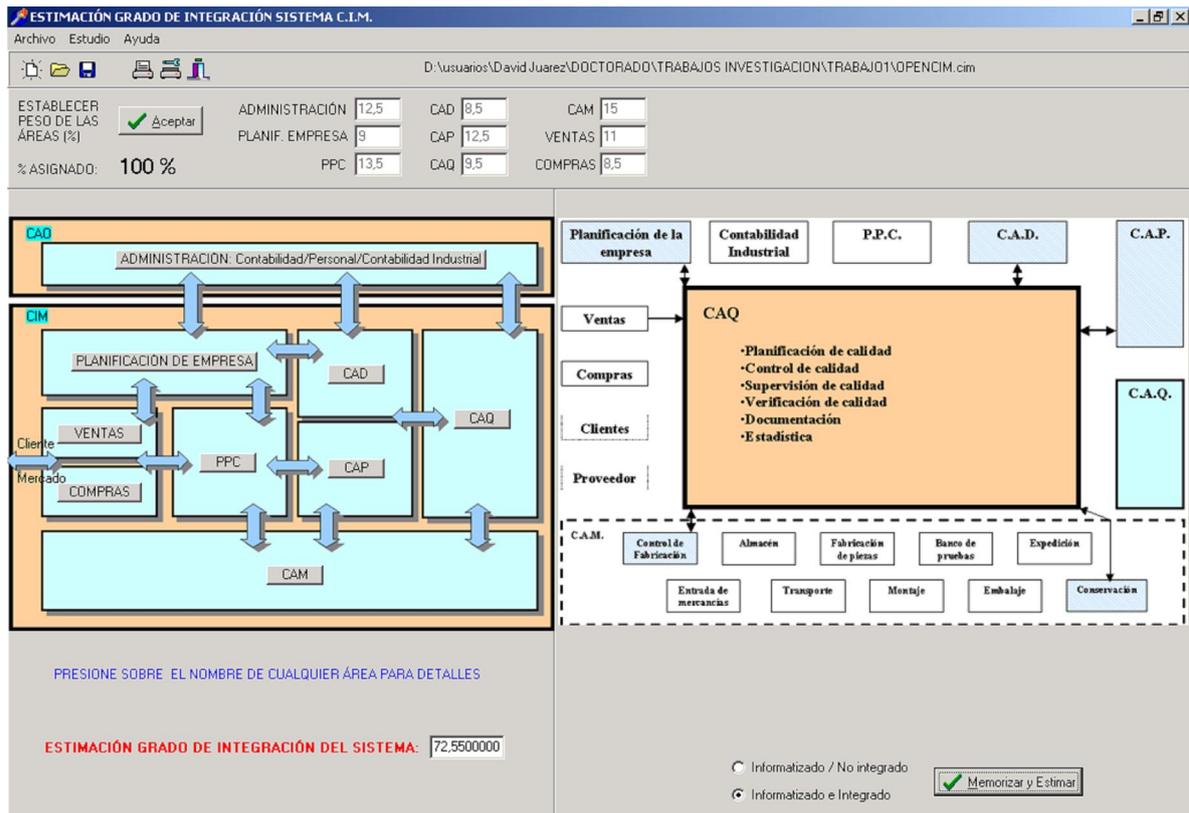


Figura 13. Software de análisis – sistema "Open-CIM". Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Si como propuesta de índice característico de un sistema de fabricación flexible se considera el número de piezas que produce por unidad de tiempo (o el tiempo en producir una unidad de producto, que es lo inverso), la expresión matemática que muestra la proporcionalidad directa o inversa de cada factor (multiplicado cada factor o parámetro por una constante cuyo valor depende del tipo de industria y mercado) sería la que se muestra a continuación.

Como resultado podemos expresar estas relaciones a modo de expresión matemática donde se muestra la proporcionalidad de cada factor con respecto a la decisión de invertir en controles de calidad en sistemas de fabricación flexible. Se ha pretendido elaborar un algoritmo capaz de caracterizar las relaciones existentes entre las diferentes áreas de un Sistema de Fabricación Integrada por Ordenador, asignando pesos con respecto a su relación con producción y a los datos compartidos con otras áreas, teniendo en cuenta el flujo de los mismos: unidireccional o bidireccional.

## REFERENCIAS

1. Groover, M.P., *Automation, Production systems and Computer Integrated Manufacturing*: Prentice Hall.
2. Intelitek. *Intelitek*. 2015; Available from: <http://www.intelitek.com/>.
3. Ferre Masip, R., *La Fábrica Flexible*: Marcombo Boixareu.
4. Wieding, H.B.K.K.H., *CIM. Consideraciones Básicas*: Marcombo / SIEMENS.
5. UNAL, U.N.d.C. *DISTRIBUCIONES HIBRIDAS : LOS SISTEMAS DE FABRICACION FLEXIBLE* 2015; Available from: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/fabricacionflexibel.htm>.