



## **AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN: UN ENFOQUE DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**José G. Mendoza R, Ingeniero Industrial Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela**

### **Resumen**

Aumentar la competitividad de las organizaciones constituye una tarea fundamental de la gerencia moderna. Este trabajo propone una metodología, basada en administración de proyectos y simulación probabilística, que permite a las organizaciones manufactureras mejorar su competitividad a través de la reducción del tiempo de ciclo de producción.

**Palabras Claves: Competitividad, Administración de Proyectos, Simulación Probabilística, Método de Montecarlo, Teoría de Restricciones**

### **Abstract**

Improve companies competitiveness has become in a fundamental task for modern management. This work present a new methodology developed in based to project management tools and probabilistic simulation approach. This methodology must allowed to organization to boost your manufacturing competitiveness as while to reduce manufacturing cycle time.

**Key Words: Manufacturing Competitiveness, Project Management, Computer Simulation, Montecarlo Method, Theory of Constraints.**

### **INTRODUCCION**

La Globalización ha obligado a las empresas a replantear sus formas de negociar. La nueva economía trae enormes beneficios para las organizaciones de alta categoría en sus campos de acción; y en contraposición ocasiona el cierre de las rezagadas, no competitivas. El mercado global es un auténtico campo de batalla, donde las organizaciones libran esfuerzos constantes para mantenerse rentables. El camino directo a esa rentabilidad es ser más productivo. Esto significa, generalmente, transformar eficientemente los recursos disponibles. La función de manufactura es la encargada de transformar los insumos en productos. Para la mayoría de las empresas, compone gran parte de sus activos y su personal. Pero es engañoso pensar en la manufactura como mera masa. Es la anatomía misma de la operación. Son los huesos, los nervios y los músculos de la empresa (11). Una función saludable de manufactura le da a la empresa la fuerza necesaria para resistir los ataques de la competencia, la firmeza para mantener mejoras constantes y consistentes en un medio ambiente altamente competitivo y, lo más importante, le proporciona elasticidad operacional para responder ante mercados y competidores cada vez más volátiles.

El presente trabajo se centra en un aspecto interno operacional fundamental: Mejorar el Rendimiento de la Función de Manufactura; esto proporciona a la empresa ventaja competitiva, decisiva para sobrevivir.

## **EL PROBLEMA**

Con el fin de mejorar el rendimiento de la función de manufactura, es necesario encontrar métodos que permitan gerenciar eficientemente los procesos de producción. Estos métodos no solo deben aumentar la rata de producción por hora, sino que además, deben reducir los gastos operativos, aumentar la capacidad global de la empresa y reducir los inventarios.

Cuando la Gerencia debe iniciar el proceso de aumento de la competitividad, no siempre tiene claro el camino. Una forma de aclarar dicho camino consiste en obtener respuesta a las siguientes interrogantes:

- ⇒ Cuáles son las operaciones que mejoran de forma crítica el desempeño de la empresa en relación con la competencia.
- ⇒ Cómo afecta la incertidumbre el proceso de mejoramiento y qué medidas de prevención podrían ser efectivas, a fin de proteger el proceso de manufactura de los imprevistos.

Estas interrogantes nos llevan a plantearnos los siguientes objetivos:

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar una Metodología, basada en técnicas de Administración de Proyectos y Simulación, que permita mejorar, sistemáticamente, la competitividad de un sistema de producción.

### **Objetivos específicos**

- ⇒ Formular el proceso de manufactura como una red estocástica de proyecto.
- ⇒ Desarrollar un modelo de la red de producción y simular su comportamiento.
- ⇒ Determinar los procesos críticos de la red de proyectos y proponer alternativas de mejora.

## **JUSTIFICACIÓN**

Una premisa fundamental de esta investigación consiste en que la empresa debe mejorar sus procesos y alcanzar sus objetivos de producción, con la utilización de los recursos existentes. La gerencia debe estar segura antes de emprender estudios en nuevas inversiones y tecnología de que los recursos con los que cuenta están siendo explotados hasta su máximo potencial. La aplicación de la metodología proporcionará una visión sistémica del proceso productivo de forma de mejorar el desempeño de la manufactura en aquellas operaciones que representan el mayor impacto o mayor oportunidad de mejora, en lo que se refiere a dos aspectos claves de competitividad. El aumento de la confiabilidad y la velocidad de respuesta proporciona una ventaja competitiva y adicionalmente trae beneficios al sistema de producción como los siguientes:

- ⇒ Aumento de las ventas.
- ⇒ Disminución del trabajo en proceso.
- ⇒ Ahorro de costos de producción.
- ⇒ Mejora el control.
- ⇒ Disminuye el caos de operación.

Por otra parte esta metodología utiliza técnicas que podrían estar al alcance de pequeños y medianos empresarios, por lo que constituye una herramienta gerencia; que puede ser aplicada en procesos de mejora a un costo mínimo. Dotar a la pequeña y mediana industria de herramientas gerenciales efectivas y sencillas es una necesidad de actualidad en nuestra industria; la búsqueda de nuevos métodos y herramientas administrativas logra organizaciones más productivas y mejora el nivel de vida de la comunidad y la población. Por otra parte el estudio de los sistemas de producción como redes estocásticas de proyectos puede constituir una aplicación interesante de la Gerencia de Proyectos. Esto puede ser punto de inicio para el desarrollo de sistemas de apoyo de decisión en organizaciones que deseen basar sus sistemas de manufactura en proyectos.

## **MARCO DE REFERENCIA**

### **Manufactura Competitiva**

Una función débil de manufactura impedirá el buen rendimiento de la organización sin importar lo claro y preciso de la dirección estratégica. Muchas empresas saben de la frustración de ver fracasados sus mejores planes de negocios, reducidos a la impotencia por la incapacidad de Manufactura de traducirlos en acciones operativas efectivas. La estrategia sólo tiene significación cuando se traduce en acción operativa y por el contrario, permanecerá como un conjunto abstracto de aspiraciones si se le mira desde un vacío operacional.

Esto nos conduce a reflexionar sobre el poder competitivo real que una función efectiva de manufactura le puede proporcionar a una organización.

Esto no significa que el sentido de Dirección Estratégica es menos importante. Simplemente nos advierte que para un medio ambiente competitivo, las empresas requieren: tanto genio estratégico como músculo manufacturero. Una dirección estratégica coherente es una condición fundamental para el éxito empresarial, pero esta dirección por si sola no es suficiente.

No hay mejor garantía para el éxito a largo plazo del negocio, ni mejor defensa contra los competidores que sencillamente hacer los productos mejor. Una función de manufactura sana le da ventaja a la organización; una función débil es peor que indiferente: condena a la empresa a la mediocridad en el corto plazo y a la desaparición en el mediano. Si una función de manufactura potente es un cimiento para el éxito estratégico,, entonces todas las empresas deben tomar una visión estratégica de sus operaciones de manufactura (10).

La función de manufactura debe entonces estudiarse como un sistema para poder analizar de forma exhaustiva las variables de entrada y salida de los procesos de producción (2). La teoría de las restricciones nos proporciona una plataforma para estudiar los procesos de manufactura de forma sistemática.(5) Dicha teoría afirma que el rendimiento interno se puede mejorar sistemáticamente liberando a los recursos cuello de botella de sus restricciones de utilización.

Un cuello de botella se define como cualquier recurso cuya capacidad sea menor que la demanda que se le aplica. Puede ser una maquina, fuerza de trabajo escasa o altamente capacitada o una

herramienta especial. La capacidad se define como el tiempo disponible para la producción. Un recurso sin cuello de botella es aquel cuya capacidad es mayor que su demanda. Un recurso restringido por la capacidad (RRC) es aquel donde la utilización es cercana a la capacidad y podría convertirse en cuello de botella sino se programa con cuidado. Por lo tanto:

**UNA HORA QUE SE AHORRE EN UN CUELLO DE BOTELLA DISMINUYE UNA HORA EN TODO EL SISTEMA PRODUCTIVO. UNA HORA QUE SE AHORRE EN UN RECURSO QUE NO ES CUELLO DE BOTELLA ES UN ESPEJISMO, Y SOLO AÑADE UNA HORA MAS AL TIEMPO DE INACTIVIDAD**

Por lo tanto cuando pretendemos analizar el proceso de producción como una red de proyecto estudiamos las interrelaciones entre las tareas o procesos de producción y podemos cuantificar si la mejora de una tarea mejora el tiempo de ciclo de todo el proceso de manufactura. De aquí inferimos que si determinamos cuales son las tareas criticas (no solo las que se encuentran en el camino critico sino aquellas con alta variabilidad que podrían convertirse en criticas) podemos enfocar directamente los esfuerzos de la gerencia en dichas actividades.

### **Administración de Proyectos y Simulación Probabilista**

Para plantear el proceso de manufactura como una red de proyectos debemos considerar al sistema de manufactura como un proyecto basado en distintas actividades. En grandes organizaciones el sistema de manufactura puede ser considerado como una iniciativa multiproyectos (9). Cada proyecto puede ser manejado como una actividad. La red de manufactura comienza con la conceptualización de un producto. Algunas de las tareas requeridas, para llevar este producto al mercado desde la idea, podrían incluir las siguientes:

1. Estudios de factibilidad
2. Estudio de Mercado
3. Estimación de Costos
4. Aseguramiento de la tecnología
5. Diseño y desarrollo de Producto
6. Financiamiento
7. Planeación de Procesos
8. Requerimientos y Especificaciones de calidad
9. Asignación de personal y Adiestramiento
10. Planeación de Operaciones
11. Preparación de Instalaciones
12. Integración de Sistemas
13. Programación de Producción
14. Producción
15. Embalaje y Despacho

La red representada asume que el proyecto de manufactura se basa en un nuevo producto. Cuando la fabricación sea de productos existentes la red se simplificara y puede ser definida en términos de distintas tareas de proyecto. De acuerdo a la complejidad de cada tarea la actividad podría ser representada como un subproyecto. La configuración de la red representada en la figura 1, constituye solo una representación genérica, según la situación de manufactura especifica algunas tareas pueden ser añadidas o eliminadas, combinadas o redefinidas. Los

principios de administración de proyectos se aplican en cualquier caso; cuando el proyecto sea todo el sistema de manufactura o en proyectos de producción convencionales.

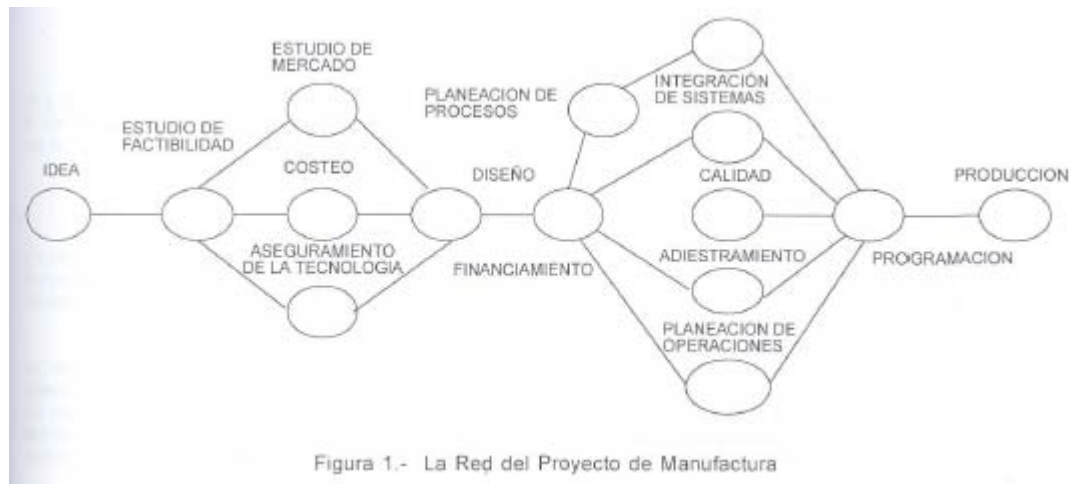


Figura 1.- La Red del Proyecto de Manufactura

### Modelación Estadística de los Tiempos de Duración de las Tareas

Cuando se establece la red, la duración del tiempo de ejecución debe definirse entre determinista o estocástica. La metodología proporciona un método heurístico para definir cuando considerar la duración de una tarea como estocástica.

La simulación probabilística es posible cuando quedan completamente definidas la naturaleza de todas las variables que modelan las duraciones de las tareas. En las duraciones estocásticas las variables aleatorias no quedaran limitadas a la distribución Beta; el tiempo de duración de cada actividad puede modelarse según su distribución más representativa. Para calcular esto puede utilizarse las pruebas de bondad de ajuste clásicas en conjunto con software especializado de simulación (13).

La verdadera distribución de los tiempos de las actividades es difícil de obtener. Aun cuando esta sea conocida puede variar según quien, cuando y donde se desempeñe la actividad. Un componente clave de la simulación estadística de la red de proyectos es la modelación de las duraciones de las actividades. Varios investigadores han trabajado sobre las desventajas de utilizar la distribución beta debido a la sobre simplificación en las estimaciones de las medias y las varianzas de los tiempos de las actividades. A pesar de lo anterior, es posible que, si no se posee software de simulación dedicado, la distribución beta pueda utilizarse para modelar los tiempos de las actividades y generar por medio de un muestreo aleatorio, como el método de Montecarlo, los diversos tiempos para las diferentes corridas de la simulación (3). Si este es el caso y tanto el tamaño de la muestra como la naturaleza de los datos representan adecuadamente la distribución hipotética se puede utilizar la siguiente aproximación. (1)

### Aplicación para el entorno de Producción

A continuación se presenta un método para establecer, con base estadística, los tiempos a, m, y b en una red PERT para procesos de manufactura de taller.

$$\hat{a} = \bar{t} - kR$$

$$\hat{m} = \bar{t}$$

$$\hat{b} = t + kR$$

Donde

R = rango de los datos

t = promedio aritmético de la muestra

k = 3/d2

Si  $kR > t$ , entonces  $a = 0$  y  $b = 2t$ . El factor d2 se consigue ampliamente tabulado en la literatura de control de calidad como una función del número de muestras, n.

A continuación se observan algunos valores de d2

n	10	15	25	30	40
D 2	3.078	3.472	3.931	4.086	4.322

La idea central de este método, es poder utilizar la técnica PERT, en la programación de las actividades de taller, sin caer en el error frecuente, de realizar una estimación deficiente de los tiempos de duración de las actividades.

### Distribución beta estandarizada

$$f(t) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} \quad 0 < t < 1, \alpha > 0$$

= 0, en cualquier otro cualquier otro lugar

$$\mu = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\sigma^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta + 1)(\alpha + \beta)^2}$$

$$\beta = \frac{-(\theta^2 - 34\theta + 1)}{(\theta + 1)^2}$$

$$\alpha = \frac{37\theta^2 + 2\theta + 1}{(\theta + 1)} - 1$$

$$\theta = \frac{5\alpha - 4m - b}{\alpha + 4m - 5b}$$

Se observa que dadas las estimaciones a, b y m podemos determinar la forma de los parámetros de la distribución beta y utilizarla para generar duraciones de las actividades en un muestreo aleatorio.

## **METODOLOGÍA**

El método utiliza una serie de nodos para describir y desarrollar los diversos pasos de la metodología, según el método IDEF(6). En la figura 2 se describe como trabaja en forma general la metodología:

Se comienza con un nodo principal A; en el cual se definen las entradas generales, los controles a los cuales estará sometida la función, los mecanismos que son las técnicas necesarias para ejecutarla y las diversas salidas que genera la función. Estas salidas pueden ser reportes, documentos o acciones.

En el caso específico de la metodología planteada en este trabajo podemos resumir estas variables:

### **Entradas:**

- ⇒ Datos históricos y estimaciones de tiempos y rutas
- ⇒ Recursos disponibles para el proyecto
- ⇒ Procesos de Manufactura existentes en la empresa o dominio tecnológico

### **Controles:**

- ⇒ Especificaciones técnicas y del cliente para el diseño y la fabricación
- ⇒ Presupuesto del Proyecto
- ⇒ Mecanismos
- ⇒ Técnicas de Simulación
- ⇒ Técnicas de Gerencia de Proyectos
- ⇒ Capacidades y Habilidades Gerenciales
- ⇒ Técnicas de mejoramiento continuo o de Calidad Total

### **Salidas:**

- ⇒ Red de Proyecto
- ⇒ Mejoras críticas
- ⇒ Planificación del Proyecto

En el nodo AO se explica un nuevo nivel de la metodología y se observan como interactúan las variables arribas descritas. La metodología consta de fases que a su vez se desglosan en etapas, a cada etapa se le puede asignar un flujo grama para su mejor comunicación.

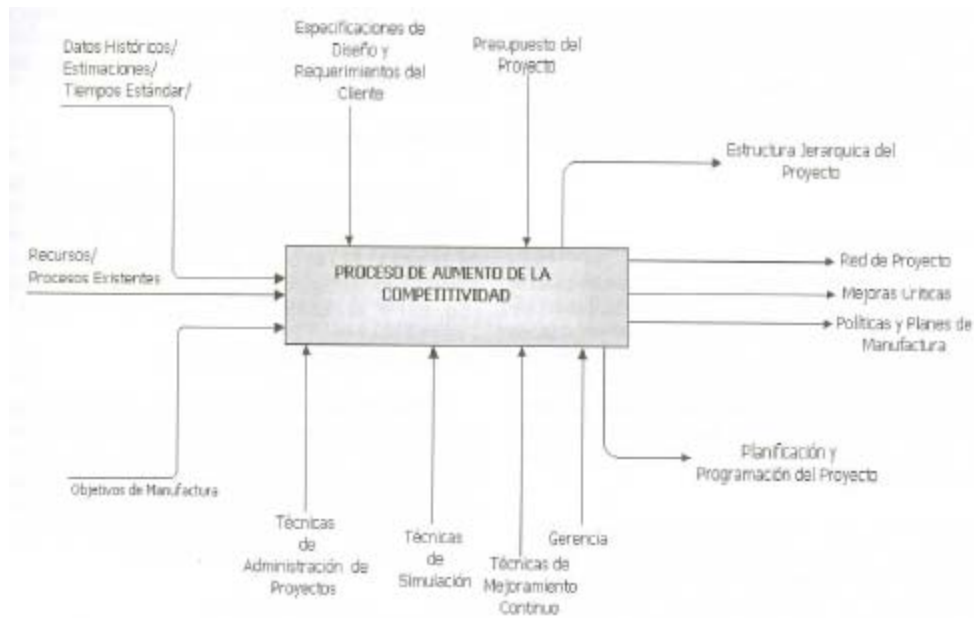


Figura 2.- Nodo A

### Fase 1.- Modelar Red del Proyecto

Consiste en modelar el proceso de manufactura como una red estocástica de proyecto. Se utilizan principalmente las técnicas de Gerencia de Proyectos. Las entradas de esta fase la constituyen:

- ⇒ Listas de partes de ingeniería.
- ⇒ Diagramas de operación.
- ⇒ Tiempos estándar.
- ⇒ Hojas de proceso.
- ⇒ Datos de los tiempos de duración de las tareas o procesos.
- ⇒ Datos de los recursos disponibles.

El principal mecanismo de control son las especificaciones de diseño. El resultado consiste en la red de proyecto.

Este nodo A1 consta de las siguientes etapas secuenciales y necesarias para su desarrollo. Reunir y Organizar Datos

En esta etapa el analista organiza los datos recabados de diferentes fuentes, principalmente referidos a las tareas y recursos involucrados en el proyecto; es útil preparar listas de chequeo, tablas de datos, formatos de entrevistas y cualquier otro método que facilite el descarte, clasificación y organización de los datos. Esta es una etapa crítica en la cual se deben definir criterios técnicos claros, especialmente cuando se deban levantar datos a partir de las estimaciones de expertos. Es imprescindible que cada dato sea verificado y su procedencia determinada, antes de concluir la etapa.

## **Establecer Precedencias**

Consiste en investigar y asignar las tareas predecesoras de cada tarea. El conocer cuales actividades deben ser culminadas antes de comenzar otras, cuales actividades pueden comenzar en paralelo, o cuales pueden comenzar al culminar un porcentaje de su actividad predecesora es crítico para el desarrollo de la red estocástica del proyecto. Diseñar Estructura WBS. Aquí, se realiza el quiebre general del proyecto (WBS) de manera de formarse una visión sistemática total del mismo.

Análisis de los Tiempos de las Operaciones. Se utilizan los datos de la etapa 1, para determinar las duraciones de cada tarea o actividad; se tendrán dos tipos de duraciones: la determinística y la estocástica. Trazar la Red Estocástica. En vista de que se tiene toda la información relevante respecto a la red, esta etapa consta de la elaboración o trazado de la misma. Se debe decidir si la red será actividad en nodo o actividad en flecha. Para acelerar la diagramación en proyectos de media a alta magnitud es conveniente utilizar software comercial para el trazo de la red.

## **Fase 2.- Evaluar Desempeño de la Red de Proyectos**

En esta fase (Nodo A2) se determina el rendimiento de la red de proyectos con respecto a la estrategia competitiva de la organización, también se determina la probabilidad de alcanzar el proyecto en la fecha de entrega planificada bajo las especificaciones exigidas y el presupuesto asignado. Como entrada principal tenemos la red estocástica desarrollada en la fase anterior, también se deben conocer los recursos y procesos existentes en la organización. Como mecanismos en adición a las técnicas de administración de proyectos se utilizan las técnicas de simulación probabilística.

Las salidas de esta fase son el análisis estadístico del tiempo de duración del proyecto, el factor de aleatoriedad y la tabla comparativa de rendimiento.

A continuación se explican las etapas que la constituyen:

Establecer Tabla de Recursos. Consiste en determinar todos los datos referentes a los recursos disponibles: tipo, porcentaje de utilización, porcentaje de eficiencia, cantidades, costos de hora normal y extraordinaria, fechas de disponibilidad y rendimiento.

### **Calcular Factor de Aleatoriedad**

Una vez conocidos los tiempos de duración de las operaciones, es posible determinar el factor de aleatoriedad  $F_a$  como una medida de la incertidumbre en la duración de la tarea. El factor de aleatoriedad es una medida adimensional que se obtiene de dividir la desviación estándar ( $S_i$ ) entre el tiempo esperado de la tarea ( $t_i$ ).

### **Seleccionar Reglas de Asignación**

Conocidos los recursos y el factor de aleatoriedad, se procede a seleccionar la regla de asignación de prioridad como sigue: mayor aleatoriedad, mayor prioridad. Esta regla busca asignar mayor prioridad, en la utilización de recursos, a aquellas tareas que contengan la mayor incertidumbre. Para los fines de esta metodología se definirán cuatro grados de incertidumbre:

Fa>1 prioridad máxima  
0,5 = Fa =1 prioridad alta  
0,5 = Fa<0,5 prioridad media

**Análisis Estadístico del Tiempo de Duración del Proyecto** En esta etapa se corre la primera simulación y se realiza un análisis estadístico de la duración del proyecto en el cual se determina, la distribución empírica de probabilidades del tiempo de terminación.

### Comparación de Medidas de Rendimiento

Consiste en presentar de manera organizada una tabla comparativa de las probabilidades de culminar las diferentes fases del proyecto en los tiempos planificados.

### **Fase 3.- Determinar Mejoras Críticas**

El objetivo de esta fase como su nombre lo indica, es determinar las mejoras que pueden hacer posible que el proyecto alcance sus objetivos de tiempo de entrega y mejora de confiabilidad. Costa de:

#### **Determinar Procesos Críticos**

El índice crítico se define como la división entre el número de veces que aparece la tarea en el camino crítico y el número de simulaciones por cien. Un índice crítico de cien por ciento nos indica que la tarea aparece en el camino crítico en todas las simulaciones realizadas, un índice crítico de diez por ciento indica que la tarea aparece en el camino crítico en el diez por ciento de las simulaciones. Este índice indicar cuales son las tareas que deben ser mejoradas de forma prioritaria para alcanzar los objetivos de manufactura competitiva.

Es conveniente clasificar las tareas críticas en orden descendente siguiendo dos criterios: primero, su duración; segundo, su índice crítico. Esto quiere decir que en el caso de que se tengan dos tareas con el mismo índice crítico tendrá mayor peso la que tenga mayor duración. Generar y Seleccionar Alternativas. Una vez obtenidos y clasificados los procesos críticos, el líder de proyecto debe convocar a los equipos de mejora, expertos, responsables de área y cualquier otra fuente que considere pertinente, a fin de generar alternativas que mejoren sustancialmente el desempeño de los procesos críticos. Es conveniente que estos procesos de generación de alternativas se realicen bajo metodologías comprobadas y verificadas de las herramientas para la mejora continua (4).

#### **Evaluación del Impacto de las Mejoras en los Procesos Críticos.**

Consiste en realizar una nueva simulación en la que se incluyen todos los cambios en los procesos y en la red, y aplicar nuevamente la última etapa de la fase 2 que consiste en la comparación de las medidas de rendimiento.

De no ser satisfactorio el rendimiento es necesario aplicar de manera iterativa la fase 3 hasta alcanzar los objetivos. De alcanzar los objetivos se elabora la red definitiva de proyecto, un reporte de mejoras críticas y un reporte de mejoras críticas seleccionadas.

#### **Fase 4.- Implantar Mejoras**

Esta etapa consiste en implantar las mejoras factibles seleccionadas en la fase 3, como mecanismo principal se utiliza la gerencia, como control predomina el presupuesto del proyecto y como salidas tenemos la planificación y programación definitiva del proyecto y las políticas y planes de acción de la estrategia de manufactura.

#### **Definir Plan de Acción y Alinear con las Estrategias de Manufactura.**

La gerencia del proyecto, en esta etapa, define, sustenta y documenta las mejoras críticas necesarias y asegura que éstas sean compatibles con la estrategia de manufactura. Si como objetivo de esta estrategia la organización se ha planteado superar consistentemente en el tiempo de entrega a la competencia un plan de acción de mejoras que tan solo iguale el desempeño de la competencia, no será suficiente. La gerencia debe impulsar, liderizar y proveer las actitudes, motivación y recursos necesarios para lograr los objetivos de la estrategia de manufactura competitiva.

#### **CASO DE ESTUDIO**

Se aplicó la metodología a un caso específico de estudio: el proyecto de fabricación de bombas centrífugas "Cerro Negro". En este proyecto el fabricante KS13 debe entregar 11 equipos compuestos de bombas, motores, bases y turbinas al consorcio PDV-Veba-Mobil.

Las once bombas totalizaban una orden de US \$ 1.000.000 y el compromiso fue proveerlas en un lapso no mayor de 100 días hábiles. La consultora JGC de Japón era la responsable de la coordinación del proyecto. Al término del tiempo de entrega la empresa dispondría de un período de gracia de 15 días hábiles a partir del cual se aplicaría una penalización de 0.25% diario hasta un máximo de 10% del total de la orden.

Se utilizó MS Project 98 para la definición de la red de proyecto, Risk for Project (7) para la simulación estadística y la técnica de la matriz de prioridades como herramienta de mejora continua para la selección de alternativas (4). En las figuras 4 y 5 se puede observar un reporte de la simulación en el estado inicial y después de aplicar la metodología.

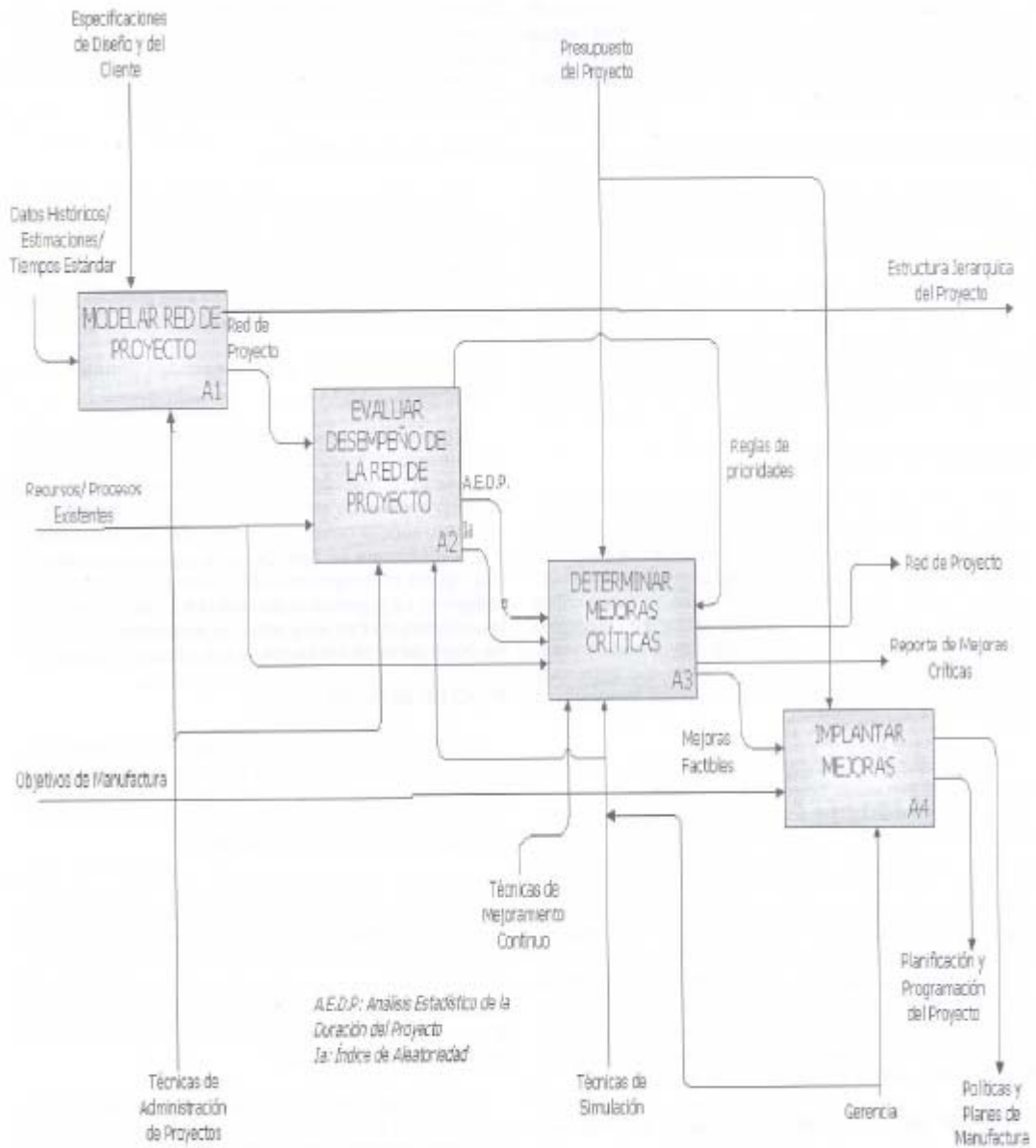


Figura 3.- Nodo A0

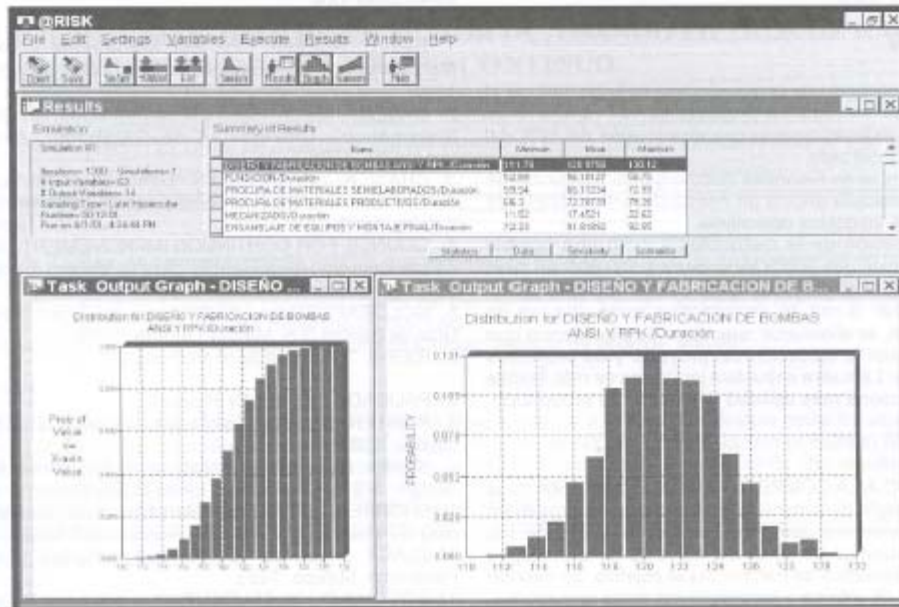


Figura 4.- Resultado de Simulación Inicial

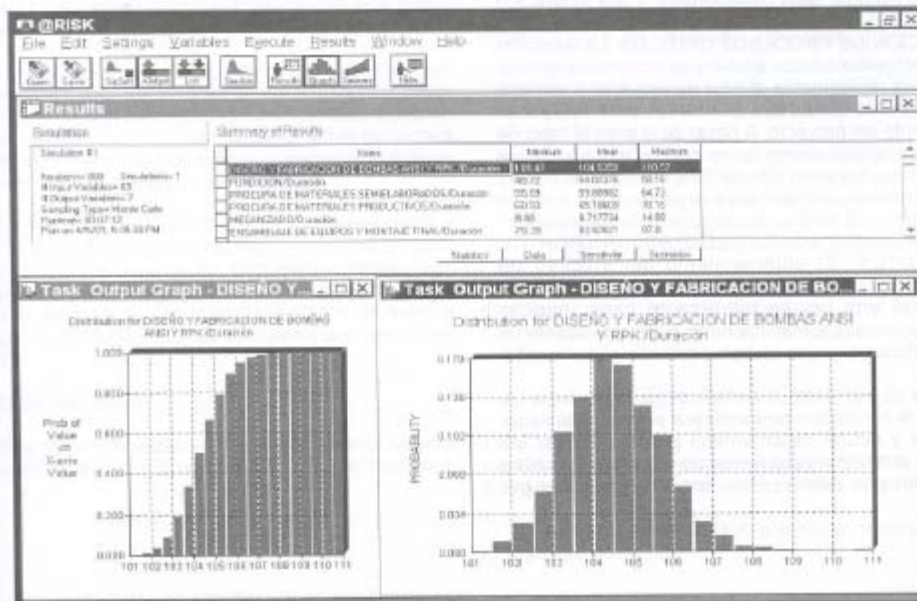


Figura 5.- Resultados Simulación Final

## CONCLUSIONES

### Especificas

⇒ Con la aplicación de la metodología se logro mejorar el tiempo de entrega del proyecto de 124 a 106 días hábiles: esto representa una disminución del 19% del tiempo planificado.

La Gerencia de Finanzas calculo que la aplicación de la metodología ahorra un monto de 5.4 millones de bolívares en costos operativos

- ⇒ La aplicación de la metodología evito una posible penalización que podía ascender a \$ 100.000, en caso de entregar el proyecto fuera del tiempo estipulado.
- ⇒ Al analizar la red de manufactura como una red de proyectos, se eliminaron relaciones de precedencia que dificultaban la ejecución del proyecto y de proyectos similares La nueva estructura jerárquica es más flexible y proporciona mas agilidad al proceso de producción.

## Generales

- ⇒ **IMPULSO A LA COMPETITIVIDAD.** La aplicación de la metodología determina que el enfoque de proyectos mejora sistemáticamente la competitividad de las organizaciones. La unión déj esfuerzo de los equipos interdisciplinarios de trabajo tras el objetivo de mejorar el tiempo de entrega y la confiabilidad de las operaciones, pone de relieve que el enfoque de Manufactura Basada en Proyectos, puede impulsar la competitividad en un ambiente lleno de retos profesionales y alta motivación al logro.
- ⇒ **SELECCIÓN DE PROCESOS CRÍTICOS.** La selección de los procesos críticos a través de los índices críticos direcciona rápidamente al líder de proyecto o analista hacia aquellas tareas que son claves para mejorar el rendimiento del proyecto. A pesar de que en el caso de estudio se seleccionaron como críticos todos aquellos procesos que tuviesen mas de 20% de índice, el criterio para seleccionar este valor debe depender de un proceso heurístico el cual será particular para cada organización.
- ⇒ **MANUFACTURA COMO RED ESTOCASTICA DE PROYECTOS.** El planteamiento del proceso de manufactura como una red estocástica de proyectos constituye una opción interesante para aquellas organizaciones que manufacturan productos altamente especializados y que deben competir globalmente.

Además de los clásicos beneficios de la gerencia de proyectos, la simulación. probabilística permite establecer los riesgos y actuar de antemano para garantizar las entregas y estabilizar parámetros como el flujo de caja y los presupuestos minimizando las penalizaciones por retrasos.

## REFERENCIAS

1. Badiru, Adedeji. "Project Management in High Manufacturing". 2da. Edición. Editorial Wiley & Son, USA 1999.
2. CADENA, Martín "Gerencia de Proyectos: Un Enfoque Sistemático". Universidad de Carabobo. Valencia Venezuela, 1996.
3. CHASE R. Y AQUILANO N. "Dirección y Administración de Producción y de las Operaciones". Editorial Adisor Wesley, 1994.
4. COUNCIL FOR CONTINUOS IMPROVEMENT. "Manual de las Nuevas Herramientas para la Mejora Continua" Editorial panorama, México, 1998.
5. GOLDRATT, Elihayu. "El Síndrome del Pajar". Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid-España, 1990.
6. IDEFO. "IDEF Family of Methods". .
7. PALISADE. "@Risk for Project". .
8. PORTER, Michael. "Estrategia Competitiva". CECSA, México, 1982.

9. SERRA, Roberto. "Re-estructurando Empresas". Macchi Grupo Editor, Buenos Aires-Argentina, 1994.
10. SHONBERGER, Richard. "Manufactura de Clase Mundial para el Próximo Siglo". Editorial Prentice Hall, México, 1996.
11. SLACK, Nigel. "La Ventaja Manufacturera". Editorial Panorama, México, 1993.
12. SOLOW D. Y MATHUR K. "Investigación de Operaciones". Editorial Prentice Hall, México, 1996.